

ASES ON-CHAIN PROTOCOL

2

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA CRÉDITOS DE BIODIVERSIDAD POR CONSERVACIÓN DE ESPECIES

Metodologías V1.0



Mayo 2024

www.nat5.bio



CONTENIDO

Alcance	4
Introducción	6
I. Definiciones	7
II. Condiciones de aplicabilidad	8
II.1. Actividades elegibles	9
II.2. Actividades no elegibles	11
III. Retroactividad	11
IV. Principios	12
IV.1. Adicionalidad	12
IV.2. Permanencia	12
IV.3. No reversibilidad	13
IV.4. Transparencia	13
IV.5. Respeto a las salvaguardas ecosistémicas y sociales	14
V. Consideraciones metodológicas	14
V.1. Parámetros de la metodología	14
V.2. Recopilación de datos	15
VI. Cálculo de los créditos	18
VII. Escenario de referencia	20
VII.1. Evaluación de variables	20
VII.1.1. Calidad del hábitat para la especie objetivo (H).....	20
VII.1.2. Ámbito hogareño disponible para la especie objetivo (HR)	21
VII.1.3. Índice de diversidad (BI)	22
VII.1.4. Índice de fragmentación del paisaje	23
VII.1.5. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	25
VII.1.6. Índice de reversibilidad (R)	25
VII.1.7. Factor de fuga (L)	37
VII.1.8 Adicionalidad (A)	37
VII.1.9. Coeficiente de saturación (K)	38
VIII. Monitoreo	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades elegibles	9
Tabla 2. Porcentaje de créditos destinado al buffer pool.....	13
Tabla 3. Parámetros de la metodología	14
Tabla 4. Recopilación de datos durante el inventario en el área de proyecto	15
Tabla 5. Inventarios en distintas temporalidades.....	16
Tabla 6. Clasificación de diversidad de hábitats	21
Tabla 7. Formato para la presentación del índice de diversidad.....	23
Tabla 8. Categorías de interpretación del índice de Shannon.....	23
Tabla 9. Rangos de fragmentación	24
Tabla 10. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	25
Tabla 11. Criterios de decisión, ponderación y porcentajes de similitud global	29
Tabla 12. Clasificación del área de distribución potencial al 2050	30
Tabla 13. Valores de la conectividad espacial del ámbito hogareño	31
Tabla 14. Parámetros de medición de la predicción de la amenaza.....	31
Tabla 15. Parámetros de medición de la valoración de las amenazas	32
Tabla 17. Amenazas evaluadas	33
Tabla 16. Valorización de la significancia de la amenaza	34
Tabla 18. Escala de las amenazas	35
Tabla 19. Ponderación de las amenazas.....	35
Tabla 20. Matriz para evaluar la efectividad de las medidas.....	36
Tabla 21. Parámetros considerados en el monitoreo	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de proyectos elegibles.....	8
Figura 2. Categorías del Nat5 Scoring	12
Figura 3. Calendario para la realización de los inventarios en el área de proyecto	17
Figura 4. Proceso de Climpact Data Science	28
Figura 5. Ejemplo de la CAE	38

ALCANCE

El Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal tiene como objetivo llevar a cabo acciones urgentes y transformadoras por parte de los gobiernos y las autoridades subnacionales y locales, la iniciativa privada y la sociedad civil, para detener y revertir la pérdida de biodiversidad.

La visión del Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal es un mundo de vida en armonía con la naturaleza donde *"para 2050, la biodiversidad se valora, se conserva, se restaura y se utiliza sabiamente, manteniendo los servicios ecosistémicos, se mantiene un planeta saludable y se ofrecen beneficios esenciales para todas las personas"*.

Entre los objetivos globales para el 2050, el Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal tiene establecida la protección y restauración, donde la integridad, conectividad y la resiliencia de todos los ecosistemas se mantienen, mejoran o restauran, aumentando sustancialmente el área de ecosistemas naturales.

Para alcanzar estos objetivos globales, es necesario contar con el apoyo financiero de fuentes gubernamentales, no gubernamentales y de las empresas, que permita llevar a cabo las acciones de conservación y manejo necesarias. Una forma para acceder a fuentes de financiamiento es a través del mercado voluntario de naturaleza, en la que, a través de un protocolo transparente, verificable y con bases científicas sólidas y actualizadas, se asegura que los recursos de los créditos sean empleados para alcanzar los objetivos de conservación y manejo propuestos, evitando el "green washing", la duplicidad y asegurando la adicionalidad.

La presente metodología para la creación de Créditos Verificados de Biodiversidad para la Conservación de Especies, se alinea de manera integral con las metas 4, 14, 15 y 19, del Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal, haciendo énfasis en detener la extinción de especies amenazadas conocidas y promover su recuperación y conservación.

Los créditos de biodiversidad generados en el marco del estándar Ases On-Chain Protocol a partir de la presente metodología, incentivan la conservación de ecosistemas naturales a través de mecanismos de recompensa para quienes protegen y restauran áreas boscosas, humedales y otros hábitats de interés para la biodiversidad, fomentando la participación activa de las comunidades locales en la conservación de la biodiversidad.

Asimismo, la metodología presenta un marco robusto para cuantificar los beneficios de los proyectos en la conservación de la biodiversidad alineado con las prácticas y estándares establecidos por las iniciativas: Directiva de Reporte de Sostenibilidad Corporativa (CSRD), Reporte de Sostenibilidad Empresarial (ESRS) E4 y Science Based Targets Network (SBTN) para reportar y gestionar el impacto ambiental y social de las empresas.

La Directiva de Reporte de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) de la Unión Europea tiene como objetivo estandarizar y mejorar la calidad de la información de reporte no financiero de las empresas. Busca que las empresas sean más transparentes sobre su desempeño ambiental,

social y de gobernanza (ESG) para facilitar la toma de decisiones informadas por parte de los inversores, consumidores y otros stakeholders.

El SBTN Science Based Targets Network, es una iniciativa global que guía a las empresas en la definición de objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero alineados con la ciencia climática para limitar el calentamiento global a 1.5°C. SBTN proporciona metodologías y herramientas para que las empresas establezcan objetivos ambiciosos y creíbles de reducción de emisiones y contribuyan a la acción climática efectiva.

Por su parte, el Estándar de Reporte de Sostenibilidad Empresarial (ESRS) E4 se enfoca en la medición, evaluación y reporte del impacto de las actividades empresariales en la biodiversidad y los ecosistemas. Brindando un marco para que las empresas identifiquen, gestionen y minimicen sus impactos negativos sobre la naturaleza y contribuyan a la conservación de la biodiversidad.

Al alinearse con estas iniciativas, las empresas contribuyen a la conservación de la biodiversidad, la lucha contra el cambio climático y el desarrollo sostenible a nivel global.

Asimismo, a través de sus metodologías el Ases On-Chain Protocol (aOCP) facilita la identificación y priorización de áreas degradadas que requieren restauración, optimizando el uso de recursos y maximizando el impacto positivo en la biodiversidad. Aunado a ello, el estándar promueve prácticas de gestión sostenible de la tierra que protejan la integridad ecológica de los ecosistemas y contribuyan a la conservación de la diversidad biológica; asegurando la permanencia de los proyectos y con ello la salud a largo plazo de los ecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales.

INTRODUCCIÓN

Los créditos de conservación de especies son un instrumento financiero que permite a las empresas, organizaciones e individuos invertir en la protección y restauración de la biodiversidad. Estos créditos representan unidades de conservación de una especie objetivo en particular, equivalentes a 100 m².

Las especies objetivo en el marco del estándar aOCP son aquellas que, a pesar de que pueden tener una baja abundancia relativa, ejercen una influencia desproporcionada en la estructura, función y dinámica del ecosistema del que forman parte. La importancia de estas especies puede ser de tipo:

- **Especies en alguna categoría de riesgo:** especies clasificadas en peligro crítico, peligro de extinción, vulnerable o casi amenazada según la Lista Roja de la International Union for Conservation of Nature UICN, o bien, de la normatividad ambiental aplicable de cada país;
- **Especies endémicas:** estas especies son aquellas que solo se encuentran de forma natural en un área geográfica limitada y bajo condiciones específicas. La pérdida de una especie endémica puede tener un impacto desproporcionado en el ecosistema local, ya que no existe una especie similar que pueda reemplazar su función ecológica;
- **Especies de efecto dominó:** la desaparición de estas especies pudiera desencadenar una serie de eventos negativos que afectarán a otras especies y al ecosistema en su conjunto;
- **Especies con un rol estratégico en las cadenas tróficas:** estas especies controlan las poblaciones de otras especies a través de interacciones depredador-presa, polinización, dispersión de semillas, etc.

Los créditos de conservación de especies se generan a partir de proyectos de conservación promovidos por organizaciones no gubernamentales, comunidades locales, particulares o entidades gubernamentales quienes implementan medidas que tienen como objetivo proteger especies amenazadas, endémicas o con un rol estratégico en la cadena trófica.

Para la emisión de estos créditos, el aOCP realiza una evaluación rigurosa del impacto positivo que el proyecto/acción de conservación está generando sobre la biodiversidad y su salvaguarda. Esta evaluación determina la cantidad de créditos de conservación que podrán ser generados por unidad de impacto positivo.

Los créditos de conservación de especies son un mecanismo de financiamiento crucial para la protección de la biodiversidad, permitiendo la implementación de proyectos a gran escala. Los incentivos que se generan además de fomentar la conservación, ayudan a las comunidades locales y propietarios de terrenos a obtener ingresos por la venta de los créditos.

Para la emisión de estos créditos, para el aOCP es fundamental aplicar los mecanismos que eviten la doble contabilización, asegurando que cada crédito representa una unidad real de impacto positivo en la biodiversidad. Asimismo, el monitoreo y seguimiento es un principio fundamental para medir el impacto del proyecto de conservación a largo plazo.

Como parte de las Salvaguardas Ecosistémicas y Sociales del aOCP, la participación e involucramiento de las comunidades locales es fundamental, por lo que los proyectos que apliquen a estos créditos deberán garantizar y comprobar la participación activa y justa de las comunidades locales en el desarrollo e implementación de las actividades propias del proyecto, respetando sus derechos y conocimientos tradicionales.

I. DEFINICIONES

- **Biodiversidad:** La biodiversidad se refiere a la variedad de formas de vida presentes en la diversidad de ecosistemas, incluyendo la diversidad de especies, la variación genética dentro de las especies y los roles e interacciones ecológicas. Esta noción se emplea frecuentemente para evaluar la complejidad y la salud de un ecosistema. La entropía es una medida del desorden y la aleatoriedad de un sistema. Se puede pensar en la entropía como la pérdida de biodiversidad y complejidad en los ecosistemas. Cuando se pierde biodiversidad en un entorno, las especies e interacciones restantes se vuelven más predecibles y menos robustas. Esto puede resultar en una reducción de la función del ecosistema y un mayor riesgo de colapso ecológico. El concepto de Margalef sobre la entropía negativa de los ecosistemas implica que la biodiversidad funciona como un amortiguador contra la entropía y que los ecosistemas con alta biodiversidad tienden a ser más resilientes y estables en el tiempo. En consecuencia, la biodiversidad es esencial para la salud y la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas.
- **Ecosistema:** Área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio, resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema (CONABIO, 2024).
- **Fragmentación:** Proceso en que áreas grandes y continuas de hábitat son reducidas y divididas en dos o más fragmentos o parches pequeños y aislados que quedan inmersos en una matriz con condiciones poco aptas para las especies que ahí habitan (ECOTONO, 1996).
- **Ámbito hogareño:** El ámbito hogareño o "home range" de un animal es la zona en la que habita y por la que se desplaza de manera periódica. Esencialmente, es el "territorio" del animal donde realiza sus actividades diarias.
- **Hábitat:** Se define como una unidad geográfica terrestre, de agua dulce o marina, o un ambiente aeroterrestre que sustenta conjuntos de organismos vivos y sus interacciones con el ambiente no vivo. Los hábitats varían en su importancia para conservar biodiversidad importante a nivel global, regional y nacional, en su sensibilidad a impactos y en la importancia que diferentes partes interesadas les atribuyen (World Bank, 2015).
- **Abundancia media de especies:** La métrica de abundancia media de especies (MSA) es un indicador de la intacta de la biodiversidad local. MSA varía de 0 a 1, donde 1 significa que el conjunto de especies está completamente intacto, y 0 significa que todas las especies originales están extirpadas (localmente extintas). El MSA se calcula con

base en la abundancia de especies individuales bajo la influencia de una presión determinada, en comparación con su abundancia en una situación no terrobada (situación natural/referencia) (Global biodiversity model for policy support).

- **Conservación:** La gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras (UICN, 1980).
- **Conectividad del paisaje:** La conectividad términos de estructura puede ser entendida como la configuración espacial de diferentes tipos de hábitat y se conoce como el grado de conexión física entre los parches que conforman un paisaje, definida también por el número de enlaces funcionales entre parches del mismo tipo, donde cada parche está conectado o no basado en un criterio de distancia (Bennett, 1999).

II. CONDICIONES DE APLICABILIDAD

La metodología se rige por las siguientes condiciones:

- a) El tipo de proyecto es (véase a detalle Tabla 1):

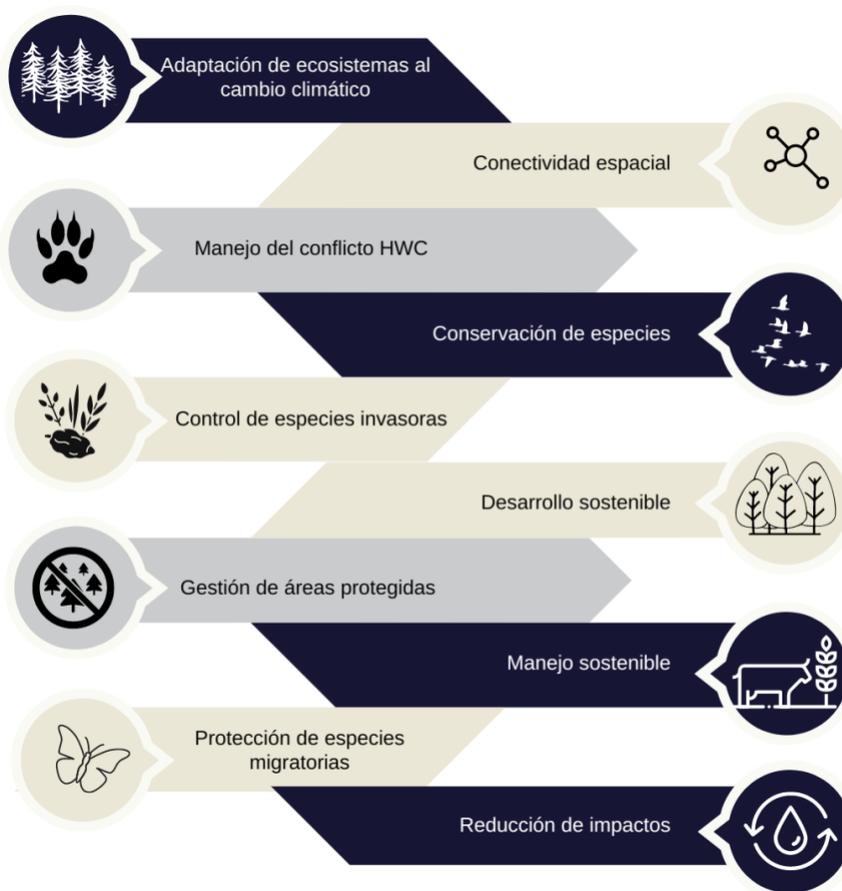


FIGURA 1. TIPOS DE PROYECTOS ELEGIBLES

- b) El Proyecto cumple con los criterios de elegibilidad establecidos en el documento de *Procedimientos de los Proyectos* versión 2.3 del aOCP;
- c) El Proyecto se desarrolló hace menos de 10 años;
- d) Las actividades del Proyecto se centran exclusivamente en la conservación de la biodiversidad, sin conversión a hábitats/ usos del suelo no autóctonos (es decir, conversión de bosques en tierras agrícolas);
- e) La zona del proyecto tiene un MSA $\geq 80\%$;
- f) El proyecto integra a las comunidades locales en sus actividades para garantizar el respeto y la aplicación de los conocimientos y tradicionales culturales asegurando el cumplimiento de las salvaguardas sociales del aOCP;
- g) La biodiversidad de la zona del proyecto es vulnerable a la degradación o perturbación si no se conserva;
- h) El proyecto diseñará y aplicará estrategias para eliminar o gestionar las especies invasoras de la zona del proyecto (cuando aplique).

II.1. ACTIVIDADES ELEGIBLES

El Ases On-Chain Protocol es un programa voluntario del Mercado de Naturaleza aplicable a escala mundial para la certificación de proyectos de conservación y restauración de la biodiversidad. Las actividades elegibles para certificar pueden ser aplicadas por particulares, organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones gubernamentales, empresas privadas y/o comunidades.

La identificación del tipo de proyecto dentro del listado de actividades elegibles del aOCP es crucial para el éxito de un proyecto de biodiversidad. Esta actividad principal será el núcleo del proyecto, mientras que otras actividades elegibles adicionales pueden complementarla y fortalecer su impacto así como atenuar las amenazas identificadas. Es importante que todas las actividades elegibles, tanto la principal como las adicionales, se ajusten a las directrices de certificación del estándar presentadas en la Tabla 1.

La clasificación por tipo de proyecto y actividades es un elemento esencial para determinar la aplicabilidad del Proyecto a la certificación del aOCP, así como para la correcta cuantificación de los créditos de biodiversidad por conservación ya que las actividades o medidas implementadas, así como su ubicación geográfica y el hábitat en el que se localizan, son factores determinantes en el proceso de evaluación.

TABLA 1. ACTIVIDADES ELEGIBLES

Tipo de proyecto	Clave	Actividades elegibles	Hábitat elegible												
			B	SE	S	M	P	H	D	MI	MN	AT	AA	VI	
Adaptación de los ecosistemas al cambio climático	AD-1	Reforestación/restauración con especies autóctonas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AD-2	Fomento de la regeneración natural	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓
	AD-3	Restauración de humedales						✓		✓	✓				

Tipo de proyecto	Clave	Actividades elegibles	Hábitat elegible											
			B	SE	S	M	P	H	D	MI	MN	AT	AA	VI
	AD-4	Infraestructura verde					✓			✓	✓	✓	✓	✓
Conectividad espacial	CON-1	Establecimiento, mejora o restauración de corredores ecológicos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CON-2	Creación de pasos de fauna	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		
	CON-3	Aumento de la conectividad dentro de entornos urbanos										✓		✓
Conflicto humano-vida silvestre HWC	HWC-1	Acciones para mitigar los conflictos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	HWC-2	Mejora de la coexistencia entre personas y vida silvestre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conservación de especies	CE-1	Programas de reproducción para especies en peligro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CE-2	Reintroducción de especies a su hábitat natural	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	CE-3	Reintroducción y/o conservación de polinizadores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓
	CE-4	Reproducción de especies vegetales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	CE-5	Control de incendios	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓
	CE-6	Creación de áreas refugio y alimentación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CE-7	Otros métodos para salvaguardar la diversidad genética de las especies.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Control de especies invasoras	CONT-1	Eliminación de especies exóticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CONT-2	Control de enfermedades y plagas introducidas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desarrollo sostenible	DS-1	Ecoturismo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gestión de áreas protegidas	GES-1	Reservas naturales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GES-2	Santuarios de vida silvestre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GES-3	Áreas marinas protegidas								✓	✓			
	GES-4	Corredores biológicos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GES-5	Mantenimiento de ecosistemas naturales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓
Manejo sostenible	MS-1	Silvicultura sostenible	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	MS-2	Pesca sostenible						✓		✓	✓		✓	

Tipo de proyecto	Clave	Actividades elegibles	Hábitat elegible											
			B	SE	S	M	P	H	D	MI	MN	AT	AA	VI
	MS-3	Agricultura regenerativa / sostenible	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓
	MS-4	Manejo sostenible de pastizales					✓							✓
	MS-5	Ganadería sostenible			✓	✓	✓		✓			✓		✓
Protección de especies migratorias	PRO-1	Regulación de caza o pesca	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	PRO-2	Creación de áreas de descanso y alimentación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	PRO-3	Control de comercio ilegal de la vida silvestre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reducción de impactos	RI-1	Control de la erosión hídrica y eólica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
	RI-2	Contribución a la infiltración del agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓
	RI-3	Mejora de la calidad del agua						✓		✓	✓		✓	

Clasificación de hábitats según el esquema de la Red List, versión 3.1

B: Bosque; S: Sabana; SE: Selva; M: Matorral; P: Pastizales; H: Humedales; C: Cuevas y hábitats subterráneos (no acuáticos); D: Desierto; MI: Marino Intermareal; MN: Marino nerítico; MO: Marino oceánico; AT: Artificial – terrestre; AA: Artificial – acuático; VI: Vegetación introducida.

II.2. ACTIVIDADES NO ELEGIBLES

El Ases On-Chain Protocol no reconoce proyectos:

- Que simplemente protegen la biodiversidad existente sin generar beneficios adicionales;
- Que buscan únicamente compensar el impacto negativo sobre la biodiversidad;
- Que están obligados por la ley o la regulación a proteger o restaurar la biodiversidad;
- Que se habrían llevado a cabo de todos modos sin la perspectiva de generar créditos de biodiversidad;
- Que se basan en la financiación pública o en subsidios que no son adicionales;
- Que no evidencian su permanencia a largo plazo;
- Que dependen de prácticas no sostenibles ecológica o socialmente;
- Que no demuestran de manera real y cuantificable los beneficios a la biodiversidad;
- Que involucran la explotación o el desplazamiento de comunidades locales;
- Que no tienen un sistema de monitoreo y evaluación transparente, corroborable y accesible.

III. RETROACTIVIDAD

El Ases On-Chain Protocol reconoce los esfuerzos realizados para la conservación de la biodiversidad en los 10 años previos al registro del proyecto. Para acceder a dicho reconocimiento los desarrolladores de proyecto deberán demostrar con acciones concretas,

datos e información real y verificable que han contribuido de manera significativa a la conservación de la diversidad biológica.

Esta oportunidad de reconocimiento retroactivo no solo gratifica a los desarrolladores por su compromiso continuo con la conservación de la biodiversidad, sino que también los incentiva a seguir trabajando para proteger la biodiversidad en el futuro.

IV. PRINCIPIOS

El Mercado de la Naturaleza está en auge como una herramienta para financiar la conservación de la biodiversidad y promover el desarrollo sostenible. En este contexto, el aOCP se posiciona como un instrumento en la certificación de proyectos de conservación, asegurando que estos cumplan con los más altos estándares de calidad y rigor científico.

Para obtener la certificación del aOCP, los proyectos de conservación de la biodiversidad deberán cumplir con cinco principios básicos que son fundamentales para garantizar la efectividad y la sostenibilidad de las acciones de conservación.

IV.1. ADICIONALIDAD

Los proyectos que buscan la certificación del aOCP, deberán demostrar que los beneficios de conservación de la biodiversidad que generan no habrían ocurrido de manera natural o como resultado de leyes o regulaciones existentes. La adicionalidad asegura que los proyectos realmente contribuyen a un aumento neto en la conservación de especies.

Por lo que los desarrolladores de los proyectos deberán someterse a la evaluación de adicionalidad: financiera, ecológica y reglamentaria que estipula el aOCP durante la etapa de selección.

IV.2. PERMANENCIA

Los beneficios de conservación de la biodiversidad generados por los proyectos deberán ser duraderos en el tiempo. Esto implica que los proyectos deberán contar con el acuerdo por el uso de la tierra, así como de estrategias de monitoreo y seguimiento a largo plazo, además de mecanismos para asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto.

Por su parte, el aOCP respalda la permanencia de los beneficios de cada proyecto mediante un *buffer pool*, el cual hace referencia al porcentaje de créditos que durante cada emisión serán destinados a una reserva (Tabla 2), los cuales podrán ser utilizados en caso de cualquier eventualidad no deseada. El porcentaje destinado al *buffer pool* será definido en cada proyecto en función de su clasificación en el Nat5 Scoring (Figura 2) como lo establece el documento *Procedimientos de los proyectos V2.3* del aOCP.

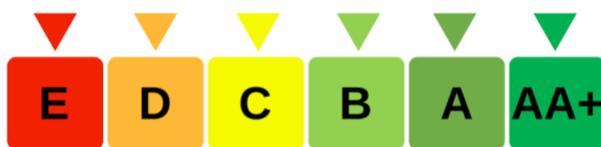


FIGURA 2. CATEGORÍAS DEL NAT5 SCORING

TABLA 2. PORCENTAJE DE CRÉDITOS DESTINADO AL BUFFER POOL

Clasificación del proyecto en el Nat5 Scoring	Porcentaje de créditos destinados al buffer pool
AA+	20%
A	25%
B	30%
C	35%
D	40%
E	50%

IV.3. NO REVERSIBILIDAD

Los beneficios de conservación de la biodiversidad generados por los proyectos deben ser irreversibles o, al menos, extremadamente difíciles de revertir. Esto implica que los proyectos deben diseñarse cuidadosamente para minimizar los riesgos de pérdida o degradación de los ecosistemas.

IV.4. TRANSPARENCIA

La transparencia se erige como un elemento fundamental para el éxito de cualquier proyecto, especialmente en aquellos relacionados con la conservación de la biodiversidad. Su implementación genera una serie de beneficios que impactan positivamente en diversos aspectos:

- **Fortalecimiento de la credibilidad y la rendición de cuentas:** La transparencia promueve la confianza entre las partes interesadas, ya que permite un acceso abierto a la información sobre el proyecto, sus objetivos, avances, retos y resultados. Esto genera un entorno de rendición de cuentas, donde el proyecto se responsabiliza por sus acciones y decisiones;
- **Optimización de la recaudación de fondos:** Al ser un proyecto transparente, aumenta la confianza y credibilidad de los compradores, quienes se sienten más seguros al destinar sus recursos a una iniciativa que gestiona sus fondos de manera responsable y ética;
- **Fomento del aprendizaje y la mejora continua:** La transparencia facilita el intercambio de conocimientos y experiencias entre las partes involucradas en el proyecto. Esto permite un proceso de aprendizaje continuo, donde se identifican oportunidades de mejora y se implementan estrategias más efectivas para la conservación de la biodiversidad;

- **Estimulación de la participación pública:** La transparencia promueve la participación activa de la comunidad en el proyecto. Al tener acceso a la información, las personas se sienten más involucradas y motivadas a contribuir al éxito de la iniciativa.

IV.5. RESPETO A LAS SALVAGUARDAS ECOSISTÉMICAS Y SOCIALES

Los proyectos deben respetar los derechos, el bienestar y los usos y costumbres de las comunidades locales y pueblos indígenas que dependen de los ecosistemas conservados. Evitando cualquier impacto negativo sobre los bienes y servicios ecosistémicos, y dando cumplimiento a las salvaguardas establecidas en el documento estándar del aOCP.

V. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

V.1. PARÁMETROS DE LA METODOLOGÍA

Los parámetros base para la aplicación de la metodología y los factores que se tendrán en cuenta al utilizarla se describen en la Tabla 3.

TABLA 3. PARÁMETROS DE LA METODOLOGÍA

Parámetro	Índice	Descripción
Biodiversidad	(H) Calidad del hábitat	<p>Evalúa la calidad, cantidad y conectividad de los cuatro componentes del hábitat:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Zonas de refugio ● Espacio ● Disponibilidad de agua ● Disponibilidad de alimento
	(HR) Ámbito hogareño	Determina el área que un animal utiliza para sus actividades diarias normales.
	(BI) Índice de biodiversidad	Relación entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada, la cual deberá ser calculada para flora y fauna.
	(F) Fragmentación	División o separación de hábitats naturales en unidades más pequeñas y aisladas.
	(NDVI) Índice de vegetación de diferencia normalizada	Índice para evaluar el verdor, la densidad y la salud de la vegetación.
	(K) Coeficiente de saturación	Indicador para evaluar la completitud del muestreo y la potencial presencia de nuevas especies en un sitio.

V.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

El inventario de biodiversidad es un elemento esencial para la certificación en el aOCP y para el monitoreo de los proyectos ya que mediante éste el desarrollador de proyecto brindará toda la información y datos necesarios para evaluar y cuantificar los beneficios del proyecto sobre la conservación de la biodiversidad.

Por ello, durante los inventarios el desarrollador de proyecto deberá proporcionar la información según lo establece la *Guía para el inventario de biodiversidad en proyectos en proceso de certificación del aOCP V1.0*, abarcando los siguientes parámetros:

TABLA 4. RECOPIACIÓN DE DATOS DURANTE EL INVENTARIO EN EL ÁREA DE PROYECTO

Componente inventariado	Datos recopilados	Formato a utilizar
Calidad del hábitat	<ul style="list-style-type: none"> ● Madrigueras ● Cuevas ● Árboles huecos ● Densos matorrales ● Estructuras creadas por humanos, como cajas nido o refugios artificiales ● Áreas forestales de bosques maduros ● Áreas forestales de bosques jóvenes ● Áreas forestales de arbustos ● Zonas con acantilados o cuevas ● Áreas de aprovechamiento sustentable / Productivo ● Zonas donde se realizó la implementación de obras (agua y suelo) ● Cuerpos de agua ● Infraestructuras (cercas, líneas eléctricas, caminos, brechas, carreteras, construcciones, etc.) ● Zonas de pastoreo ● Áreas de fructificación ● Áreas de polinización ● Carroña ● Otros recursos de origen animal o vegetal ● Sitios de nidificación 	<p>Formato para el levantamiento de datos de la calidad del hábitat</p> <p><i>(Anexo 1 de la Guía para el inventario de biodiversidad en proyectos en proceso de certificación del aOCP V1.0)</i></p>
Flora	<ul style="list-style-type: none"> ● Número de unidad de paisaje ● Número de parcela de muestreo (1/10) ● Coordenadas geográficas ● Fecha de inicio (día/mes/año) ● Responsable del levantamiento de la información ● Fisiografía de la unidad (Valle, terraza, planicie, meseta, ladera, lomerío) ● Uso actual del suelo 	<p>Formato para el levantamiento de datos de flora</p> <p><i>(Anexo 2 de la Guía para el inventario de biodiversidad en proyectos en proceso de certificación del aOCP V1.0)</i></p>

Componente inventariado	Datos recopilados	Formato a utilizar
	<ul style="list-style-type: none"> Registro de individuos por especie: estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo Registro fotográfico de las parcelas de muestreo. 	<i>de certificación del aOCP V1.0)</i>
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> Número de unidad de paisaje Número de transecto Coordenadas geográficas Fecha de inicio (día/mes/año) Responsable del levantamiento de la información Registro de individuos por especie y por grupo: aves, mamíferos, reptiles y anfibios Coordenadas geográficas de la ubicación de las cámaras trampa y sensores acústicos Evidencia obtenida en los métodos indirectos (fototrampeo, acústica). Proporcionar los datos de cada sensor por separado en carpetas, indicando el nombre de la carpeta y el identificar del sensor / cámara. 	<p>Formato para el levantamiento de datos de fauna</p> <p><i>(Anexo 3 de la Guía para el inventario de biodiversidad en proyectos en proceso de certificación del aOCP V1.0)</i></p>
Población de la especie objetivo	<ul style="list-style-type: none"> Resultados de los censos poblacionales Evidencia del seguimiento de rastros (huellas, heces u otros indicios de presencia) Evidencia fotográfica de los métodos indirectos (fototrampeo, acústica). 	

La realización de inventarios de flora y fauna para caracterizar adecuadamente un hábitat requiere considerar la variabilidad estacional de las especies y el ecosistema. Cada estación del año presenta condiciones ambientales y patrones de comportamiento específicos que influyen en la presencia, abundancia y visibilidad de las especies (Tabla 5).

TABLA 5. INVENTARIOS EN DISTINTAS TEMPORALIDADES

Estación	Patrones de comportamiento	
	Flora	Fauna
Invierno	Muchas plantas se encuentran en estado de latencia, con follaje reducido o ausente, lo que dificulta su identificación. Sin embargo, es una buena época para observar especies leñosas, frutos secos y estructuras reproductivas como conos o flores invernales.	Algunos animales hibernan o migran, reduciendo la diversidad observable. Sin embargo, es una buena época para detectar huellas, madrigueras y otros indicios de presencia de fauna.
Primavera	La primavera es el momento de máxima floración para muchas especies, lo que	La actividad de la fauna aumenta con la llegada de la primavera, lo que permite

Estación	Patrones de comportamiento	
	Flora	Fauna
	facilita su identificación y registro. Es una época ideal para observar herbáceas, árboles y arbustos en flor.	una mayor observación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Es una buena época para realizar censos auditivos y visuales.
Verano	Cuando la disponibilidad de agua lo permite, la vegetación alcanza su máximo desarrollo en verano, lo que puede dificultar la observación de algunas especies de sotobosque. Sin embargo, es una buena época para observar frutos maduros y semillas.	La actividad de la fauna sigue siendo alta en verano, lo que permite una buena observación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Es una buena época para realizar censos directos y muestreos con trampas.
Otoño	Muchas plantas comienzan a perder sus hojas y frutos, lo que dificulta su identificación. Sin embargo, es una buena época para observar hongos y líquenes.	La actividad de la fauna disminuye con la llegada del otoño, lo que reduce la diversidad observable. Sin embargo, es una buena época para observar aves migratorias y mamíferos en preparación para la hibernación.

El aOCP solicita a los desarrolladores de proyectos inventarios que permitan obtener registros completos de flora y fauna con el objetivo de contar con una base de datos sólida y robusta. Por ello, los inventarios deberán apegarse al calendario establecido en la Figura 3, sugiriéndose la realización entre los meses de abril a julio dado que es el periodo más favorable que permitirá inventariar de forma general a la flora y la fauna del proyecto.

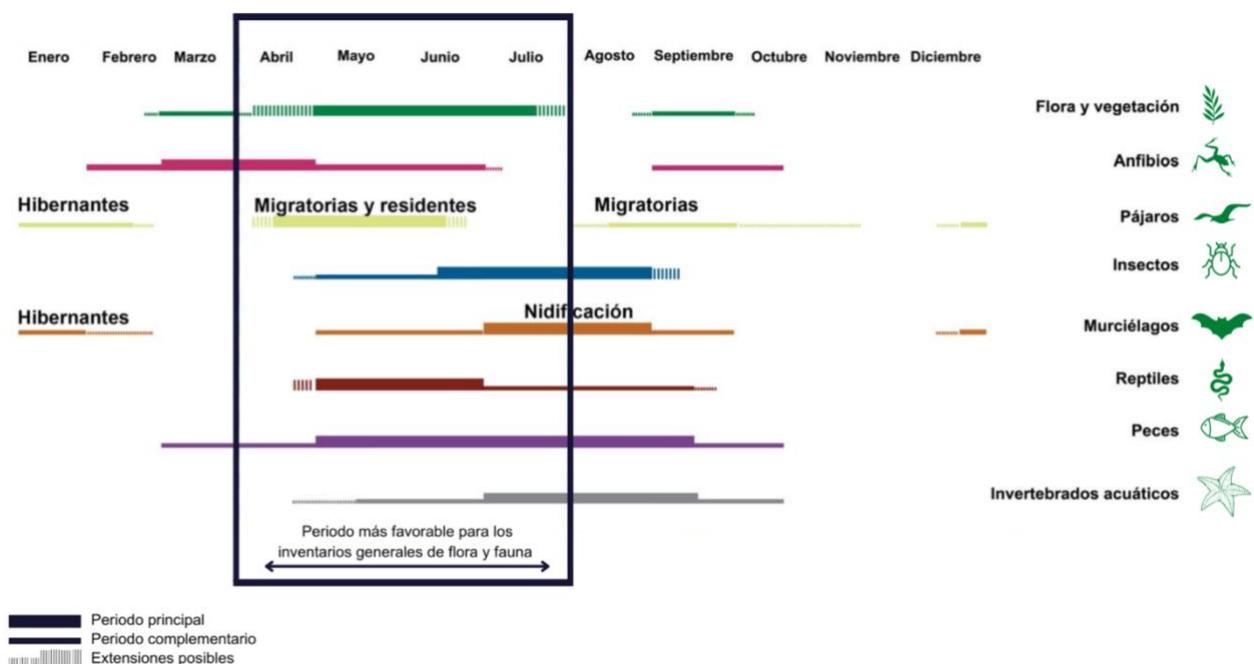


FIGURA 3. CALENDARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS EN EL ÁREA DE PROYECTO

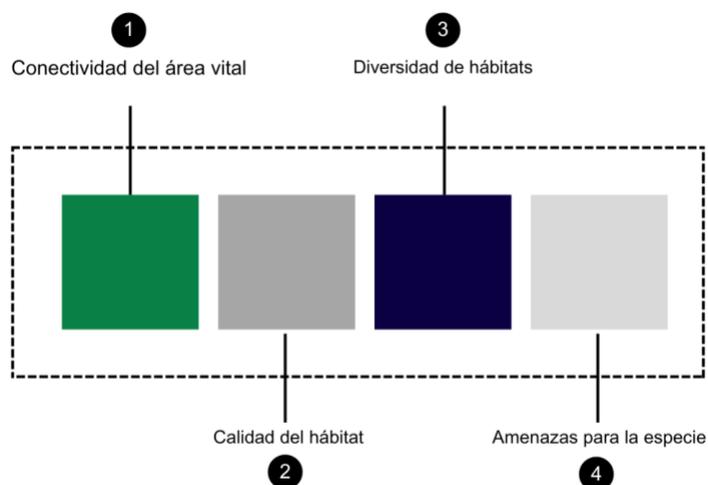
VI. CÁLCULO DE LOS CRÉDITOS

La biodiversidad mundial está amenazada por presiones antropogénicas sin precedentes y en aumento, como la introducción de especies exóticas la pérdida y fragmentación de hábitats, la sobreexplotación, el cambio climático y la contaminación (IPBES, 2019; Maxwell, Fuller, Brooks y Watson, 2016; Tilman et al., 2017). Esto ha llevado al desarrollo de iniciativas que luchan por detener la pérdida de biodiversidad y, para lograrlo, esto debe estar respaldado por una sólida comprensión de los factores que amenazan la biodiversidad, como la fragmentación, el cambio climático y la transformación del uso de la tierra.

El método propuesto para calcular los Créditos de Biodiversidad por Conservación de Especies (BCSC), es una evaluación basada en cinco principales variables:

- **Calidad del hábitat:** evalúa la calidad, cantidad y conectividad de los cuatro componentes del hábitat: agua, alimento, refugio y espacio para reproducción para la especie objetivo;
- **Ámbito hogareño de la especie:** determina el área geográfica requerida para mantener una población viable de la especie objetivo;
- **Índice de Shannon:** calcula la diversidad biológica del área utilizando el Índice de Shannon para evaluar la riqueza y equitatividad de especies presentes;
- **Índice de fragmentación del paisaje:** evalúa el grado de fragmentación del hábitat;
- **Monitoreo de la especie objetivo:** permite realizar un estudio de línea base y evaluar los cambios utilizando sensores bioacústicos y cámaras trampa para documentar y evidenciar la presencia y abundancia de la especie objetivo;

El método propuesto para calcular los beneficios del proyecto en la conservación de especies objetivo reconoce que la biodiversidad es un sistema complejo y que las medidas implementadas para su conservación requieren la consideración de múltiples variables: conectividad del ámbito hogareño (home range), calidad del hábitat, diversidad de hábitats y amenazas a la especie en el sitio.



Para poder acceder a los Créditos de Biodiversidad por Conservación de Especies del aOCP la zona del proyecto deberá demostrar, a partir del monitoreo, la presencia de la especie objetivo. Asimismo, el área deberá tener un valor de integridad de la biodiversidad superior a 0.80, que se determinará mediante el modelo GLOBIO, expresado por la métrica de Abundancia Media de Especies (MSA). Este modelo cuantifica los impactos de las infraestructuras, el cambio climático, el uso del suelo (medido a través de la pérdida y fragmentación del hábitat) y la deposición atmosférica de nitrógeno sobre la integridad de la biodiversidad (Schipper *et al.*, 2019). La métrica MSA oscila entre 0 y 1, donde 0 indica que todas las especies originales han sido extirpadas del hábitat, mientras que un valor de 1 significa que el ensamble de especies está totalmente intacto y, por lo tanto, hay una biodiversidad significativa que conservar.

Los Créditos de Biodiversidad por Conservación de Especies objetivo (BCSC por sus siglas en inglés “*Biodiversity Credits for Species Conservation*”) se emiten cuando el valor de los índices escalados (ver apartado VII) de la línea base (cálculo del estado inicial) se mantiene al 100%, o en el caso de la fragmentación se logra una reducción a lo largo del tiempo, lo que se deberá evaluar de manera anual durante la vida del proyecto para comparar cuantitativamente los beneficios de las actividades desarrolladas en la conservación de la biodiversidad. La evaluación se hará aplicando la siguiente fórmula:

$$BCSC = \frac{(H + HR + BI + FI) \cdot (NDVI) \cdot (1 - R - L) \cdot A \cdot K}{100 m^2}$$

Donde:

H: Calidad del hábitat para la especie objetivo (escala de 0 a 1)

HR: Superficie del home range disponible para la especie objetivo (hectáreas)

BI: Índice de biodiversidad (Shannon)

FI: Índice de fragmentación del paisaje (escala de 0 a 1)

NDVI: Monitoreo satelital del Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) (escala de 0 a 1)

R: Tasa de reversibilidad (escala de 0 a 1)

L: Factor de fuga (escala de 0 a 1)

A: Adicionalidad (escala de 0 a 1)

K: Coeficiente de saturación

Dado que pueden producirse fluctuaciones ecológicas naturales a nivel de emplazamiento, el aOCP permite la emisión de BCSC cuando al aplicar la fórmula en los monitoreos, el valor se ha mantenido al menos en el 90% o más, en relación con el escenario de línea base. Si el valor de BCSC cae por debajo del 90% del valor de partida, no puede emitirse ningún crédito. Por tanto, el número de BCSC que pueden emitirse viene determinado por la superficie del ámbito hogareño disponible para la especie objetivo y el estado del ecosistema.

La emisión de BCSC se determina con la siguiente regla de decisión:

$$\frac{BCSC_{Ct}}{BCSC_{Ct0}} \geq 0.9 \quad : \text{ se emiten BCSC}$$
$$\frac{BCSC_{Ct}}{BCSC_{Ct0}} < 0.9 \quad : \text{ no se emiten BCSC}$$

Where:

$BCSC_{Ct0}$: Valor de los índices relativizados al inicio del proyecto, reportado en la evaluación de línea base.

$BCSC_{Ct}$: Valor de los índices relativizados en el momento del monitoreo.

VII. ESCENARIO DE REFERENCIA

Al iniciar el proyecto se deberá determinar el valor de cada índice en su estado inicial para aplicar la fórmula BCSC, y así evaluar objetivamente los resultados de las acciones de conservación.

VII.1. EVALUACIÓN DE VARIABLES

VII.1.1. CALIDAD DEL HÁBITAT PARA LA ESPECIE OBJETIVO (H)

La evaluación del hábitat para las especies objetivo, se realizará utilizando los datos del Modelo de Simulación de Biodiversidad Global (MSA GLOBIO).

Las variables que se utilizarán corresponden a:

- **Hábitat de la especie:** lugar físico donde una población de organismos vive y se desarrolla. Este espacio proporciona las condiciones ambientales necesarias para que la especie pueda crecer, reproducirse y sobrevivir;
- **Calidad de la clase de hábitat necesario por la especie en el sitio:** para ello se utilizará el MSA, el cuál es un índice fundamental para evaluar la calidad del hábitat al estimar la abundancia promedio de las especies presentes en un área determinada. Un valor alto del MSA indica un hábitat de mayor calidad, que alberga una mayor cantidad de individuos por especie, mientras que un valor bajo indica un hábitat de menor calidad con menos individuos por especie.
- **Diversidad de hábitats en el sitio:** la diversidad de hábitats implica una variedad de ecosistemas, nichos ecológicos y condiciones ambientales que sustentan una amplia riqueza de biodiversidad, lo que se traduciría en mayor riqueza de especies y mayor productividad biológica.
- **Fragmentación del hábitat:** la división en fragmentos pequeños y aislados de un hábitat, es una de las amenazas más grandes para la biodiversidad, ya que ello provoca la disminución y pérdida de superficies habitables para las especies, aislamiento de poblaciones, alteración de las interacciones ecológicas y por ende, pérdida de especies.

Una vez generadas las variables antes descritas, se utilizará la siguiente fórmula para determinar la calidad del hábitat:

$$H = C \cdot Q \cdot D \cdot F$$

Donde:

C: Porcentaje de cobertura dentro del sitio del hábitat necesario para la especie (%)

Q: Valor del índice de Abundancia Media de Especies (MSA) en el hábitat de la especie

D: Diversidad de hábitats en el sitio (escala de 0 a 1) (véase Tabla 6)

FI: Índice de fragmentación del hábitat en el sitio (escala de 0 a 1) (véase Tabla 9)

TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE DIVERSIDAD DE HÁBITATS

Categoría	Clasificación	Valor escalado
Muy baja diversidad	>5 hábitats	0.2
Baja diversidad	5 y 10 hábitats	0.4
Diversidad moderada	11 y 15 hábitats	0.6
Alta diversidad	16 y 20 hábitats	0.8
Muy alta diversidad	>20 hábitats	1

VII.1.2. ÁMBITO HOGAREÑO DISPONIBLE PARA LA ESPECIE OBJETIVO (HR)

El “home range” o ámbito hogareño de una especie es la extensión de terreno mínima necesaria que un individuo o un grupo de individuos requiere en su vida. Abarca todas las áreas dentro de las cuales un organismo puede moverse en busca de alimento, agua, refugio, parejas y otros recursos necesarios para su supervivencia y reproducción.

Para ello, se deberá analizar el home range de cada especie objetivo, considerando los siguientes factores:

- **Especie objetivo analizada:** cada especie tiene diferentes tamaños de ámbito hogareño, a menudo relacionados con su tamaño corporal, estrategias de forrajeo y requisitos de recursos;
- **Hábitat:** La disponibilidad y distribución de los recursos dentro del hábitat pueden afectar significativamente el tamaño del área de acción. Las especies que viven en áreas con recursos abundantes y dispersos pueden tener áreas de acción más pequeñas, mientras que aquellas en áreas con recursos escasos o fragmentados pueden necesitar áreas de acción más grandes para satisfacer sus necesidades;
- **Densidad de población:** En áreas con alta densidad de población, la competencia por recursos puede conducir a un mayor traslape del área de acción y a una reducción del tamaño del área de acción individual.

Una vez analizados los factores de cada especie en función de la información bibliográfica oficial, se realizará la Estimación de densidad de kernel (KDE), el cual permitirá crear una superficie de densidad de probabilidad basada en los datos de ubicación, indicando áreas de mayor y menor probabilidad de presencia de los individuos de la especie objetivo dentro del polígono de proyecto.

VII.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD (BI)

El resultado del inventario de la flora y la fauna será la información de base para el cálculo de la diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener, que es uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica, también conocido como Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1949), derivado de la teoría de la información como medida de entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad basándose en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. La diversidad potencial máxima ($H_{max} = \ln S$) depende del número de especies presentes en la comunidad; cuantas más especies haya, mayor será la diversidad potencial máxima; se alcanza cuando todas las especies están representadas por igual. Un índice de homogeneidad, también llamado equitatividad, asociado a esta medida de la diversidad puede calcularse como el cociente H/H_{max} , que será igual a 1 si todas las especies que componen la comunidad tienen el mismo número de individuos.

El índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^{ps*} p_i \cdot \ln(p_i)$$

Donde:

H: índice de diversidad de Shannon- Wiener (nat)

Pi (p1,p2, p3... ps*): Es la abundancia relativa de la especie i en la colección

La diversidad está influida por la distribución de la abundancia relativa de las especies en la comunidad. El índice de equitatividad (J) se calcula del siguiente modo:

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

Donde:

H: Índice de diversidad de Shannon-Wiener (nat)

Hmax: Máxima diversidad que puede expresarse a través de la muestra (nat), que se calcula como:

$$H_{max} = \ln S$$

Donde:

S: Riqueza de especies, es decir, número de especies en la muestra.

Los resultados de la riqueza específica, el índice de diversidad de Shannon-Wiener, la diversidad máxima y el índice de equitatividad de la comunidad arbórea, arbustiva, herbácea y de la fauna

de la zona del proyecto se presentarán siguiendo el formato de la Tabla 7, uno para la flora y otro para la fauna.

TABLA 7. FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Parámetros del índice de diversidad de la flora / fauna	Índice
Riqueza	
Diversidad (nats)	
Diversidad potencial máxima (Hmax)	
Índice de equitatividad (J)	

Cuando el valor del índice de diversidad es 0, sólo hay una especie, es decir, no hay diversidad; y el índice aumenta a medida que aumenta el número de especies o clases o si la distribución proporcional de la superficie ocupada entre los tipos de ecosistemas u objetos, especies, etc., es más equitativa.

El índice de diversidad obtenido para la zona del proyecto se interpretará según las categorías presentadas en la Tabla 8.

TABLA 8. CATEGORÍAS DE INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON

Diversidad	Índice de shannon (nats)
Muy bajo	<1.02
Bajo	1.03 – 1.53
Medio	1.58 – 2.11
Alto	2.12 – 2.65
Muy alto	>2.65

Fuente: Interpretación cualitativa del índice basada en las interpretaciones expresadas por Margalef (1975;1993).

VII.1.4. ÍNDICE DE FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE

Dada la complejidad del paisaje y la necesidad de tener en cuenta múltiples factores físicos, ecológicos y sociales, el análisis incorporará una zona de amortiguamiento de 2 km alrededor del área del proyecto. Este enfoque garantiza que se tenga debidamente en cuenta la variabilidad espacial del paisaje.

La zona de vegetación dentro del área de influencia se determinará digitalizándola mediante una imagen de satélite con un método de clasificación supervisado o no supervisado. El objetivo será disponer de las manchas de vegetación presentes a la escala de análisis. Asimismo, se utilizará la información proporcionada por el desarrollador de proyecto en el formato de levantamiento de datos de la calidad del hábitat.

La fragmentación total del paisaje se estimará a través de la relación entre la superficie forestal y la superficie total, representada por la siguiente fórmula:

$$FI = \frac{\text{Área forestal}}{\text{Área total}}$$

El índice de fragmentación da valores que van de 0 a 1, donde valores inferiores a 0.5 indican un grado de fragmentación insular, lo que significa que el paisaje tiene un alto nivel de ruptura ecológica parecido a la forma en que las islas están dispersas en un océano. Mientras que el valor 1 representa un paisaje sin fragmentación (Tabla 9).

TABLA 9. RANGOS DE FRAGMENTACIÓN

Rangos de fragmentación	Nivel
<0.5	Insularizado
0.5 – 0.7	Muy fragmentado
0.7 – 0.9	Moderadamente fragmentado
1	Sin fragmentación

Fuente: Díaz, A. (2003).

- **Insularizado:** Se refiere a una condición en la que un área geográfica se asemeja o se comporta como una isla, a pesar de no estar rodeada de agua. Un paisaje insularizado puede darse cuando una región natural o un hábitat específico está rodeado por una matriz de tierras agrícolas, zonas urbanizadas u otros usos intensivos del suelo. Esta fragmentación del paisaje puede ser el resultado de la deforestación, la urbanización incontrolada, la construcción de infraestructuras o la expansión agrícola. La fragmentación provoca la pérdida de hábitats, el aislamiento de poblaciones, la alteración de procesos ecológicos, el aumento de la vulnerabilidad a las perturbaciones y la reducción o pérdida de servicios ecosistémicos.
- **Fragmentado:** Paisaje que se ha dividido en múltiples fragmentos más pequeños debido a la influencia humana o natural. Esta fragmentación del paisaje se produce cuando los hábitats naturales y las zonas abiertas se dividen en fragmentos más pequeños y aislados debido a actividades como la urbanización, la construcción de infraestructuras, la deforestación, la agricultura intensiva, etc.
- **Sin fragmentación:** Un área en la que los hábitats naturales y las zonas abiertas se encuentran en un estado continuo y no han sido divididos en fragmentos más pequeños. En un paisaje no fragmentado, los ecosistemas y los hábitats naturales se mantienen en su forma original, sin alteraciones significativas causadas por actividades humanas o fenómenos naturales.

VII.1.5. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI)

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, es un indicador utilizado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación a partir de imágenes de satélite. Se calcula como la diferencia entre la reflectancia en la banda roja (R) y la banda infrarroja cercana (NIR) del espectro electromagnético, dividida por la suma de ambas bandas:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Los valores de NDVI oscilan entre -1 y 1. Los valores próximos a 1 indican una alta densidad de vegetación, mientras que los valores cercanos o inferiores a -1 indican una baja densidad de vegetación o ausencia de vegetación.

Los resultados obtenidos se clasificarán según las categorías presentadas en la Tabla 10.

TABLA 10. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA

NDVI	Interpretación
>0.8	Vegetación densa y vigorosa
0.6 – 0.8	Vegetación moderadamente densa
0.3 – 0.5	Vegetación escasa o de baja calidad
0.1 – 0.2	Suelo desnudo o con escasa vegetación
<0.1	Agua, nieve, rocas, superficies impermeables

VII.1.6. ÍNDICE DE REVERSIBILIDAD (R)

El riesgo de reversibilidad es una evaluación de la probabilidad de que un crédito de biodiversidad, que representa una unidad medible de conservación de la biodiversidad, pueda perderse o disminuir debido a eventos o circunstancias futuras. Este riesgo es crucial para evaluar el valor a largo plazo y la confiabilidad de los créditos como herramienta para la conservación de la biodiversidad y la compensación de impactos.

Existen diversos factores que pueden influir en el riesgo de reversibilidad de un crédito, incluyendo:

- **Permanencia de las acciones de conservación:** El riesgo es menor si las acciones de conservación que generaron el crédito son permanentes e irreversibles, como el establecimiento de un área protegida o la restauración de hábitat nativo.
- **Cambio climático y perturbaciones naturales:** El cambio climático y las perturbaciones naturales o climáticas, como incendios forestales, inundaciones o sequías, pueden representar amenazas para la persistencia de las ganancias de biodiversidad representadas por los créditos.

La evaluación del riesgo de reversibilidad será realizada a través de la siguiente ecuación:

$$R = 1 - (P \cdot (HR \cdot C \cdot (H + D) / T) \cdot MC)$$

Donde:

P: Probabilidad de que la especie permanezca presente en el sitio al 2050 (escala de 0 a 1)

HR: Superficie del home range de la especie (en hectáreas) (véase sección V.1.2.)

C: Conectividad del home range (escala de 0 a 1)

H: Calidad del hábitat para la especie objetivo (véase sección V.1.1)

D: Diversidad de hábitats en el sitio (escala de 0 a 1) (véase Tabla 4)

T: Amenazas a la especie en el sitio (escala de 0 a 1)

MC: Medidas de conservación implementadas (escala 0 a 1)

En la ecuación de reversibilidad (R), la probabilidad de que la especie permanezca presente se pondera por un factor que refleja la calidad del hábitat que ocupa, las amenazas que enfrenta y las medidas de conservación implementadas. Mientras que el tamaño del home range y la conectividad, se incluyen dentro del factor de calidad del hábitat.

VII.1.6.1. Probabilidad de presencia de la especie al 2050

Los modelos de distribución potencial han tomado una relevancia significativa en las últimas décadas, especialmente por la necesidad que ha surgido de proporcionar métodos e instrumentos de valor científico para evaluar los posibles impactos que el cambio climático provoca en la distribución de las especies o comunidades de especies (Norberg, *et al.*, 2019).

La probabilidad de presencia de la especie objetivo al 2050 se realizará utilizando la herramienta Climpact Data Science CDS (Hinojos-Mendoza, *et al.*, 2020). Climpact es un modelo integrado que permite evaluar las zonas óptimas para la distribución y presencia de especies, ello en un horizonte temporal actual y futuro. La herramienta Climpact toma como insumo principal elementos físicos, ambientales y biológicos con relación a las especies y su distribución, permitiendo identificar espacialmente sobre un territorio determinado, las posibles zonas óptimas en las que una especie o una comunidad de especies podrían crecer y mantenerse.

De tal manera, CDS se basa en la teoría de nichos ecológicos, los cuales se consideran como “la posición de una especie dentro de un ecosistema, describiendo tanto la gama de condiciones necesarias para la persistencia de la especie, como su papel ecológico en el ecosistema” (Polechová y Storch, 2019). El hábitat se considera el espacio físico donde una especie encuentra alimento, lugares de apareamiento y refugio (Mitchell y Power, 2002). Un hábitat fuente se produce cuando las condiciones ambientales son suficientes para satisfacer las necesidades de organismos, lo cual abre camino al concepto de campo ecológico (Farina y Belgrano, 2004).

El modelo requiere la calibración de la relación entre la distribución de una especie, o en su caso del grupo de especies, con la distribución espacial de 27 variables que son necesarias para su desarrollo, tales como el clima, el o los tipos de suelo, la pendiente, la vegetación, etc. Así, la calibración se convierte en el primer paso del proceso de Climpact Data Science, el cual consiste en superponer la distribución espacial de 19 variables ambientales con los registros de observaciones de una especie. En este conjunto de variables ambientales, siete de éstas están

relacionadas con elementos climáticos que se consideran de relevancia para el desarrollo y la supervivencia de las especies. Otras tres variables empleadas están directamente relacionadas con el entorno biológico al cual las especies están adaptadas, siendo éstas la vegetación o el uso del suelo, la flora base de su dieta así como las especies que son parte de su interacción biológica por competencia.

Es importante considerar que Climpact Data Science no formula suposiciones sobre la relación de una especie con su entorno, de lo contrario, solo considera la ocurrencia de la especie en función de los valores o categoría de cada variable. Durante este proceso todas las variables tienen el mismo peso, lo cual evita la formulación de suposiciones conjeturales. Al igual que en otros modelos de distribución potencial, la precisión de la calibración depende directamente de la resolución espacial de las variables empleadas así como de la cantidad de registros de observaciones. El resultado del primer paso, la calibración, responde a la identificación del rango de valores de cada variable que se consideran significativos para asegurar el desarrollo y la supervivencia de las especies. En otros términos, este paso permite establecer el nicho ecológico de una especie.

Las variables climáticas adquieren una relevancia significativa ya que influyen en gran medida en la supervivencia y adaptación de las especies, especialmente en las zonas donde los gradientes climáticos son significativos. Ello además permite dar una descripción de la envoltura climática de cada especie y puede ser considerada también como un factor limitante (Woodward, 1987). La Figura 4 esquematiza el primer paso, la calibración, del proceso de Climpact Data Science.

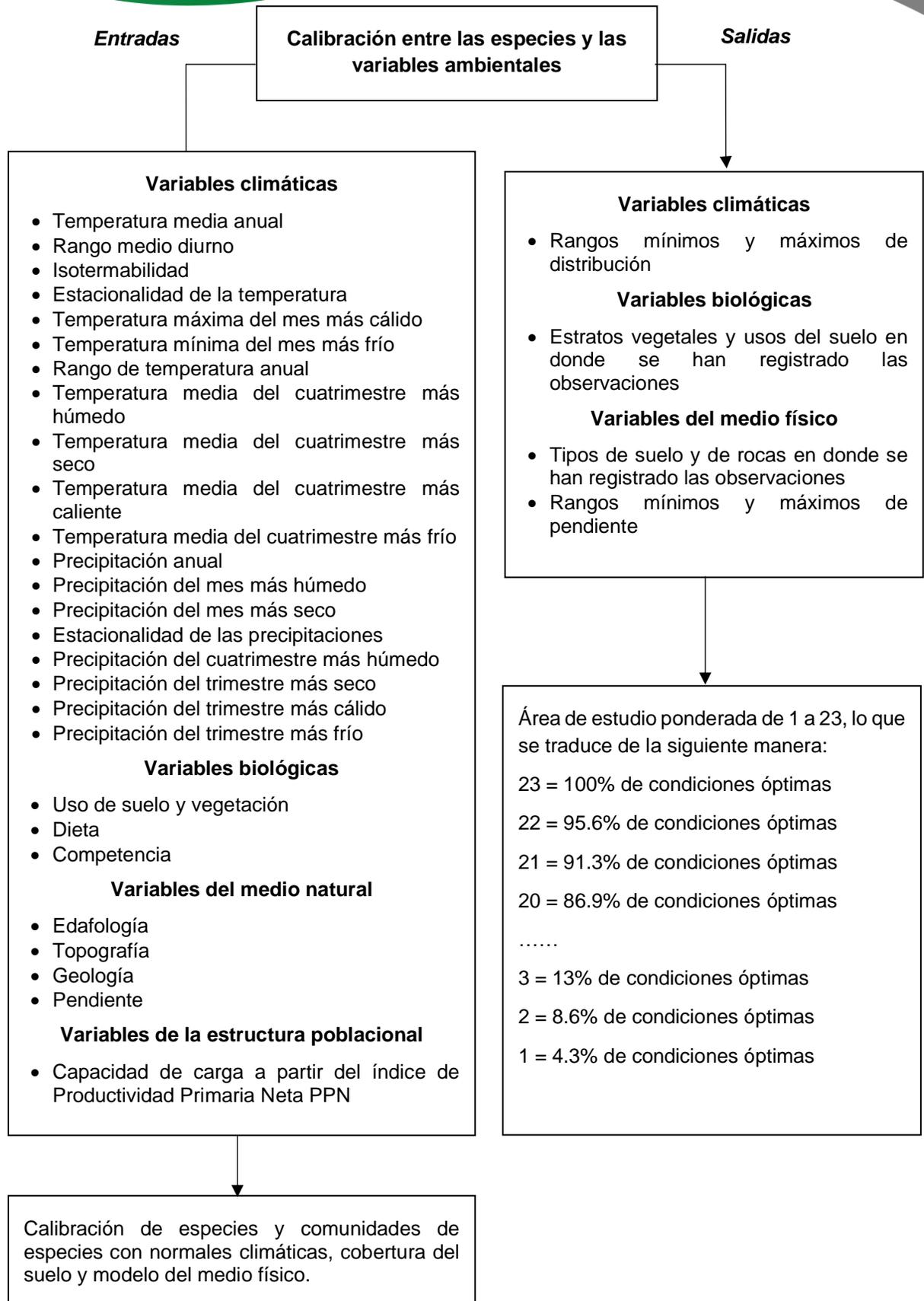


FIGURA 4. PROCESO DE CLIMPACT DATA SCIENCE

El cálculo de la distribución ecológica potencial de las especies en la metodología Climpect se basa en identificar condiciones favorables en un territorio. El algoritmo localiza zonas donde las características coinciden con los registros de avistamiento de cada especie. En este proceso, selecciona las áreas con categorías de variables nominales similares (uso del suelo, cubierta vegetal, edafología y geología) y aquellos que se encuentran dentro del rango de las variables cuantitativas (temperatura, precipitación y pendiente).

Sin embargo, considerando la incertidumbre de encontrar condiciones ambientales similares para las especies y su capacidad de adaptación ante los cambios ambientales, el modelo toma en cuenta tres situaciones ecológicas:

1. Las especies o comunidades de especies se adaptan ligeramente a las nuevas condiciones ambientales y seleccionan aquellas zonas donde las características son más cercanas al óptimo de referencia presentando una contracción en su población o comunidad;
2. La especie o comunidades de especies se adaptan drásticamente a las nuevas condiciones ambientales y pueden permanecer en las mismas zonas;
3. La especie o comunidades de especies no son capaces de adaptarse a los cambios y desaparecen localmente.

El resultado arrojado, particularmente la comparación entre la situación actual con la posibilidad futura, permite identificar las tendencias de dinámica espacial de las especies. En la Tabla 11 se presenta la interpretación de los criterios de decisión anteriormente presentados.

TABLA 11. CRITERIOS DE DECISIÓN, PONDERACIÓN Y PORCENTAJES DE SIMILITUD GLOBAL

Rango de ponderación	Interpretación
100-1199	Cuando un píxel tiene valores de similitud global entre 1 y 52,17% (ponderación entre 100 y 1200), la zona puede considerarse poco adecuada para el desarrollo de la especie o comunidad de especies. La posibilidad de adaptación de las especies a las nuevas condiciones futuras, disminuye significativamente.
1200-1899	Cuando un píxel tiene valores de similitud global entre 52,17 y 82,6% (con una ponderación entre 1200 y 1800), los píxeles representan un área donde la especie deberá adaptarse a las nuevas condiciones, mostrando algunos leves períodos de estrés. En este caso, la incertidumbre para la adaptación de especies a la nueva situación ecológica es de mayor importancia que en los otros rangos de valores de similitud global.
1900-2299	Cuando un píxel tiene valores de similitud global entre 82,6 y 100% (ponderación= 1900, 2000, 2100 o 2200), indica que las condiciones ambientales para la especie son ligeramente similares a su nicho ecológico. El impacto potencial del cambio climático no debería ser significativo en la vida y el desarrollo de las especies y su adaptación a las condiciones ambientales futuras debería ser apropiado.

Rango de ponderación	Interpretación
2300	<p>Cuando un píxel tiene el 100% de similitud global (ponderación = 2300) significa que el píxel tiene el 100% de aptitud para la distribución de especies o comunidades de especies. En esta área los parámetros ambientales corresponden al nicho ecológico de la especie o comunidad de especies (criterio de decisión = igual, que significa igualdad de parámetros ambientales).</p> <p>En el caso de la evaluación del potencial impacto del cambio climático en la distribución de las especies, el 100% de la similitud global significa que las especies no encontrarían problemas para su supervivencia y reproducción.</p>

Se deberá realizar la modelación de la distribución potencial actual y futura (al 2050) para cada especie objetivo, identificando el patrón de comportamiento que podrá mostrar como resultado del cambio climático pudiendo ser: el área se mantiene, el área reduce o el área aumenta, escalándose de la siguiente manera (Tabla 12):

TABLA 12. CLASIFICACIÓN DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL AL 2050

Área de distribución potencial al 2050	Valor escalado
El área de distribución potencial de la especie mostró un incremento al 2050	1
El área de distribución potencial de la especie se mantuvo igual que en la actualidad	0.85
El área de distribución potencial de la especie disminuyó de un 10% a un 20%	0.70
El área de distribución potencial de la especie disminuyó de un 20% a un 40%	0.55
El área de distribución potencial de la especie disminuyó de un 40% a un 70%	0.40
El área de distribución potencial de la especie disminuyó de un 70% a un 99%	0.25
El área de distribución potencial de la especie desapareció al 2050	0.1

VII.1.6.2. Conectividad del ámbito hogareño (home range)

Para la evaluación de la continuidad espacial del ámbito hogareño se utilizará el Índice de Volgelmann (FCI) aplicado a la escala del área de proyecto. La fórmula se compone de la siguiente manera:

$$FCI = \ln \left(\frac{\Sigma A}{\Sigma P} \right)$$

Dónde:

FCI: Índice de Volgelmann de continuidad espacial

ΣA : Superficie total de las manchas forestales en el paisaje (m²)

ΣP : Perímetro total de manchas forestales en el paisaje (m)

Los valores inferiores a cero indican un paisaje con continuidad espacial, mientras que los valores superiores representan una mayor discontinuidad y fragmentación de los parches.

TABLA 13. VALORES DE LA CONECTIVIDAD ESPACIAL DEL ÁMBITO HOGAREÑO

Valor del índice	Continuidad espacial	Valor escalado
< 0	Continuo	1
0.10 - 5	Discontinuo	0.5
> 5	Altamente discontinuo	0.1

VII.1.6.3. Amenazas a la especie en el sitio

La evaluación de las amenazas a las que se enfrentan las especies es un paso fundamental para la conservación de la biodiversidad. Esta información permite identificar los factores que ponen en riesgo la supervivencia de una especie en un área determinada y, en consecuencia, desarrollar estrategias de manejo adecuadas para su protección.

La conservación de la biodiversidad depende en gran medida de la comprensión y el manejo efectivo de las amenazas que enfrentan las especies en sus hábitats. Una evaluación sistemática de estas amenazas es crucial para desarrollar estrategias de conservación sólidas y garantizar la supervivencia de las especies a largo plazo. Para realizar la evaluación de las amenazas a la especie objetivo se utilizará una metodología de predicción y valoración.

Predicción de la amenaza: Estima la probabilidad de la ocurrencia de las amenazas identificadas. Esta predicción se deberá realizar a partir de un análisis comparativo de los impactos identificados en la línea base.

Para determinar la predicción de la amenaza se deberán tomar en cuenta los siguientes parámetros de medición:

TABLA 14. PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE LA PREDICCIÓN DE LA AMENAZA

Valor	Descripción
1	Improbable
2	Poco probable
3	Probable
4	Muy probable

Valoración de la amenaza: Asignar un valor cuantitativo a las amenazas identificadas en el área de proyecto que ponen en riesgo o comprometen la presencia y el hábitat de la especie objetivo.

Los impactos identificados deberán ser valorados de conformidad a su naturaleza mediante la aplicación de una escala de calificación por cada uno de los siguientes atributos mínimos:

- **Temporalidad:** Define la duración de cualquier amenaza con el tiempo y puede extenderse desde el corto plazo al permanente, ser reversible o irreversible y su ocurrencia puede variar.
- **Espacial:** Define la extensión espacial de cualquier amenaza identificada y puede extenderse desde un plano local a un regional / internacional.
- **Gravedad:** Define el nivel de intensidad de las amenazas y de sus impactos.

Para la valoración de cada amenaza se integrarán los resultados en la escala de calificación para asignarle una puntuación a cada rango en que se divida y contrastarse mediante la clasificación de significancia, tal como se muestra en la Tabla 15.

TABLA 15. PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE LA VALORACIÓN DE LAS AMENAZAS

Valoración de la amenaza	Descripción		Valor
Temporalidad	Corto plazo	<5 años	1
	Mediano plazo	De 5 a 20 años	2
	Largo plazo	De 20 a 40 años	3
	Permanente	> de 40 años	4
Espacialidad	Hábitat		1
	Área de proyecto		2
	Área de influencia		3
	Localidad		4
	Municipalidad		5
	Estatal		6
	Nacional / Regional		7
	Internacional		8
Gravedad	Potencial	La amenaza existe, pero no hay evidencia de que esté afectando al hábitat o la especie.	1
	Baja	La amenaza está afectando al hábitat o la especie, pero el impacto es mínimo. Se pueden implementar medidas de monitoreo y manejo para prevenir que la amenaza se intensifique.	2

Valoración de la amenaza	Descripción		Valor
	Moderada	La amenaza está afectando al hábitat o la especie de manera significativa. Se requieren medidas de manejo más intensivas para mitigar el impacto de la amenaza.	4
	Grave	La amenaza está poniendo en peligro la supervivencia del hábitat o la especie. Se requieren medidas de conservación urgentes para evitar la pérdida total o parcial.	6
	Inminente	La amenaza es inminente y existe un alto riesgo de pérdida total del hábitat o la especie. Se requieren acciones inmediatas y a gran escala para salvarlos.	8

A continuación se presentan las amenazas que como mínimo deberán ser consideradas para el análisis de cada especie.

TABLA 16. AMENAZAS EVALUADAS

Amenaza	P	T	E	G	Puntuación Sumatoria de P+T+E+G
Pérdida de hábitat por conversión a tierras agrícolas o ganaderas					
Pérdida de hábitat por urbanización					
Pérdida de hábitat por instalación de cualquier infraestructura diferente a la urbanización					
Aumento de la fragmentación o de barreras que impiden el desplazamiento de las especies					
Contaminación de agua y suelo					
Introducción de sustancias químicas nocivas al ambiente (pesticidas, fertilizantes, derrames de petróleo y/o residuos industriales)					
Deforestación					
Incendios forestales					
Tráfico ilegal de vida silvestre					
Extracción ilegal de la especie para consumo propio					

Amenaza	P	T	E	G	Puntuación Sumatoria de P+T+E+G
Turismo no regulado o pobremente /insuficientemente regulado					
Caza ilegal					
Invasión de especies exóticas					
Competencia con otras especies por recurso o espacio					
Propagación de enfermedades o plagas					
Sequías					
Inundaciones					
Huracanes / tormentas					
Terremotos / sismos					
Erupciones volcánicas					
Sumatoria					

Probabilidad (P); Temporalidad (T); Espacialidad (E); Gravedad (G)

Finalmente, a partir de la valorización y caracterización de las amenazas se determinará la significancia, la cual será clasificada y ponderada de baja a muy alta, siguiendo los valores y criterios establecidos en la Tabla 16.

TABLA 17. VALORIZACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LA AMENAZA

Descripción	Puntuación	Nivel
<ul style="list-style-type: none"> La amenaza no tiene un impacto significativo en el hábitat o la especie. Es poco probable que la amenaza cause daños a largo plazo. 	4 - 7	Muy baja
<ul style="list-style-type: none"> La amenaza tiene un impacto leve en el hábitat o la especie. Es posible que la amenaza cause algunos daños a largo plazo. Se pueden implementar medidas de monitoreo para evaluar el impacto de la amenaza. 	8 - 11	Baja
<ul style="list-style-type: none"> La amenaza tiene un impacto moderado en el hábitat o la especie. Es probable que la amenaza cause daños a mediano o largo plazo. 	12 - 15	Media

Descripción	Puntuación	Nivel
<ul style="list-style-type: none"> Se requieren medidas de manejo para mitigar el impacto de la amenaza. 		
<ul style="list-style-type: none"> La amenaza tiene un impacto significativo en el hábitat o la especie. Es probable que la amenaza cause daños graves a corto o mediano plazo. Se requieren medidas de conservación urgentes para abordar la amenaza. 	16 - 19	Alta
<ul style="list-style-type: none"> La amenaza tiene un impacto crítico en el hábitat o la especie. Existe un alto riesgo de pérdida total si no se toman medidas inmediatas. Se requieren acciones de conservación a gran escala para salvar el hábitat o la especie. 	20 - 24	Muy alta / Crítica

Para escalar el valor de las amenazas, se deberá realizar la sumatoria total de las puntuaciones y el valor general se clasificará de la siguiente manera:

TABLA 18. ESCALA DE LAS AMENAZAS

Puntuación total	Valor escalado
80 a 140	1
141 a 220	0.8
221 a 300	0.5
301 a 380	0.3
381 a 480	0.1

VII.1.6.4. Efectividad de las medidas de conservación implementadas (MC)

Para evaluar las medidas implementadas en pro de la conservación se utilizarán las amenazas que hayan sido identificadas en la sección anterior (VII.1.6.3) y la efectividad de las actividades realizadas por parte del desarrollador de proyecto en función de la lista de actividades elegibles de la Tabla 1.

Amenazas: Se seleccionarán aquellas que hayan obtenido un nivel de significancia de baja a muy alta, las cuales serán ponderadas según los valores siguientes:

TABLA 19. PONDERACIÓN DE LAS AMENAZAS

Nivel de amenaza	Ponderación
Baja	0.25

Nivel de amenaza	Ponderación
Media	0.50
Alta	0.75
Muy alta	1

Efectividad de las medidas: Para cada amenaza, se identificarán las medidas de conservación específicas que se han implementado para abordarla. Determinando y clasificando su efectividad en función de la respuesta que da para atender el impacto: muy baja (0.1), baja (0.25), media (0.50), alta (0.75) y muy alta (1).

Posteriormente, se comparará el nivel de amenaza contra la efectividad de las medidas siguiendo los criterios de la Tabla 20.

TABLA 20. MATRIZ PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS

Amenaza	Nivel de amenaza (NA) (Baja: 0.25) (Media: 0.50) (Alta: 0.75) (Muy alta: 1)	Efectividad de la medida (EM) (Muy baja: 0.1) (Baja: 0.25) (Media: 0.50) (Alta: 0.75) (Muy alta: 1)	Riesgos no atendidos: $(NA - EM) * 0.90$
1.			
2.			
...			
Sumatoria total de riesgos no atendidos			

Es importante destacar que, si bien las medidas implementadas desempeñan un papel fundamental en la protección de la biodiversidad y en la reducción de los impactos negativos de las actividades humanas o de fenómenos climáticos extremos, ninguna obra de conservación puede eliminar por completo el riesgo antropogénico o climático. Es decir, siempre existirá un cierto nivel de riesgo residual, ya que las amenazas a la biodiversidad son complejas, dinámicas e interconectadas, y no siempre es posible controlarlas o mitigarlas por completo. Por lo cual, dicho riesgo residual se considera de manera general en un 10%, por lo que en la fórmula del riesgo no atendido el valor obtenido se multiplica por 0.90.

Una vez completado el análisis, se deberá aplicar la siguiente fórmula para obtener la efectividad de las medidas de conservación implementadas:

$$MC = \frac{\sum RA}{\sum TA}$$

Donde:

RA: Riesgos atendidos, el cual será la diferencia del número total de amenazas menos la sumatoria total de riesgos no atendidos.

TA: Total de amenazas, el cual será la sumatoria total de los niveles de amenazas (NA).

VII.1.7. FACTOR DE FUGA (L)

El factor de fuga en la evaluación de la biodiversidad se hará utilizando las especies que se identifiquen en la zona del proyecto y que tengan algún estatus de protección nacional o por la Red List, o bien, que sean especies endémicas, denominándoseles “especies protegidas” ya que su presencia será un indicador de las condiciones ecológicas del sitio.

Para evaluar el factor de fuga se considerará la siguiente fórmula:

$$L = \frac{(EP)(TAD)}{(TE)(TAP)}$$

Donde:

EP: Especies protegidas perdidas en el área del proyecto, es decir, el número de especies que ya no se encontraron durante los inventarios a partir de la implementación y el monitoreo del proyecto.

TE: Total de especies protegidas en el área de referencia, es decir, número total de especies que se habían inventariado en la línea base o en información referencial.

TAD: Tamaño del área de distribución, es decir, el tamaño medio del área de distribución de las especies protegidas en la zona del proyecto.

TAP: Tamaño de la zona del proyecto.

VII.1.8 ADICIONALIDAD (A)

La adicionalidad hace referencia a los beneficios ecológicos o mejoras en la conservación de las especies que no habrían ocurrido sin la implementación el Proyecto. La adicionalidad (A) en los proyectos será medida a partir de la siguiente ecuación:

$$A = (H_{pre} - H_{post} + MC) \cdot (1 - L)$$

Donde:

H_pre: Calidad del hábitat previo al proyecto

H_post: Calidad del hábitat posterior al proyecto

MC: Medidas de conservación implementadas (véase sección VII.1.6.4)

L: Factor de fugas

VII.1.9. COEFICIENTE DE SATURACIÓN (K)

La curva de acumulación de especies (CAE) representa la relación entre el esfuerzo de muestreo y el número de especies registradas en un área determinada. El parámetro K de la CAE, conocido como coeficiente de saturación, es un indicador útil para evaluar la completitud del muestreo y la potencial presencia de nuevas especies en un sitio.

El finito de biodiversidad representa el número total de especies presentes en un área. Al comparar el valor de K a lo largo del tiempo, se puede evaluar la efectividad de las medidas de conservación implementadas en términos de aumento de la riqueza de especies o la recuperación de poblaciones; un aumento en el valor de K podría indicar un impacto positivo de las medidas de conservación.

Durante cada monitoreo y toma de datos en sitio, se elaborará la CAE (véase ejemplo Figura 5) para evaluar el comportamiento de la curva en función del número de especies registradas en cada inventario.

El coeficiente K será calculado a partir del estimador de Chao 2, aplicando la siguiente fórmula:

$$K = \frac{S(n) \cdot (S(n-1) - 1)}{f(n-1) - f(n-2)}$$

Donde:

S(n): Número total de especies registradas en n unidades de esfuerzo de muestreo

f(n): Número de especies capturadas por primera vez en n unidades de esfuerzo de muestreo

Un K alto (mayor a 1) indicará que se está acercando a una asíntota horizontal, lo que muestra que se han descubierto la mayoría de las especies y el esfuerzo de muestreo adicional probablemente no resultará en un gran aumento en el número de especies registradas.

Mientras que un K bajo (menor a 1) presenta una pendiente pronunciada, lo que sugiere que aún quedan muchas especies por descubrir.

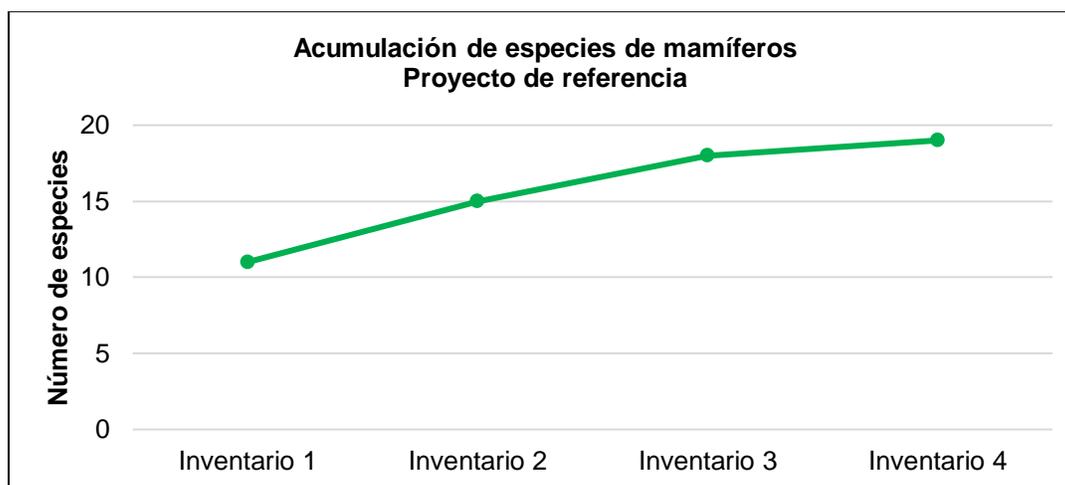


FIGURA 5. EJEMPLO DE LA CAE

VIII. MONITOREO

El monitoreo de la biodiversidad de cada proyecto se deberá realizar en la temporalidad indicada en el Calendario de la Figura 3. Después de cada inventario se determinará el número de créditos que se emitirán por los beneficios generados considerando los resultados de la línea de base como parámetro de referencia, la cual no deberá mostrar una disminución a lo largo del proyecto.

Por lo tanto, los monitoreos deberán evaluar cada parámetro analizado en la línea de base para determinar si el proyecto está dando los resultados esperados.

TABLA 21. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN EL MONITOREO

Parámetro: Calidad del hábitat (H)	
Descripción	El índice de calidad del hábitat debería mostrar un aumento debido a las actividades del Proyecto.
Ecuación	$H = C \cdot Q \cdot D \cdot F$
Fuente de información	Información levantada durante los inventarios.
Parámetro: Superficie de ámbito hogareño de la especie objetivo (HR)	
Descripción	La superficie del ámbito hogareño debería mostrar un aumento debido a las actividades del Proyecto.
Ecuación	Superficie (ha)
Fuente de información	Información generada mediante el análisis del hábitat de la especie con base en la información levantada durante los inventarios en sitio y la información geográfica.
Parámetro: Índice de diversidad (BI)	
Descripción	El índice de biodiversidad debería mostrar un aumento debido a las actividades del Proyecto.
Ecuación	$H = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)$
Fuente de información	Información levantada durante los inventarios.
Parámetro: Fragmentación (F)	
Descripción	El índice de fragmentación debería mostrar una disminución debido a las actividades del Proyecto.

Ecuación	$\text{Fragmentación} = \frac{\text{Área forestal}}{\text{Área total}}$
Fuente de información	Información generada mediante el análisis del hábitat de la especie con base en la información levantada durante los inventarios en sitio y la información geográfica.
Parámetro: Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)	
Descripción	El índice de vegetación de diferencia normalizada debe mostrar un aumento debido a las actividades del Proyecto.
Ecuación	$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$
Fuente de información	Información generada a través de imágenes satelitales.
Parámetro: Coeficiente de saturación (K)	
Descripción	El coeficiente K mayor a 1 indicará que se está acercando a un asíntota horizontal, lo que indica que se han descubierto la mayoría de las especies.
Ecuación	$K = \frac{S(n) \cdot (S(n-1) - 1)}{f(n-1) - f(n-2)}$
Fuente de información	Información levantada durante los inventarios.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. 2024 <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees#>
- Díaz, A. (2003). Instrumentos para la planificación integral del uso de la tierra con sistemas de información geográfica – un caso de estudio en Argentina. Obtenido en: <http://edoc.huberlin.de/dissertationen/diaz-lacava-amalia-nahir-2003-07-16/HTML/N1754D.html>
- ECOTONO (1996). Fragmentación y metapoblaciones. Centro para la Biología de la Conservación, invierno, p.2.
- Farina, A., Belgrano, A. 2004. The eco-field: A new paradigm for landscape ecology. Ecological Research.
- H. Bennett, «Linkages in the landscape role of corridors and connectivity in wildlife conservation.,» IUCN, Switzerland and Cambridge, 1999.
- Hinojos-Mendoza, G.; Gutierrez, C.; Heredia, C.; Soto, R.; Garbolino, E. Assessing Suitable Areas of Common Grapevine (*Vitis vinifera* L.) for Current and Future Climate Situations: The CDS Toolbox SDM. Atmosphere, 2020.
- IPBES. (2019). Informe de evaluación mundial sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos. Bonn, Alemania: Secretaría de la Plataforma Intergubernamental de Política Científica sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.
- Maxwell, S., Fuller, R. A., Brooks, T. M., y Watson, J. E. M. (2016). Los estragos de las armas, las redes y las excavadoras. *Naturaleza*, 536, 143-145. <https://doi.org/10.1038/536143a>
- Mitchell M. & Powell R. A. (2002) Linking fitness landscapes with the behavior and distribution of animals. In: *Landscape Ecology and Resource. Linking Theory with Practice* (eds J. A. Bissonette & I. Storch) pp. 93–124. Island Press, Washington.
- Norberg, A.; Abrego, N.; Blanchet, F.G.; Adler, F.R.; Anderson, B.J.; Anttila, J.; Araújo, M.B.; Dallas, T.; Dunson, D.; Elith, J.; et al. A comprehensive evaluation of predictive performance of 33 species distribution models at species and community levels. *Ecol. Monogr.* 2019, 89, 1–24.
- Patton, D.R. (1975). A diversity index for quantifying habitat edge. *Wildlife Society Bulletin*, 3, 171 -173.
- Polechová, J.; Storch, D. Ecological Niche, *Encyclopedia of Ecology*, 2nd ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2019.
- Schipper, A., Hilbers, J., Meijer, J., Antão, L., Benítez, A., De Jonge, M., Leemans, L., Scheper, E., Alkemande, R., Doelman, J., Mylius, S., Stehfest, E., Van Vuuren, D., Van Zeist, W., Huijbregts, M. 2019. Projecting terrestrial biodiversity intactness with GLOBIO 4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.14848>.

- Tilman, D., Clark, M., Williams, D. R., Kimmell, K., Polasky, S., y Packer, C. (2017). Amenazas futuras para la biodiversidad y vías para su prevención. *Naturaleza*, 546, 73-81.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Estrategia mundial para la conservación. 1980.
- Vogelmann, J.E 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and Geographic Information Systems Technology. *Conservation Biology* 9 (2):439-449.
- Woodward, F.I. *Climate and Plant Distribution*; Cambridge Studies in Ecology; Cambridge University Press; Cambridge, UK, 1987; 174p. World Bank. 2015. Norma Ambiental y social 6. Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de recursos naturales vivos.

Historial del documento		
Versión	Fecha	Comentarios
V1.0	10/05/2024	Primera versión publicada para su revisión por el Comité Directivo y Científico del aOCP.