



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN,
VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES**

Lic. Luis Alberto Rodríguez Orozco

Asesorado por el M.Sc. Ing. Filadelfo Guevara Chávez

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN,
VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LIC. LUIS ALBERTO RODRIGUEZ OROZCO

ASESORADO POR EL M.SC. ING. FILADELFO GUEVARA CHÁVEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 6 de abril de 2017.

Lic. Luis Alberto Rodriguez Orozco



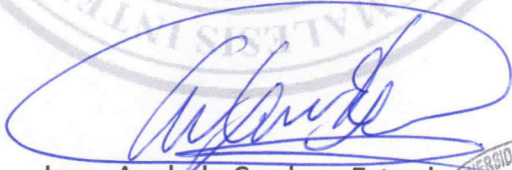
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 – 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 727.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES**, presentado por el **Licenciado Luis Alberto Rodríguez Orozco**, estudiante de la **Maestría en Artes en Energía y Ambiente**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021.

AAE/cc



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.139.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES”

presentado por **Luis Alberto Rodríguez Orozco** quien se identifica con carné **8210332** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Coordinador de Área

Guatemala, 6 de septiembre de 2018

Ingeniero Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES.**

Del(a) estudiante Luis Alberto Rodriguez Orozco

Programa de Maestría en ENERGÍA Y AMBIENTE

Identificado con

Número de carne: 8210332

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

MSc. Ing. ~~Juan Carlos Fuentes Montepeque~~
Coordinador Área de Desarrollo Socio-Ambiental y Energético
Escuela de Estudios de Postgrado

Cc: Archivo/LA

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Mínera, Catastro.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía
Acreditada Internacionalmente

Guatemala, 5 de septiembre de 2018

INGENIERO EDGAR ÁLVAREZ COTÍ
DIRECTOR ESCUELA ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

RESPETABLE INGENIERO ÁLVAREZ COTÍ:

Con un cordial saludo y deseándole éxitos en sus actividades, deseo por medio de la presente manifestarle que he revisado el Trabajo Final de Graduación de Maestría en Energía y Ambiente, del estudiante Luis Alberto Rodríguez Orozco (carné 82-10332) titulada "PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA, COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES", y considero que dicho trabajo de investigación reúne las características solicitadas, respecto a contenido, forma y calidad, que requiere un trabajo final para optar al grado de Maestría. En tal sentido, le informo que de acuerdo al reglamento correspondiente, he revisado y aprobado dicho trabajo y considero que el estudiante está listo para realizar la defensa del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted.
Atentamente,

Ing. Agr. M Sc. Filadelfo Guevara Chávez
Profesor titular VIII, Subárea de Protección de plantas
Colegiado 1656
ASESOR

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser quien hace todo en el mundo.
Mi madre	Rosa Aminta Orozco Ruiz, por su apoyo.
Mi esposa	Lorena del Carmen Garrido, por ser el pilar de mi existencia.
Mis hijos	María del Carmen y Luis Manuel Rodríguez. Mi orgullo y mi esperanza.
Mis maestros	Por transmitirme sus conocimientos e impulsarme a ser mejor.
Mis amigos	Por preguntar sobre mi avance y darme ánimos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de incrementar mis conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por la formación adquirida en sus aulas.
Mis compañeros	Por su amistad y apoyo durante la carrera.
Mis maestros	Por su generosidad al compartir sus conocimientos.
Mi asesor	MSc. Ing. Filadelfo Guevara por su amistad, apoyo, guía y paciencia
Mi familia	Por acompañarme incansablemente en esta aventura de aprender, por su paciencia y sacrificio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
OBJETIVOS	XXIII
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. CONCEPTO, IMPORTANCIA Y APLICACIÓN DEL MONITOREO BIOLÓGICO.....	1
1.1. ¿Qué es monitoreo?.....	3
1.2. Importancia del monitoreo	4
1.3. Tipos de monitoreo.....	5
1.3.1. Monitoreo Biológico	6
1.3.2. Monitoreo Ambiental.....	8
1.3.3. Monitoreo Ecológico	9
1.3.4. Monitoreo de Biodiversidad	10
1.3.5. Monitoreo de Especies	10
1.3.6. Monitoreo de indicadores y bioindicadores	11
1.3.7. Inventarios de especies de flora y fauna.....	12
1.4. Aplicaciones y ejemplos de monitoreo.....	13
1.5. Uso de indicadores y Bioindicadores.....	16
1.6. Selección y uso de indicadores	18

1.7.	Factores para implementar un Sistema de Monitoreo Biológico efectivo	25
1.8.	Métodos y guías de Monitoreo: Modelos usuales aplicados en el mundo, modelos y técnicas utilizados en países megadiversos similares a Guatemala.	30
1.9.	Modelos y técnicas más recientemente usados: Evaluación ecológica rápida e inventarios rápidos	31
1.10.	La Matriz de Leopold y el Monitoreo Ambiental.....	35
1.11.	Cambio Climático y monitoreo	37
	1.11.1. Aspectos legales e históricos de la aplicación del monitoreo biológico	40
2.	MONITOREO BIOLÓGICO EN EL ISTMO CENTROAMERICANO Y EN GUATEMALA	45
2.1.	Aspectos legales del Monitoreo Biológico en Guatemala ..	49
2.2.	Condiciones de ejecución y presentación de los estudios sobre monitoreo biológico a nivel nacional para proyectos de generación eléctrica, mineros y similares, su utilización y alcances.....	52
2.3.	Principales dificultades a resolver	54
3.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	57
3.1.	Justificación	57
3.2.	Alcances	58
3.3.	Metodología	59
	3.3.1. Compilación y revisión de expedientes ambientales de proyectos mineros y de generación eléctrica del Ministerio de Ambiente	

	y Recursos Naturales del año 1994 al año 2014	60
3.3.1.1.	Situación de los proyectos antes de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: Proyectos presentados de cada tipo de 1994 a 1999.....	62
3.3.2.	Compilación, revisión y análisis de referencias publicadas sobre guías, modelos y protocolos de monitoreo biológico, así como su comparación con estudios de caso a nivel nacional.	64
4.	RESULTADOS.....	71
4.1.	Situación de los proyectos previamente creación del MARN: de 1994 a 1999 (Objetivo 1)	71
4.2.	Situación de los proyectos después de crearse el MARN: de 2000 a 2014.	72
4.3.	Comparación de proyectos antes de la creación del MARN y posteriores	73
4.4.	Comparación de proyectos mineros y eléctricos.....	75
4.5.	Resultados sobre proyectos mineros y eléctricos en relación a monitoreos ambientales y biológicos con la creación del MARN	78
4.5.1.	Ingreso de expedientes de proyectos mineros del 2000 al 2014	79
4.6.	Ingreso de expedientes de proyectos eléctricos del 2000 al 2014	83

4.7.	Parámetros definidos como requisitos mínimos de un programa, sistema o guía de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. (Objetivo 2)	86
4.8.	Estudios de caso: aplicación de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica, mineros o similares presentados ante el MARN hasta el año 2014 y su comparación contra el documento de contenido mínimo generado de la literatura.	93
4.9.	Desarrollo y elaboración de una guía básica comentada para el monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. (Objetivo 3).....	94
5.	GUÍA PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA DE MONITOREO BIOLÓGICO EN PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA.....	95
5.1.	Línea Base.....	96
5.1.1.	Línea de base para el medio biótico.....	97
5.2.	Objetivos del Estudio	99
5.3.	Prospección y Revisión Documental	99
5.4.	Diseño Experimental.....	101
5.5.	Descripción del Área de Estudio	102
5.6.	Diseño de Muestreo	105
5.7.	Métodos de Análisis de los Datos	110
5.8.	Resguardo de la Información	111
5.9.	Análisis Estadístico	112
5.10.	Uso de Herramientas de Computación: Simuladores y Software Informático	113
5.11.	Colecciones de Referencia	114

5.12.	Conclusiones y Recomendaciones.....	116
5.13.	Publicación y Difusión de Resultados.....	117
5.14.	Indicadores Puntuales Recomendados para cada Tipo de Proyecto	118
5.14.1.	Proyectos Hidroeléctricos	118
5.14.2.	Proyectos Solares	118
5.14.3.	Proyectos Eólicos	119
5.14.4.	Proyectos Geotérmicos	119
5.14.5.	Proyectos por Combustibles Fósiles, Carbón, u Otros	120
5.14.6.	Proyectos por Biomasa y/o Biocombustibles	120
5.14.7.	Proyectos Mineros.....	121
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	123
6.1.	Situación actual del monitoreo biológico en Guatemala...	128
6.2.	Comparación de las técnicas internacionales con los modelos nacionales presentados ante el MARN	132
6.3.	Contenido de la guía para monitoreo biológico de Proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.....	137
	CONCLUSIONES.....	141
	RECOMENDACIONES.....	143
	REFERENCIAS	145
	APÉNDICES.....	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Comparación proyectos mineros conama (1994-1999) y marn (2000-2014).....	74
2.	Comparación proyectos eléctricos conama (1994-1999) y marn (2000-2014).....	75
3.	Comparación de la tendencia de proyectos eléctricos y mineros por año (1994-1999 y 2000 a 2014)	77
4.	Porcentaje de proyectos mineros y eléctricos durante el período 1994-1999	77
5.	Porcentaje de proyectos mineros y eléctricos durante el período 2000-2014.....	78
6.	Proyectos mineros aprobados con/sin monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico	80
7.	Proyectos mineros con monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico...81	
8.	Comparación porcentual anual monitoreo ambiental y biológico en proyectos mineros	82
9.	Proyectos eléctricos aprobados con/sin monitoreo ambiental, y/o monitoreo biológico	84
10.	Proyectos eléctricos con monitoreo ambiental, y/o monitoreo biológico.....	85
11.	Comparación porcentual anual monitoreo ambiental y biológico en proyectos eléctricos	86
12.	Resumen de resultados de los parámetros de ponderación de monitoreo biológico aplicados a estudios de caso en guatemala	94

TABLAS

I.	Proyectos mineros de 1994 a 1999	71
II.	Proyectos eléctricos de 1994 a 1999	71
III.	Proyectos mineros de 2000 a 2014	72
IV.	Proyectos eléctricos de 2000 a 2014	73
V.	Comparación de ingreso de proyectos mineros y eléctricos por año (1994-1999 y 2000 a 2014).....	76
VI.	Resultados de la ponderación obtenida en la literatura.....	87
VII.	Aplicación de parámetros de ponderación de monitoreo biológico a estudios de casos nacionales (10) presentados al marn.....	93

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
=	Igual
>	Mayor que
<	Menor que
%	Porcentaje
+	Signo de suma

GLOSARIO

AEM	Asociación Ecuatoriana de Mastozoología.
AGRRA	<i>Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment.</i>
AI	Área de influencia del proyecto.
AID	Área de influencia directa.
AII	Área de influencia indirecta.
ANP	Áreas naturales protegidas.
CARICOM	La Comunidad del Caribe.
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
CBD	Convenio de Diversidad Biológica.
CECON	Centro de Estudios Conservacionistas.
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente.
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Criterio	Categoría de condiciones por medio de las cuales se evalúa algo (por ejemplo, un aspecto forestal o un aspecto de vida silvestre), está caracterizado por un conjunto de variables relacionadas y de indicadores que son monitoreados periódicamente con el fin de determinar los cambios.
Diseño de muestreo	Consiste en la definición del tipo de muestreo y la determinación del tamaño de la muestra.
Diseño experimental	Es la planificación de un conjunto de pruebas experimentales, de forma que los datos generados puedan analizarse estadísticamente para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca del problema establecido.
EbA	<i>Ecosystem based Adaptation.</i>
EER	Evaluación Ecológica Rápida.
ELAW	Alianza Mundial de Derecho Ambiental.
Esfuerzo de muestreo	Intensidad de trabajo invertido para obtener datos en un muestreo.
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations.</i>
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.

Fundaeco	Fundación para el ecodesarrollo y la conservación.
Indicador	Medida de un aspecto de la variable y del criterio. Puede ser medido o descrito en forma cuantitativa, cualitativa o de doble estado (cuali y cuantitativa), de tal manera que al ser observado periódicamente demuestra cambios y/o tendencias. Cuantitativo cuando puede medirse y cualitativo cuando no es posible medirlo sino únicamente catalogarse, caracterizarse o describirse.
Inventario	Es el reconocimiento, ordenamiento, catalogación, cuantificación y mapeo de entidades naturales como genes, individuos, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas o paisajes.
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
MA	Monitoreo ambiental.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MB	Monitoreo biológico.
Monitoreo ambiental	Es un complejo mecanismo de intermediación entre un sistema de producción (por ejemplo, la minería) y las consecuencias medioambientales derivadas del mismo. Es una actividad a largo plazo, fundamental para describir el estado del ambiente y sus

tendencias. Muchas veces se toma como sinónimo de monitoreo biológico o ecológico.

Monitoreo biológico Es una parte integral de las tareas necesarias para determinar la salud de los componentes ambientales y evaluar los efectos relativos de las actividades humanas. El monitoreo biológico es una estrategia que permite recopilar información sobre las fluctuaciones dentro de un ecosistema debido a presiones naturales o provocadas por el ser humano.

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible.

PCME Programa para la Conservación de Murciélagos del Ecuador.

Poder estadístico El poder de una prueba se puede describir como la probabilidad de no cometer un error de tipo II (no rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es falsa). El poder de una prueba estadística es su capacidad para detectar un efecto, si este existe en realidad. En términos estadísticos, el poder o la sensibilidad de una prueba estadística es la probabilidad de que se rechace correctamente la hipótesis nula.

PROARCA Programa Ambiental Regional para Centroamérica.

PROMECC-CR El Programa de Monitoreo de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica.

RAMSAR	Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional.
RAP	<i>Rapid Assesment Program</i> (Evaluación Rápida de Biodiversidad).
REA	<i>Rapid Ecological Assessment.</i>
Registro	Cada uno de los datos de los componentes del inventario para los grupos indicadores elegidos, así como la información generada de ellos.
SAM	Sistema Arrecifal Mesoamericano.
Seguimiento	Se refiere a un conjunto de acciones que permiten comprobar en qué medida se cumplen las metas propuestas en el sentido de eficiencia y eficacia, proporciona información constante a los administradores y otros interesados, retroalimentando la ejecución del proyecto como tal.
Sistema de monitoreo	Es un proceso continuo y sistemático que mide el progreso y los resultados de la ejecución de un conjunto de actividades en un período de tiempo, con base en indicadores previamente determinados.
Técnica de muestreo	Conjunto de procedimientos y métodos, con el fin de obtener datos que midan la variable bajo estudio.
TNC	<i>The Nature Conservancy.</i>

Tratamiento	El tratamiento es el proceso de modificación de factores de una unidad experimental y cuyos efectos van a ser medidos y comparados.
Unidad experimental	La unidad experimental es el elemento (planta, animal u objeto) al que se le modificarán en forma planeada factores para revisar su respuesta.
USAID	Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de América.

RESUMEN

El presente trabajo muestra la situación actual del concepto y aplicación sobre monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. Para su análisis se utilizaron datos de un período de 15 años, entre 2000 y 2014, provenientes del archivo general del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. En este período se obtuvieron datos de 385 proyectos, de los cuales el 77.4 % (298) corresponden a proyectos de generación eléctrica y el 22.6 % (87) a proyectos mineros.

Del total de proyectos de generación eléctrica (298), el 76.8 % fueron aprobados (229) y del total de proyectos mineros (87) el 64.4 % fueron aprobados (56). El comportamiento sobre la manifestación en los instrumentos y compromisos ambientales, que son de cumplimiento obligatorio, de realizar monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico, es similar en ambos tipos de proyectos. El monitoreo ambiental se manifiesta en un 93.4 % (214) de los proyectos aprobados de generación eléctrica y en un 92.9 % (52) de los proyectos mineros, mientras el monitoreo biológico aparece en un 55.5 % (127) de los proyectos de generación eléctrica y un 51.8 % (29) de los proyectos mineros.

Se revisaron 150 referencias en la literatura sobre monitoreo biológico, ecológico, ambiental, de biodiversidad y sobre guías, programas, métodos, técnicas y sistemas de monitoreo de algún tipo. De estas, se pudieron obtener 50 referencias donde aparecían parámetros para contrastar y obtener una guía de referencia con contenidos mínimos que debe tener un programa de monitoreo biológico. Se utilizó una escala de ponderación, en base a porcentaje de presencia en las referencias, con la que se determinaron los mejores parámetros

en orden de importancia para ser incluidos en la guía mínima y final. En el 100 % de las referencias se utilizan el diseño experimental y los indicadores biológicos, en el 98 % hay diseño de muestreo, pero solo el 84 % utiliza estaciones de muestreo, en el 96 % se localiza y describe el área de interés, mientras que el 86% establece una línea base.

El 88 % realizan un manejo y resguardo apropiado de sus datos, incluyendo análisis estadístico y uso de herramientas informáticas, pero solo el 64 % poseían colecciones de referencia y solo el 70 % hace una buena comunicación y difusión de sus resultados. Ningún indicador abiótico resultó como buen parámetro, mientras que de los indicadores biológicos los más utilizados por los autores fueron en su orden: los mamíferos, las plantas y las aves, seguidos por los análisis de cobertura y fragmentación y los reptiles y anfibios. Muy poco son utilizados los macroinvertebrados acuáticos, los insectos y los peces, a pesar de que respecto a macroinvertebrados e insectos se estima que tiene un enorme potencial como bioindicadores.

Finalmente se analizaron los estudios de caso, donde se determinó que no cumplen con los parámetros básicos de comparación determinados en la literatura, aunque sí tienen nociones sobre casi todos los conceptos. Carecen principalmente de diseños experimentales y de muestreo claros, lo cual hace que los trabajos pierdan validez y sean poco confiables técnica y científicamente. La guía que se presenta en el trabajo contiene una aproximación de los mejores parámetros determinados por el ejercicio realizado con la literatura, así como el análisis de los estudios de caso, es fácil, sencilla y concreta para su aplicación y contiene comentarios específicos para tipos de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No existen instrumentos ni guías ambientales específicas desarrolladas para la evaluación, seguimiento y monitoreo de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, incluyendo lo referente al monitoreo biológico. De tal forma que no existen herramientas formales, técnicamente sustentadas y científicamente comprobadas, que permitan la prevención, control y mitigación de impactos ambientales generados por estas actividades hacia los ecosistemas que afectan, de forma ordenada, precisa, permanente y documentada.

El monitoreo biológico es probablemente, el tema más importante a tratar sobre el control y seguimiento de los posibles impactos que puedan causar los proyectos de generación eléctrica y mineros en cualquier parte del mundo, toda vez que su naturaleza y magnitudes están estrechamente relacionadas con los recursos naturales, afectándolos ya sea de forma directa o indirecta con sus actividades de construcción y funcionamiento. Es precisamente en la etapa de funcionamiento de estos proyectos, que generalmente es a muy largo plazo (períodos de 25 a 50 años y generalmente más aún), que se generan las transformaciones más profundas y definitivas en los ecosistemas.

Muchos proponentes y propietarios de proyectos de esta naturaleza, incluyendo a los de carácter estatal, no están plenamente conscientes de los daños que pueden causar a la naturaleza y al ambiente en general, ni estiman dentro de sus inversiones y flujos financieros, los costos ambientales que tales proyectos traen consigo y que no son precisamente baratos. Dentro de estos costos deben considerarse los aspectos tanto de la etapa constructiva como operativa de los proyectos.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales exige e impone este tipo de estudios y planes de monitoreo biológico en las resoluciones de los instrumentos ambientales que aprueba. Los proponentes o dueños de las empresas responsables de los proyectos, obras o actividades que obtienen una licencia ambiental, se ven forzados a realizar intentos por cumplir con estas condiciones obligatorias, sin contar con herramientas de apoyo, con metodologías validadas y aceptadas por el propio Ministerio que se las impone y sin contar con una guía básica que pueda orientar sus mejores esfuerzos por desarrollar monitoreo biológico.

La pregunta principal de este trabajo se planteó en los términos siguientes: ¿Cómo se puede desarrollar una guía propia para el monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala?, para ello fue necesario también plantear varias interrogantes auxiliares que permitieron establecer la respuesta principal. Para este caso, las preguntas auxiliares que se plantearon fueron:

- ¿Cuál es la situación actual sobre el conocimiento, aplicación y ejecución del monitoreo biológico en Guatemala, principalmente en proyectos mineros y de generación eléctrica?
- ¿Con qué herramientas técnicas se cuenta actualmente en Guatemala para el desarrollo de una guía de monitoreo biológico, hay indicios o esfuerzos por realizar monitoreo biológico en Guatemala por parte de instituciones o empresas dedicadas a la extracción minera, la generación eléctrica u otra actividad relevante?
- ¿Qué propuesta para el desarrollo de una guía de monitoreo biológico para proyectos mineros y de generación eléctrica se puede hacer en

Guatemala, es posible adaptar las guías para monitoreo biológico desarrolladas en otros países, en proyectos similares o en actividades de conservación de los recursos naturales?

OBJETIVOS

General

Evaluar las condiciones actuales de aplicación del monitoreo biológico en Guatemala y diseñar una guía propia de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

Específicos

- Describir la situación en Guatemala, sobre el conocimiento y aplicación del monitoreo biológico como herramienta para la conservación de los recursos naturales del país, esencialmente en proyectos mineros y de generación eléctrica.
- Determinar la adaptación de modelos, guías y protocolos de monitoreo biológico desarrollados en otros países y en Guatemala (dentro de áreas protegidas) para la generación de un contenido mínimo en una guía de monitoreo biológico factible de aplicar a proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.
- Proponer el desarrollo de un instrumento propio de monitoreo biológico, una guía para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, con base en las experiencias previas estudiadas tanto a nivel nacional como internacional.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

Este trabajo se desarrolló en tres fases generales: primero, la compilación y revisión del archivo documental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para establecer la situación del estado del arte del tema, su imposición legal a lo largo del tiempo en que ha funcionado el ministerio y la aplicación del concepto de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros desarrollados durante los últimos 15 años en territorio guatemalteco; segundo, sobre la base de la revisión y comparación entre guías, programas, técnicas y métodos de monitoreo biológico ampliamente estudiados y aplicados en otras partes del mundo, especialmente en países mega diversos similares al estado de Guatemala, contrastados con las experiencias no formales y desordenadas llevadas hasta ahora en Guatemala sobre el tema y reguladas también de manera informal por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, se establecieron los contenidos mínimos necesarios que debe cumplir el desarrollo e implementación de una guía de monitoreo biológico que se adapte y pueda aplicarse a proyectos mineros y de generación eléctrica en Guatemala; finalmente, la última fase se refiere a la generación de una guía específica de monitoreo biológico cuyos contenidos sirvan para apoyar el desarrollo de planes, programas y sistemas de monitoreo en la construcción y operación de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala que pueda utilizarse como herramienta para la prevención, mitigación y compensación de sus impactos ambientales.

Para el desarrollo de estas partes, primero se obtuvo acceso a la oficina de información pública del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, para recopilar dentro de su archivo general la serie de estudios e

instrumentos ambientales presentados ante dicho Ministerio que contengan información o referencia sobre monitoreo ambiental y biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros desde su creación. También, para obtener estudios específicos de monitoreo referentes a experiencias similares o cercanas a lo que se llama o determina como monitoreo biológico, desarrollados por proyectos de generación eléctrica, mineros u otros de relevancia en Guatemala.

Con estos documentos, se realizó un estudio de casos donde se compararon las metodologías y técnicas utilizadas por los proyectos y sus proponentes, los planteamientos y su desarrollo para compararlos con el contenido mínimo obtenido de las referencias sobre guías y protocolos desarrollados en otros países y en Guatemala para áreas de reserva, protegidas o de manejo.

En segundo lugar, se utilizaron las guías y recursos desarrollados sobre monitoreo biológico en países con megadiversidad natural del continente americano, incluyendo las experiencias desarrolladas en Guatemala dentro de áreas especiales y protegidas, así como otras referencias de aplicaciones, técnicas y métodos utilizados en estudios de América, Europa, África y el resto de los continentes.

Luego de establecer contenidos unificados tanto en las referencias internacionales como en los estudios de caso nacionales, se procedió a la comparación de ambos para establecer sus puntos comunes y su sustentación científica, el desarrollo de un contenido mínimo obligatorio, así como determinar sus probabilidades de aplicación en Guatemala.

Finalmente, luego del análisis de contenidos y su aplicabilidad, se desarrolló una guía básica inicial para la implementación y ejecución de monitoreo biológico

aplicado a proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, con el enfoque de que sirva como herramienta para la vigilancia y el control de sus posibles impactos al ambiente durante el desarrollo de las distintas fases de los proyectos, así como para la mitigación efectiva y la protección y conservación de los recursos naturales de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Generalmente los proyectos de alto impacto ambiental en el mundo entero son criticados y cuidadosamente vigilados para establecer las condiciones bajo las cuales se desarrollan y los impactos que producen a lo largo de su funcionamiento, juntamente con las medidas que aplican para corregir, prevenir o mitigar dichos impactos. Este es el caso de los proyectos de generación eléctrica y de extracción minera.

Dentro de este contexto, contar con las herramientas adecuadas para llevar un control metódico y científico de las causas y efectos que los proyectos pueden provocar al ambiente y a los recursos naturales resulta indispensable, ya que de lo contrario sería como navegar a ciegas y sin rumbo, de forma irresponsable con la sociedad y con la propia empresa o socios del proyecto.

Una de las herramientas más utilizada en proyectos de alto impacto ambiental, para observar, controlar y medir las acciones que protegen y conservan el ambiente y los sistemas y servicios ecológicos, es el monitoreo biológico. Comprendido como una serie de técnicas y métodos que aplicados en conjunto miden las condiciones de cambio o transformación que sufren los ecosistemas por medio del estudio de algunos de sus organismos vivientes, sean éstos plantas o animales o una combinación de ambos.

Este trabajo pretende proponer por primera vez, una guía formal para la ejecución del monitoreo biológico en Guatemala, para proyectos de generación eléctrica y mineros, como una herramienta que puedan utilizar tanto las empresas, los proyectos y las autoridades de gobierno en la evaluación de los

posibles efectos que estos proyectos causan a su entorno natural, a los servicios ecológicos y al balance y equilibrio de los ecosistemas, así como de las medidas que son implementadas a lo largo de la vida útil del proyecto para prevenir, proteger, corregir o compensar estas afectaciones.

En el capítulo uno se realiza la conceptualización del monitoreo biológico con todas sus acepciones, su importancia y aplicación a nivel mundial. El capítulo incluye lo referente a los tipos de estudios que pueden realizarse, las técnicas y modelos más usados internacionalmente, las técnicas más recientes y ejemplos de las mismas. Igualmente, los conceptos sobre los factores más relevantes a tomar en cuenta para el diseño de programas de monitoreo biológico, uso de indicadores y bioindicadores, así como sus criterios de selección.

El capítulo uno también incluye lo correspondiente a ejemplos de aplicación del monitoreo biológico en todo el mundo, con especial énfasis en aquellos casos de mayor similitud con las condiciones naturales y culturales de Guatemala. Se revisaron las guías y recursos desarrollados sobre monitoreo biológico en países con megadiversidad natural similar a Guatemala, como: Perú, Bolivia, Brasil, Ecuador, Colombia y México. Además, se describen los aspectos legales e históricos de la aplicación del monitoreo biológico en el mundo.

El capítulo dos describe ejemplos de la aplicación de programas y sistemas de monitoreo biológico específicamente dentro del territorio Centroamericano y directamente en Guatemala, especialmente las experiencias sobre monitoreo biológico aplicadas en áreas de reserva y áreas protegidas. Analiza los aspectos legales del monitoreo biológico en el país, así como las condiciones en las cuales se ejecutan y presentan los estudios de monitoreo biológico a nivel nacional para proyectos de generación eléctrica y mineros, su utilización, sus alcances y las principales dificultades que deben resolverse sobre el tema.

El capítulo tres se refiere al desarrollo metodológico del trabajo, incluyendo su justificación, alcance y las fases de la metodología, que incluyen la descripción de los mecanismos y procedimientos utilizados para obtener y procesar los datos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. También para comparar las guías, modelos y protocolos de monitoreo ambiental obtenidos de las referencias de literatura, de dónde se obtuvo el documento de referencia de contenido mínimo necesario para un monitoreo biológico. Igualmente, el desarrollo de los estudios de caso de los documentos obtenidos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales referidos al monitoreo biológico, de algunos de los proyectos de generación eléctrica, mineros o similares que cuentan con una licencia ambiental y han presentado tales estudios.

También describen los medios de comparación de los contenidos de las referencias nacionales con el documento de referencia mínimo, para establecer su validez científica, documento que posteriormente sirvió de base para la elaboración de la guía de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, que es sugerida en el capítulo cinco.

En el capítulo cuatro se presentan los resultados del trabajo. Primero lo referente a la situación de los proyectos presentados ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en dos períodos distintos, en la operación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) como referencia general y luego al constituirse el ministerio, datos con los que se realizaron los análisis estadísticos que cubrieron 15 años de registros para proyectos de generación eléctrica y mineros. Se incluyeron en los mismos, la distribución general de cada tipo de proyecto por año, estadísticas sobre cantidad de proyectos aprobados y no aprobados de cada tipo por año, estadísticas de proyectos aprobados que cuentan con una resolución donde hay compromisos

ambientales que indican monitoreo ambiental y monitoreo biológico específicamente o bien dentro de sus instrumentos hacen mención de monitoreo ambiental y monitoreo biológico para ambos tipos de proyectos y comparación general de los resultados de ambos tipos de proyectos.

En segundo lugar, se utilizaron matrices de comparación valoradas mediante tabla de ponderación de los parámetros para comparar guías, modelos y protocolos de monitoreo biológico de la literatura respecto a la frecuencia de uso de ciertos parámetros utilizados que son citados o listados como componentes importantes de un sistema o programa de monitoreo biológico, de lo cual se extrajo el documento de referencia de contenido mínimo que debe tener un programa o sistema de monitoreo biológico, contra el cual posteriormente fueron comparados los estudios de casos de los documentos presentados ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales referentes a monitoreo biológico, por parte de proyectos de generación eléctrica, mineros o de similar importancia.

En el capítulo cinco, se presenta una propuesta de guía para monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, basada en los resultados anteriores y con comentarios adicionales que se consideran importantes para cada tipo de proyecto.

El capítulo seis desarrolla las discusiones en torno al estado actual de la aplicación del monitoreo biológico en Guatemala en base a los resultados obtenidos, la comparación de los parámetros internacionales de referencia para este tipo de estudios con los estudios de caso de los documentos presentados al MARN, la perspectiva y alcance legal de la aplicación del monitoreo biológico en Guatemala y finalmente lo concerniente a los contenidos de la guía propuesta y su posible aplicación en el país.

Posterior a las discusiones, se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones sobre el trabajo realizado y el tema en general.

1. CONCEPTO, IMPORTANCIA Y APLICACIÓN DEL MONITOREO BIOLÓGICO

Cuando se habla del uso de los recursos naturales siempre es posible encontrar situaciones de conflicto. Buckles (2000) establece que “los recursos naturales están integrados en un entorno o espacio interconectado donde las acciones de un individuo o grupo pueden generar efectos que llegan muy lejos” (p. 8). En el cual las acciones de un grupo o incluso de un individuo generan efectos de largo alcance y donde hay relaciones complejas y desiguales entre una amplia gama de actores sociales que afectan estos recursos, tanto en espacio como en el tiempo.

La importancia de estrategias y métodos desarrollados para la protección y conservación de los recursos naturales estriba directamente en la necesidad de detener el rápido deterioro que sufren estos recursos, especialmente en ciertas regiones como los trópicos, donde existe una de las mayores riquezas naturales del planeta y en cuya zona se ubica Guatemala. Bawa, Kress, Nadkarni y Lee (2004) establecen, que la continua degradación y pérdida de los hábitats tropicales, derivados de los impactos causados por las actividades humanas, es un claro indicador de que la sociedad no responde adecuadamente a esta crisis y establece como una prioridad urgente que, ante los impactos causados por la intervención humana en las áreas tropicales, se deben diseñar estrategias de manejo para conservar y restaurar los ecosistemas afectados.

Se deben utilizar todos los conocimientos existentes y ponerlos a disposición de los distintos actores en una región o lugar determinado, para que pueda lograrse una adecuada interacción entre académicos, empresa, sociedad

civil y gobierno, de tal forma que se logre un desarrollo adecuado de las actividades humanas con la menor perturbación posible al ambiente. Dentro de estas estrategias y conocimientos, los sistemas de monitoreo biológico o ecológico, como se les quiera llamar, juegan un papel fundamental.

Los programas de monitoreo son muy útiles para facilitar la detección de los factores que pueden amenazar la conservación de las especies y aportan información valiosa para la comprensión de la relación que existe entre los seres vivos y su ambiente específico, así como las afectaciones causadas por la intervención humana y sus actividades en un sitio o área determinada.

Algunos autores consideran que, para obtener resultados confiables en los programas de monitoreo, es conveniente que los muestreos se realicen a lo largo de períodos prolongados (la mayoría recomienda 5 años por lo menos) para tener una idea más precisa de la variación de las poblaciones biológicas a lo largo del tiempo. Sin embargo, son muchos los factores que deben tomarse en cuenta para la determinación de los períodos de monitoreo, su frecuencia y duración final, en todo caso, el tiempo debe ser determinado de acuerdo a los objetivos que se plantean al inicio del propio monitoreo.

Rogers, Garrison, Grober y Hillis (1994) establece que “un programa de monitoreo puede proveer información de la biota, la diversidad del lugar, la condición de habitats particulares y cambios en el ambiente” (p. 1). Con lo cual se puede facilitar la predicción de los efectos causados por las actividades humanas en los procesos ecológicos, causados por amenazas o por impactos ambientales severos.

De acuerdo con Álvarez, Sánchez, Berlanga, Rodríguez y Vargas (2012) “un programa de monitoreo biológico consiste en la realización de una serie de

muestreos enfocados a algún grupo de seres vivos (plantas, animales) para determinar la variación de sus poblaciones a lo largo del tiempo” (p. 1). Para que el programa sea efectivo, los muestreos deben desarrollarse en diferentes hábitats, controlando todos los factores que influyen en los mismos

1.1. ¿Qué es monitoreo?

El monitoreo puede definirse como un proceso continuo en el tiempo de recolección, análisis y difusión apropiada de información sobre un conjunto específico de variables o indicadores, usado para posibilitar el mejoramiento continuo del manejo del sistema bajo consideración.

De acuerdo con Galindo-Leal (1999) “el monitoreo es la evaluación periódica para conocer tendencias. El monitoreo proporciona una línea de información base que permite entender el comportamiento de un sistema a través del tiempo” (p. 9). Es necesario para comprender los efectos que causan los distintos factores sociales, económicos, políticos y ambientales sobre los propios recursos naturales y su entorno. Y finalmente, nos permite evaluar si una acción cumple con su objetivo, como es el caso de la prevención o corrección de un impacto ambiental, o bien si es necesario cambiar o modificar esta acción por otra, derivado de la detección de una tendencia no deseada en el lugar.

El monitoreo es una actividad periódica para evaluar tendencias y comprender el comportamiento de un sistema en el transcurso del tiempo, es la evaluación de algo que uno quiere estudiar para conocer cómo cambia a lo largo del tiempo o del espacio como consecuencia de factores conocidos. Para Nuñez (2012) el monitoreo es una herramienta indispensable para conocer lo que sucede con la biodiversidad en las áreas naturales protegidas y tomar las decisiones más adecuadas para su conservación y manejo. Además, mediante

su aplicación también pueden evaluarse el desempeño de las acciones implementadas como instrumentos de conservación de las áreas.

Para Finegan, Céspedes, Sesnie, Herrera, Induni, Sáenz, Ugalde y Wong (2004) “el monitoreo puede definirse como un proceso continuo en el tiempo de recolección, análisis y difusión apropiada de información sobre un conjunto específico de variables o indicadores, usado para posibilitar el mejoramiento continuo del manejo del sistema bajo consideración” (p. 68). El monitoreo es en sí una manera de detectar cambios, no es un fin en sí mismo, es solo una parte de la estrategia de conservación que debe incluir el control de las amenazas detectadas, la reducción de los impactos y, sobre todo, un enfoque precautorio hacia la conservación y protección de los recursos naturales.

Como indica también Magurran (1989) el monitoreo es pues una herramienta de trabajo a largo plazo (días, años, décadas), su objetivo es proveer información constante y actualizada sobre un sistema y, tras el análisis de la información obtenida, debe permitir detectar variaciones en el comportamiento normal o desviaciones respecto a lo esperado.

1.2. Importancia del monitoreo

“La base para programas de monitoreo y muchas investigaciones ecológicas sobre poblaciones de mamíferos es la estimación de abundancia absoluta o relativa con el objetivo de hacer inferencias sobre variación en el espacio y / o tiempo” (Walker, Novaro y Nichols, 2000, p. 74).

El monitoreo es de suma importancia para los estudios de ecología, conservación y manejo de la vida silvestre, porque ayuda a detectar los cambios ocurridos en las poblaciones, ensambles, comunidades o gremios y colabora en

la comprensión de sus dinámicas espaciales y temporales, así como de las causas (bióticas, abióticas, naturales o de origen antrópico) que los provocan. También ayuda a evaluar la eficiencia de cualquier tipo de manejo aplicado en un área e incluso para evaluar el uso del hábitat por una o más especies consideradas como indicadores.

El monitoreo debe ser entendido como un proceso de recolección de información que puede ser usada para mejorar el manejo de un ecosistema, en esencia, permite determinar la ocurrencia, la magnitud, la dirección y la importancia de los cambios provocados en los indicadores elegidos para determinar la calidad de manejo de un recurso.

“Los programas de monitoreo poseen información constante y adecuada para identificar cambios estructurales en el ecosistema, aportando información para comprender las causas de los cambios y fundamentar la toma de decisiones”. (Vega, Navas, Gómez y López, 2011, p. 203). La aplicación del monitoreo se convierte entonces en una herramienta para valorar la biodiversidad, proporcionando la información necesaria para manejarla, permite además conocer el medio que nos rodea, los recursos que usamos y definir las medidas adecuadas para aprovecharlos. “El monitoreo nos proporciona información biológica básica para tomar decisiones de manejo con márgenes razonables de certeza y sustentabilidad” (Chediack, 2009, p. 3).

1.3. Tipos de monitoreo

Ahora bien, existen distintos tipos o denominaciones para el monitoreo que se realiza tomando en cuenta los aspectos ambientales y de los recursos naturales, así encontramos diversas citas sobre monitoreo ambiental, monitoreo

ecológico, monitoreo de la biodiversidad, monitoreo biológico, monitoreo de especies, monitoreo de bioindicadores, inventarios de flora y fauna, entre otros.

En realidad, al hablar de estos tipos de monitoreo, la mayor parte del tiempo los nombres, aunque distintos, corresponden a una misma cosa, el monitoreo de los impactos derivados de actividades naturales o antropogénicas sobre los recursos naturales, la flora y la fauna de un lugar o región determinada, los cambios que ellos provocan o pueden llegar a provocar y su detección temprana para la aplicación de medidas y acciones tendientes a la protección y conservación de dichos recursos.

Quizás la mayor diferencia en estos términos se pueda encontrar entre lo que es un monitoreo ambiental y el resto de los monitoreos mencionados, ya que el monitoreo ambiental generalmente se aplica a una serie de datos e indicadores más allá de los ecosistemas, es decir, tomando en cuenta la medición de parámetros abióticos como el suelo, el agua y el aire, en general el clima, mientras los demás parecen más específicos de aplicarse a las poblaciones de plantas y animales de un lugar o región o a su biodiversidad.

De cualquier forma, trataremos de definir cada tipo de monitoreo encontrado en la literatura.

1.3.1. Monitoreo biológico

El monitoreo biológico, permite generar información del comportamiento de la diversidad biológica y los fenómenos que intervienen en ello a través del tiempo. Para Mendez, Dávila, Garnicia, López y Quezada (2008) “es necesaria la búsqueda de indicadores que permitan recabar información confiable” (p. 4). Para esto dan como ejemplo el estudio de la dinámica vegetal en sus cambios

de composición y estructura como un excelente indicador, derivado de la dependencia que tiene la biota de este recurso para sobrevivir.

Para Chediack (2009) “el monitoreo biológico es un método. Lo utilizamos para describir cómo cambian las especies y los ecosistemas con el tiempo” (p. 22). Determinando las consecuencias probables que ocasionan las intervenciones humanas, de tal forma que podamos predecir y prevenir cambios no deseados en dicha área y podamos adoptar el plan de manejo más adecuado para su conservación.

El monitoreo biológico es un conjunto de metodologías y prácticas de campo necesarias para conocer el estado de conservación de las poblaciones silvestre de interés y sus hábitats, indispensable para la toma de decisiones y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las áreas naturales protegidas. (Nuñez, 2012, p. 6)

“El monitoreo nos proporciona información biológica básica para tomar decisiones de manejo con márgenes razonables de certeza y sustentabilidad. De ahí que sea un componente indispensable en el diseño de políticas públicas modernas, biológicamente sustentables y socialmente viables” (Chediack, 2009, p. 3). El monitoreo biológico es necesario para describir la dinámica de las comunidades naturales, las consecuencias de las influencias humanas y para predecir y/o prevenir cambios no deseados.

El monitoreo biológico a nivel de paisaje permite generar información a gran escala del comportamiento de la diversidad biológica. A la vez, el nivel de paisaje puede dar indicios de lo que sucede a nivel de comunidad, población y genético. Por consiguiente, el uso de indicadores apropiados para el monitoreo permite obtener la información mínima necesaria para el manejo

de la diversidad biológica en un área determinada. (Mendez *et. al.*, 2008, p. 2)

El término de monitoreo biológico se utiliza para analizar y conocer el comportamiento de las poblaciones, especies e individuos de acuerdo al estado del medio ambiente, como también para conocer los procesos autoecológicos directos en los cuales están inmersos estos niveles de organización por períodos largos de tiempo. Dentro de este tipo de monitoreo, son muy comunes los estudios de seguimiento de calidad de aguas mediante el empleo de bioindicadores e impacto de plagas sobre cultivos y dentro de las ciencias forestales los estudios de regeneración, fenología y crecimiento. (Páramo, Silva, Linares, Vega, León, Sánchez y Pinilla, 1997, p. 6)

1.3.2. Monitoreo ambiental

Este tipo de monitoreo hace referencia al seguimiento de procesos y cambios que se suceden tanto a nivel planetario o global, continental, regional o incluso local, sobre las variaciones sufridas por uno o más componentes del medio ambiente por efecto de los impactos que el hombre y diferentes sociedades han venido causando sobre el medio biofísico y viceversa. Son ejemplo de este tipo de monitoreos, las investigaciones y los ejercicios que en la actualidad se están llevando a cabo sobre cambio climático global, contaminación atmosférica, calidad de aguas, efectos de la radiactividad y contaminación e impacto del uso de sustancias peligrosas, entre otros. (Páramo, 1999, p. 9)

Aunque algunas veces, también se hace referencia dentro de este tipo de monitoreo a los aspectos sobre los ecosistemas y las especies, como una forma de abarcar todo el entorno ambiental de un lugar.

Es frecuente que muchos profesionales hagan referencia al monitoreo ambiental como una forma más amplia de monitoreo biológico, incluyendo en este, aspectos abióticos en relación al medio biótico. Sin embargo, en el contexto internacional es más aplicado el término a una evaluación más amplia sobre los aspectos abióticos de una región o localidad.

1.3.3. Monitoreo ecológico

El monitoreo ecológico a pesar de estar muy ligado con el ambiental en sus aspectos prácticos, difiere de él en cuanto a que estudia y analiza bajo un enfoque sistémico los cambios y las variaciones que se suceden a través del tiempo en los procesos ecológicos de los principales niveles de organización jerárquicos que aborda la ecología como disciplina científica; es decir, los paisajes regionales (biogeocenosis), los ecosistema y las comunidades bióticas (biocenosis), las poblaciones animales y vegetales y los organismos como tal; no obstante, ser también objeto del estudio ecológico, se consideran con mayor precisión en el monitoreo biológico. (Páramo, 1999, p. 9)

Por otra parte, de acuerdo con Spellerberg (1991), el fundamento de la importancia de los programas de monitoreo ecológico estriba en el hecho de que brinda herramientas para conocer diversos tópicos de la conservación y protección de los recursos naturales. Para Fondo Mundial para la Naturaleza (2004) “el monitoreo es ecológico cuando los indicadores relevantes se relacionan de alguna manera con la biodiversidad del bosque –las cosas que

habitan el bosque y las comunidades que ahí se encuentran y que son manejadas” (p. 4).

Los cambios que más interesan son aquellos referidos a los cambios en las características de la comunidad natural y las afectaciones debido a su manejo. Aquí mismo se menciona el concepto de manejo adaptativo, que consiste en manejar dinámicamente los recursos naturales adaptándose constantemente a los cambios naturales de los ecosistemas y a otros factores externos.

1.3.4. Monitoreo de biodiversidad

En los monitoreos de biodiversidad generalmente se registran dos cosas: las especies observadas y cuántos individuos de cada especie se encontraron. En algunos casos, cuando es necesario, también se identifican los individuos marcándolos o reconociéndolos por señas particulares y se clasifican según sean hembras o machos, jóvenes o adultos. (Chediack, 2009, p. 23)

1.3.5. Monitoreo de especies

“Un monitoreo consiste en la recolecta sistemática de información sobre una o más especies a través del tiempo” (Arévalo, 2001, p. 7). Su plan de monitoreo debe estar diseñado en función de la especie o especies seleccionadas y de los objetivos planteados previamente.

El monitoreo de especies prioritarias y de ecosistemas, se realiza mediante técnicas de obtención de información actualizada continua y eficiente, sobre los elementos de un sistema definido espacial, temporal y socialmente, cuyo

resultado final se constata a través del monitoreo con una confiabilidad determinada por métodos estadísticos. (Nuñez, 2012, p. 6)

Según Arevalo (2001) en la aplicación de esta herramienta es importante conocer los hábitos y la historia natural de las especies que se desea monitorear, ya que la selección de las especies está íntimamente ligada a la recolección de información previa que ayuda a diseñar el plan de monitoreo y permite una vez realizado este, profundizar el análisis de los detalles de cada una de las especies evaluadas dentro del monitoreo.

1.3.6. Monitoreo de indicadores y bioindicadores

“Los indicadores sirven para reducir la cantidad de medidas que son necesarios para una representación adecuada de la realidad” (Castañeda y Turcios, 2002, p. 6). Nos ayudan a evaluar las tendencias ambientales a diversas escalas, a mejorar la percepción pública sobre un problema ambiental, a integrar factores ambientales para su análisis y a cumplir con compromisos y leyes nacionales e internacionales.

Para Polanía (2010), los indicadores ambientales permiten reconocer el estado ambiental de un área a partir de las respuestas que brindan sus componentes bióticos a las presiones causadas en el sitio por los seres humanos. Castañeda y Turcios (2002), describen a los indicadores ambientales como “estadísticas claves seleccionadas, que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sostenibilidad de los recursos naturales y las actividades humanas relacionadas” (p. 9).

Los denominados bioindicadores o indicadores biológicos abarcan especies de plantas y animales que, al mostrar cambios en sus patrones específicos de

estructura y funcionamiento, pueden exponer las presiones a las cuales se encuentran sometidos los ecosistemas a causa de la intervención humana. Estas respuestas que incluyen sus números, condición, comportamiento, presencia o ausencia proporcionan información sobre la salud de un ecosistema, sobre las clases de presión que operan sobre él y algunas veces las causas o fuentes de dichas presiones.

Los problemas potenciales más importantes en el uso de bioindicadores para monitoreo se refieren a las fluctuaciones naturales que son inherentes a todos los sistemas ecológicos y a la manifestación de una respuesta como consecuencia de varias causas que lo provocan.

Para Spellerberg (1991), la verificación de la abundancia de una especie en particular no es concluyente por sí misma e incluso puede motivar errores de interpretación. Para Noss (1990), ninguna especie indicadora por sí sola satisface todos los requerimientos necesarios para obtener una respuesta definitiva sobre un aspecto de la condición ecológica o ambiental de un sitio. Sin embargo, Soulé *et. al.* (1988) manifiestan que el uso de un monitoreo de ensambles de especies multiespecíficas puede reducir este problema, ya que múltiples respuestas similares de varias especies reducen el ruido causado por la fluctuación natural de una sola especie.

1.3.7. Inventarios de especies de flora y fauna

Uno de los elementos más utilizados para el estudio de la biodiversidad es el referido a los inventarios de especies, sobre todo debido a que su medición es muy sencilla a distintas escalas geográficas. Los datos provenientes de inventarios proporcionan una caracterización de la biodiversidad y pueden tener diversas aplicaciones, aportan evidencia sobre el estado de conservación de los

ecosistemas, la detección y evaluación de cambios biológicos y ecológicos y la proporción de la biodiversidad que falta inventariar.

Ahora bien, según Huston (1994) para que los muestreos desarrollados dentro de un inventario sean comparables, deben realizarse con total rigor metodológico, esto permitirá que mediante este tipo de estudios puedan comprenderse los mecanismos que regulan la biodiversidad a nivel espacial y temporal.

De acuerdo con Villareal *et. al.* (2004) por medio de los inventarios es posible evaluar la riqueza de especies en un sitio, la presencia y grados de endemismo de especies o bien si una disminución de abundancia de grupos o especies se debe al impacto de disturbios causados por el hombre. Pero es importante resaltar que las técnicas de muestreo deben seleccionarse cuidadosamente y establecer sus limitaciones para obtener información válida y representativa.

“Previo a cualquier monitoreo, es de gran ayuda contar con un inventario o registro de las especies presentes en el área de conservación” (Arévalo, 2001, p. 7).

1.4. Aplicaciones y ejemplos de monitoreo

El monitoreo ambiental y biológico es aplicado en diversas situaciones desde hace varios años, desde temas locales hasta implicaciones de carácter más universal.

El monitoreo de arrecifes coralinos ha sido empleado a nivel mundial para generar información sobre el estado y las tendencias del ecosistema,

convirtiéndose en las últimas décadas en una de las principales herramientas para evaluar su dinámica, salud, cambios y conservación, además de su deterioro gradual y generalizado. (Vega *et. al.*, 2011, p. 203)

Por ejemplo, al monitorear la presencia temporal y espacial de especies de gran tamaño dentro de un área de conservación, es posible evaluar el estado general de estas áreas protegidas. Jackson (citado en Arévalo, 2001) describe que la presencia de depredadores carnívoros de gran tamaño en un área protegida es un fuerte indicador del buen estado natural de dicha área, dado que este tipo de animales requieren extensas superficies para sobrevivir, por lo que tomando en cuenta este parámetro, puede esperarse que otras especies más pequeñas y relacionadas estén ocupando normalmente sus hábitats dentro de dicha superficie y se conserve el equilibrio natural del área.

Un ejemplo de la aplicación del monitoreo ecológico lo encontramos referido en Finegan *et. al.* (2004) quienes desarrollan conforme los estándares del Consejo Mundial Forestal, una guía de procedimientos prácticos y metodológicos de bajo costo, para el monitoreo ecológico de actividades forestales certificadas en bosques de alto valor ecológico en los trópicos.

Derivadas de esta misma metodología encontramos aplicaciones en otros estudios de la región centroamericana, como es el caso de Criado y Marín (2008), que utilizan un conjunto de indicadores biológicos y sociales para explicar una forma de conservación de la biodiversidad a la par del desarrollo humano en bosques montañosos de Costa Rica.

En su experiencia, utilizan la relación entre aves frugívoras y estructura del bosque como indicadores de la biodiversidad del lugar, asociándolos con indicadores sociales que representan los beneficios generados por el medio

ambiente a los grupos sociales presentes en las redes de participación organizacional. Estos indicadores ambientales y sociales en su conjunto pueden ser considerados para su uso en programas de manejo de recursos naturales y para monitoreo ecológico.

En México, el Programa Presupuestario U034 Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas (ANP) tiene como finalidad contribuir a la conservación de especies emblemáticas de flora y fauna silvestre mediante la ejecución de protocolos de monitoreo biológico en áreas naturales protegidas, que permitan diseñar las medidas de protección necesarias.

Estos protocolos son ejecutados por instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil, en estricto apego a las especificaciones publicadas, además el programa plantea como indispensable que sus indicadores deben ser claros, relevantes, económicos, monitoreables y adecuados, necesarios y suficientes y permiten medir directa o indirectamente el objetivo en cada nivel. Adicionalmente, “tienen medios de verificación oficiales e institucionales, con nombres que permiten identificarlos, permiten el cálculo del indicador y son públicos y accesibles a cualquier persona” (Nuñez, 2012, p. 4).

El Programa de Monitoreo de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR) es una iniciativa del Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica (SINAC/MINAET) y The Nature Conservancy-Costa Rica (TNC-CR). A través del conocimiento generado por un programa de monitoreo como el PROMEC-CR, se encuentra una de las vías principales hacia la institucionalización del aprendizaje que es parte clave del manejo adaptativo. Todas estas consideraciones sustentan el requisito establecido por la

Convención de Diversidad Biológica de que los países firmantes implementen el monitoreo de su biodiversidad a escala nacional.

1.5. Uso de indicadores y bioindicadores

Los indicadores ambientales son estadísticas claves seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sostenibilidad de los recursos naturales y las actividades humanas relacionadas. Enfatizan en tendencias en los cambios ambientales, los factores de estrés que causan esos cambios, cómo los ecosistemas y sus componentes están reaccionando a dichos cambios, y en las respuestas de la sociedad para prevenir, reducir o aminorar los factores de estrés.

Los indicadores ambientales incluyen indicadores sobre la calidad ambiental y aspectos de la cantidad y calidad de los recursos naturales; describen presiones sobre el ambiente causadas por actividades humanas; e indicadores sobre las respuestas de la sociedad. Los indicadores sirven para reducir la cantidad de medidas que son necesarias para una representación adecuada de la realidad. En consecuencia, la comunicación de los resultados de las medidas a los usuarios se simplifica considerablemente.

“Los indicadores son una herramienta de utilidad para los tomadores de decisiones en materia de política ambiental; además, proporcionan información concisa y sustentada científicamente, en una forma comprensible” (Castañeda y Turcios, 2002, p. 7).

La diversidad biológica o biodiversidad es un término que trasciende la diversidad de especies en un ecosistema determinado. Actualmente es utilizado para describir la variedad de formas de vida, sus roles ecológicos y la diversidad genética que contienen.

Debido a ello, la diversidad se ha visto como un concepto demasiado amplio y vago para ser aplicado en las regulaciones y el manejo de los problemas del mundo real. Por lo que se ha recomendado la utilización de Indicadores Biológicos o Especies Indicadoras, las cuales podrían contribuir a entender mejor el estado y las tendencias que existen en el contexto de la biodiversidad del ecosistema.

Las especies indicadoras son aquellas que pueden ser utilizadas para evaluar el estado de toda la comunidad, y se clasifican en cinco categorías: indicadores ecológicos, especies clave, especies modelo, especies sombrilla y especies vulnerables, las cuales pueden ser utilizadas para fines conservacionistas.

En cuanto a los indicadores CATIE (2000) una disminución paulatina y acelerada de estas poblaciones indicarán que el ecosistema presenta síntomas de degradación, lo cual debería traducirse en una acción rápida de manejo para determinar la causa de la sensible baja de las poblaciones de estas especies que han sido seleccionadas como indicadoras y formular las acciones que mitiguen o eliminen estos factores negativos.

El uso de especies indicadoras para el monitoreo de las condiciones ambientales es una tradición firmemente establecida en ecología, toxicología ambiental, control de contaminación, agricultura, manejo forestal y manejo de vida silvestre, así como para el estudio y monitoreo de sucesivos niveles de integración incluyendo biomas, ecosistemas, comunidades, poblaciones, organismos y a nivel celular y tisular.

Una de sus aplicaciones se refiere a la detección por medio de ciertas especies animales y vegetales, del incremento en la temperatura del aire como efecto del calentamiento anómalo en los océanos, lo que promueve la formación del fenómeno del niño, reconociendo que estos indicadores tienen una buena capacidad de reacción ante este tipo de fenómenos (Pounds *et. al.*, 1999).

Los indicadores biológicos o bioindicadores sirven para determinar la condición biológica de un ecosistema y pueden utilizarse como una medida de advertencia temprana de los efectos causados por la contaminación y degradación en los ecosistemas, ayudándonos a conservar recursos que pueden ser críticos. “Seleccionar un grupo de especies implica recopilar información previa que ayuda al diseño del plan de monitoreo. Además, permite profundizar más en los detalles de cada una de las especies seleccionadas para esta actividad” (Arévalo, 2001, p. 9). Además, Noss (1990) propone la utilización de indicadores para el monitoreo de la composición, estructura y función a múltiples niveles de organización de los ecosistemas.

1.6. Selección y uso de indicadores

Se han propuesto muchos procedimientos para seleccionar posibles especies indicadoras. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. Solía seleccionar especies indicadoras en función de su importancia percibida (valor económico, interés público, función ecológica) o porque se creía que actuaban como indicadores de un tipo de hábitat u otras especies en la comunidad que tienen requisitos similares. (Carignan y Villard, 2002, p.53).

En muchos casos resulta que las especies seleccionadas, pueden no representar muy bien las condiciones generales de los ecosistemas, o bien no

ser muy sensitivas a la predicción de cambios, de tal forma que no logran medir el posible deterioro de la integridad ecológica de un sitio.

Hutto (1998) por ejemplo, propone un método cuantitativo basado sobre la ocurrencia de las especies sobre una serie de tipos de hábitat previamente definidos, de tal forma que las especies restringidas a uno o pocos tipos de hábitats son más susceptibles a cambios y representan mejores indicadores que aquellas especies presentes en hábitats más generales. Kremen (1992), utiliza un método de ordenamiento mediante la técnica de análisis de correspondencia, en el que asocia especies de mariposas con tipos de hábitats que poseen distintas características (humedad, topografía e historia de perturbaciones) e identifica grupos de indicadores asociados con condiciones particulares. Dufrene and Legendre (1997) también proponen procedimientos estadísticos, incluyendo el ordenamiento y los métodos de agrupamiento, aplicados a ensambles de escarabajos asociados a tipos de hábitats particulares.

Hay cuatro puntos importantes a tomar en cuenta al elegir indicadores. Primero la pregunta central, ¿qué monitoreamos y para qué?, es fundamental para elegir los indicadores apropiados saber cuál es el propósito final del monitoreo; segundo, los indicadores deben responder a las preguntas específicas que a su vez se relacionan con el cumplimiento de leyes, normas, gestiones, políticas, planes, programas y acciones que se desarrollan en el sitio del monitoreo; tercero, todos los niveles de organización en los ecosistemas son susceptibles de aportar indicadores y la mejor alternativa es seleccionar varios indicadores que se complementen en el monitoreo para obtener una mejor respuesta.

La recomendación final de Landres *et. al.* (1988) es utilizar indicadores como parte de una estrategia integral de análisis de riesgos que se centre en

hábitats clave (incluyendo corredores, mosaicos y otras estructuras paisajísticas) así como especies. Tal estrategia podría incluir indicadores de monitoreo de la biodiversidad composicional, estructural y funcional en múltiples niveles de organización.

Finalmente, debemos tomar en cuenta que no existe un listado universal de indicadores que pueden aplicarse en todos los lugares, hay ciertos taxones que son referidos universalmente como buenos indicadores de la salud de los ecosistemas, pero muchos indicadores son específicos para ciertos ecosistemas, por lo que un buen indicador en un tipo de bosque por ejemplo no lo será para otro tipo de bosque distinto.

Un buen ejemplo para ilustrar este ejercicio se encuentra referido en Calle y Martos (2014), al desarrollar un manual de métodos de monitoreo para estaciones permanentes en el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, en Veracruz, México. Durante el desarrollo de su trabajo, ellos indican que le dan cumplimiento al Decreto que en el año 2009 declara esta zona arrecifal como área protegida mediante el registro de información del monitoreo, además cumplen con el objetivo del seguimiento biológico de los ecosistemas que debe realizarse en las Áreas Naturales protegidas planteado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y declarado en el Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación de la SEMARNAT.

Pero más importante, responden a su objetivo principal, ya que, con la evaluación de los indicadores utilizados en su protocolo de monitoreo, detectan cambios en la condición, abundancia y distribución de las especies seleccionadas y determinan los cambios más significativos de los componentes críticos del ecosistema, que luego sirven de base para establecer los planes y programas de conservación de estos recursos naturales.

Otro ejemplo del uso de indicadores biológicos lo encontramos en el Caribe, para la gestión de las actividades costeras, en este estudio, los indicadores se centraron en el monitoreo de ecosistemas particulares, especialmente en arrecifes de coral, algas marinas y bosques de manglares e incluyeron una serie de parámetros biológicos relacionados a especies particulares, grupos de especies y procesos biológicos.

Otra aplicación diferente de los indicadores biológicos es mencionada por Carey y Alexander (2003), en su artículo Cambio Climático y declinación de anfibios: ¿existe un vínculo?, donde discuten ampliamente sobre la sensibilidad de los anfibios a los cambios de factores climáticos como la humedad y la temperatura, la relación del cambio climático y sus efectos negativos sobre este grupo animal y la utilización de estos como indicadores biológicos de cambios sensibles que pueden afectar otras partes de los ecosistemas directa o indirectamente. Pounds *et. al.* (1999) ejemplifican esta sensibilidad y el uso de este grupo como indicador biológico, al encontrar una correlación de un patrón definido, la presencia de niebla seca en los bosques de las tierras altas costarricenses asociada con el declive y probable extinción de varias especies de anfibios.

Ahora bien, teniendo en cuenta que es necesaria alguna guía para la selección cuidadosa de los indicadores que debemos utilizar, existen algunos criterios que son citados por organizaciones y por algunos autores como útiles al momento de esta selección.

Una de las entidades pionera en la construcción de sistemas de monitoreo ambiental, la OECD (1996), indica que para la selección de indicadores estos deben cumplir con las características siguientes:

- Deben proporcionar una visión clara de las condiciones y presiones ambientales y las respuestas ante ellas.
- Sencillo y fácil de interpretar.
- Buena respuesta a cambios provocados en el ambiente.
- Aplicable a distintas escalas: nacional y regional.
- Comparable con valores establecidos.
- Técnica, teórica y científicamente bien fundamentado.
- Basado en consensos internacionales.
- Posible de relacionar con modelo económico vigente.

Además, los datos deben caracterizarse por estar disponibles, tener calidad, confiabilidad, estar documentados y ser actualizados con regularidad.

La selección y elaboración de indicadores ambientales hacen necesario definir un modelo que permita estructurar e integrar informaciones muy diversas y dispersas provenientes de varias fuentes. La integración de datos contribuye también, a revelar conexiones, efectos sinérgicos entre problemas y a poder estandarizar y normalizar conocimiento con otros trabajos encaminados al logro de objetivos similares. (Paramo *et. al.*, 1997, p. 27)

La importancia de los indicadores en programas de monitoreo a diversos niveles y escalas, determinando que los indicadores para monitoreo deberían poseer las características siguientes:

- Suficientemente sensibles: rápida advertencia sobre cambios.
- Distribución geográfica amplia: que permite ser aplicado con amplitud.
- Capaces de soportar amplios rangos o fuertes factores de estrés.
- De bajo costo, fácil medición, colección y cálculo.

- Diferenciar entre impactos naturales y antrópicos.
- Poseer relevancia y significancia.

Según Villareal *et. al.* (2004):

Criterios y sistema de evaluación para la selección de grupos indicadores (con énfasis en indicadores de diversidad):

- Taxonomía bien conocida y estable: las especies deben identificarse sin problemas.
- Historia natural bien conocida: esto da respaldo para la interpretación de resultados.
- Amplia distribución geográfica de los taxones superiores.
- Abundantes, de fácil observación y manipulación: localización rápida y fácil reconocimiento.
- Taxones inferiores con hábitats específicos y sensibles a cambios.
- Grupo altamente diversificado taxonómica y ecológicamente: grupo objeto con buen número de especies apropiado a escala de interpretación.
- Poca estacionalidad: poca fluctuación poblacional por causas naturales.
- Patrones extrapolables a taxones relacionados y no relacionados: que mediante la diversidad de un grupo se pueda predecir el comportamiento de otro a diversas escalas. (p. 26)

Como es difícil que muchos grupos puedan cumplir cabalmente con estos criterios, ellos propusieron el sistema de evaluación siguiente para seleccionar aquellos que mejor se ajustan a los objetivos planteados, en este caso asumiendo, que el objetivo más importante se sustenta en el criterio de

seleccionar aquellos grupos que muestren sensibilidad a cambios o disturbios antrópicos.

Primero: se categorizan los criterios en orden inverso de importancia, así:

- Taxón con amplia distribución y presente en diferentes ecosistemas
- Patrones de diversidad extrapolables a otros grupos
- Historia natural bien conocida
- Abundantes, de fácil observación y manipulación
- Taxonomía bien conocida
- Taxones especializados y sensibles a cambios de hábitat

Segundo: se calcula la importancia del grupo sumando los valores de los criterios y comparándolos con el valor máximo esperado, para este caso, el valor máximo sería $1+2+3+4+5+6 = 21 = 100 \%$. Entonces, si por ejemplo un grupo evaluado no cumple el criterio de abundantes, de fácil observación y manipulación, perdería 4 puntos y obtendría una puntuación de $1+2+3+0+5+6 = 17 = 80.95 \%$.

Tercero: se desarrolla previamente un criterio porcentual de clasificación, de tal forma que el valor porcentual obtenido es el índice que se utiliza para definir si el grupo evaluado es seleccionado como indicador. Por ejemplo:

- $>90 \%$ = muy buen indicador
- $75-89 \%$ = buen indicador
- $<74 \%$ = no se sugiere como indicador

Este índice es flexible, se pueden añadir otros criterios para evaluar con las justificaciones apropiadas y darles una categorización de importancia de acuerdo con los objetivos del estudio.

De manera general, los indicadores se elaboran para ayudar a los investigadores a simplificar, cuantificar, analizar y comunicar información a diferentes niveles de la sociedad sobre fenómenos complejos. El fin de los indicadores, es en últimas, reducir los niveles de incertidumbre en la elaboración de estrategias y acciones referentes al desarrollo de proyectos de investigación de monitoreo, medio ambiente, desarrollo, entre otras, y para permitir una mejor definición de prioridades y urgencias.

1.7. Factores para implementar un sistema de monitoreo biológico efectivo

En todo caso, debemos comprender que son muchos los errores que generalmente se cometen al no contar con una metodología estándar para el monitoreo biológico.

En su estudio de biodiversidad de las tierras bajas de la amazonía peruana, un muestreo inadecuado de diferentes biotopos nos puede llevar a conclusiones erróneas sobre la distribución de las especies y los valores de conservación de las diferentes áreas.

La falta de una metodología estándar da origen a, por lo menos, dos problemas importantes. El primer problema es que la falta de directrices en protocolos de monitoreo robustos y diseño de muestreo lleva a recopilar información que no satisface los objetivos para los cuales fue colectada. El segundo problema es que la falta de una metodología consistente que se

utilice uniformemente en todos los sitios no permite que se compare directamente la información sobre biodiversidad de los diferentes sitios y, por ende, no permite que se comprendan correctamente los patrones de biodiversidad a escalas espaciales mayores. (Puerta-Piñeiro *et. al.*, 2014, pp. 12-13)

Desde un punto de vista biológico, para los proyectos de conservación y desarrollo se han sugerido dos tipos de monitoreo: de impacto y de biodiversidad. El primer tipo involucra el entendimiento de los cambios en la diversidad biológica utilizando grupos indicadores. Para obtener una idea de los cambios en la diversidad biológica requerimos de indicadores complementarios desde el nivel regional del paisaje hasta el nivel genético.

El segundo tipo de monitoreo comprende la evaluación de las actividades humanas sobre aquellas especies que están siendo manejadas (madera, productos no maderables, pesca, entre otros.). Un diseño experimental simple incluye tres tipos de sitios: sitios con y sin regulaciones de manejo y áreas protegidas.

Ahora bien, frecuentemente se pregunta sobre ¿Qué se debe monitorear?, en realidad es necesario evaluar diversos niveles de organización biológica, desde aspectos macro como la dinámica del uso del suelo a nivel regional hasta aspectos micro como los genéticos. Pero a nivel de especies, es importante hacer monitoreo de aquellas que están siendo utilizadas económicamente (cedro, caoba, xate, guano, fauna cinegética), de especies exóticas (puercos, ganado, abejas africanas), de especies vulnerables (cocodrilos, tapir, felinos) y de especies indicadoras que proporcionen información temprana sobre cambios que de otra manera no serían detectados.

Si bien una de las necesidades del monitoreo es tener un método estandarizado que sea comparable año con año, su establecimiento y refinamiento incluye un período de experimentación que puede durar varios años. Es importante tener la flexibilidad para ir modificando el método durante la etapa inicial. (Galindo-Leal, 1999, p. 12)

En todo caso, es necesario comprender que cuando hablamos de monitoreo nos referimos a un proceso a largo plazo, para lo cual, aquellos que deseen aplicar deben tener muy en cuenta aspectos como la planificación del financiamiento, las necesidades del personal y del equipo para realizar sus distintas tareas.

Como condición inexorable, los proyectos, programas o sistemas de monitoreo deben tener diseños experimentales, es decir, es necesario definir temas como los controles, las réplicas, la selección al azar, el intercalamiento, la estratificación, la obtención de los datos y el tratamiento de los mismos para llegar a un resultado concreto y probado. De igual forma, luego de establecer el diseño experimental, es necesario tener diseños de muestreo claros y establecidos previamente a salir al campo. Muchos autores coinciden en que emprender un programa de monitoreo sin tener en cuenta las consideraciones de un diseño experimental y de muestreo es una gran pérdida de tiempo, energía y dinero. Entonces podemos indicar que estas dos consideraciones son esenciales para los programas y sistemas de monitoreo, sin importar el alcance, objetivo y extensión del proyecto a ser monitoreado.

El diseño experimental va a depender del objetivo de monitoreo, por lo que antes de iniciar este diseño debemos determinar con total certeza cuál es ese objetivo, ¿cuál es el cambio que estamos interesados en documentar?, ¿cuál es la pregunta principal que deseamos responder con él monitoreo? Debemos tener

en cuenta que el diseño experimental es la estructura lógica del ejercicio de monitoreo y que el mismo es necesario para poder establecer y distinguir entre las causas que provocan el cambio.

Los objetivos planteados para el monitoreo deben especificar aspectos como: la naturaleza de las unidades experimentales, el número de unidades experimentales necesarias (réplicas), el número y las clases de tratamiento, incluyendo lo referente a controles, definir las propiedades y respuestas que se medirán, la asignación de tratamientos a las unidades experimentales y la distribución espacial de cada tratamiento.

Las preguntas fundamentales de un buen diseño experimental son:

- ¿Qué individuos o grupos de organismos se usarán para el monitoreo?
- Ubicación de las unidades de muestreo: trampas, transectos, parcelas, registros visuales, acústicos, caminamientos, entre otros
- ¿Cuántas réplicas son necesarias?
- ¿Cuáles y dónde estarán ubicados los sitios de control o testigos?
- ¿Qué tan a menudo deben ser evaluadas las unidades de muestreo?

La segunda consideración se relaciona al diseño de muestreo. Una vez que hemos decidido que organismos se usarán para el monitoreo, necesitamos decidir el protocolo de muestreo. Es necesario definir la naturaleza, tamaño, forma y número de las unidades de muestras. (Galindo-Leal, 1999, p. 11)

En términos generales el desarrollo de un plan de monitoreo biológico debe acoplarse al siguiente orden:

- Definir para qué y por qué se va a implementar el Plan de Monitoreo.
- Recopilar información básica sobre el área a monitorear.

- Identificar los indicadores claves observables o mensurables.
- Diseñar el programa de monitoreo.
- Evaluar periódicamente los resultados para ajustar el programa o las prácticas de manejo.
- Analizar los comportamientos observados y recomendar acciones de manejo.

De manera más puntual podemos indicar que para poder implementar un buen sistema o programa de monitoreo biológico, debemos primero contar con un diseño experimental y luego con buenos diseños de muestreo, adecuados a cada uno de los grupos que se van a monitorear. Se debe estudiar previamente el área y sus condiciones de desarrollo natural, establecer su línea base para tener una buena referencia del monitoreo.

Posteriormente, se debe delimitar el área de estudio y los puntos específicos que se utilizarán para evaluar el sistema, establecer los medios con los que se deberá contar para cumplir con el programa, determinar los grupos que se utilizarán para la evaluación y las especies seleccionadas como indicadores, establecer claramente las metodologías de cada grupo y desarrollar las mediciones en campo.

Una vez obtenidos los datos, se procederá a su análisis integral, incluyendo las pruebas estadísticas previstas en el diseño, se utilizarán los medios computacionales necesarios y se generarán las conclusiones y recomendaciones necesarias sobre la base de los resultados obtenidos. Finalmente, se acompañará el proceso con las bases y colecciones de referencia, el resguardo apropiado de la investigación y su divulgación pública apropiada, que debe abarcar la mayor y mejor accesibilidad a los estudios de todo el público en general para hacer una debida divulgación y apropiación de los mismos.

1.8. Métodos y guías de Monitoreo: Modelos usuales aplicados en el mundo, modelos y técnicas utilizados en países megadiversos similares a Guatemala

Es indudable que durante el desarrollo y funcionamiento de un proyecto minero o de generación eléctrica, los impactos al ambiente y a los recursos naturales son evidentes y siempre existirán. Tanto durante la construcción de instalaciones como durante la operación de las mismas, los proyectos o actividades mineras y de generación eléctrica traerán consigo una serie de detrimentos a los ecosistemas naturales y una afectación en mayor o menor medida a las poblaciones de fauna y flora y a sus sistemas de interacción, creando desequilibrios pasajeros o permanentes y transformando las áreas naturales intervenidas y sus áreas de influencia.

Existen métodos y guías sobre monitoreo de tipo biológico en distintos programas y diversas áreas naturales en América Latina. Por ejemplo, el Manual de Métodos de CARICOM (1994), el Protocolo de AGRRA (2000), el Manual de Métodos del SIMAC Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (2002), el Manual de Métodos del Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM Sistema Arrecifal Mesoamericano (Belice, Guatemala, Honduras, México, 2003) y otros similares. (Calle-Triviño, 2013, p. 4)

Un programa de monitoreo debe proporcionar tres tipos de datos. En primer lugar, debe aportar información que permita estimar índices de abundancia de varias especies; en segundo lugar, debe estimar parámetros demográficos de al menos algunas de las poblaciones de esas especies; por último, debe proporcionar información sobre el hábitat, de manera que sea posible relacionar

la densidad y los parámetros demográficos de las poblaciones con las características de su entorno.

De acuerdo con Sanín *et. al.* (2006):

Resulta entonces absolutamente necesario tener en cuenta el estudio detallado de la biodiversidad en su composición y dinámica, antes de acoger acciones relacionadas con el aprovechamiento de la oferta ambiental; ante todo debe asegurarse la sostenibilidad y frente a la duda, siempre será mejor la precaución, en particular cuando se trata de una de las principales áreas de reserva hidrológica y de biodiversidad de la zona. (p. 28)

1.9. Modelos y técnicas más recientemente usados: Evaluación ecológica rápida e inventarios rápidos

A medida que la conciencia aumenta, muchas naciones han expresado interés en proteger su patrimonio natural. Pero la información completa y confiable acerca de los recursos naturales raramente ha estado disponible, especialmente en los países en desarrollo. Antes de que cualquier gobierno, comunidad o institución ambientalista pueda actuar para salvar los recursos vivientes de cierta región, debe primero descubrir cuáles son los recursos que ahí se localizan. De manera ideal, tales evaluaciones deben ser exhaustivas y detalladas. Sin embargo, dada la urgencia de la situación y los limitados recursos financieros disponibles, algo que fuera menos ideal—pero científicamente viable—se necesitaba con desesperación.

Hasta hoy, la respuesta principal a este problema ha sido la Evaluación Ecológica Rápida (EER), una metodología para el estudio de la diversidad biológica desarrollada por The Nature Conservancy durante los últimos diez

años. Las EER combaten la falta de información disponible acerca de la biodiversidad mediante la producción de información preliminar, integral y espacialmente explícita sobre distribuciones de especies y tipos de vegetación. Los inventarios biológicos rápidos tienen como meta agilizar acciones efectivas para la conservación en regiones amenazadas, las cuales poseen una alta riqueza y singularidad biológica.

La metodología de la Evaluación Ecológica Rápida (EER), conocida en inglés como Rapid Ecological Assessment (REA), fue desarrollada por TNC y sus socios, de la misma forma como se desarrolló el Programa RAP de CI (Cortez et al. 2018), para poder adquirir, analizar y manejar información ecológica de una manera eficiente y eficaz en un corto lapso de tiempo y a bajo. La metodología básica de la EER se ha mantenido esencialmente intacta, durante diez años se han visto realizadas unas 50 EER en una gran variedad de terrenos tropicales, la mayoría se han desarrollado en América Latina, pero también se han iniciado en partes de Asia y el Pacífico.

La EER está diseñada para proveer información científica preliminar de manera eficiente en un tiempo corto, con el fin de permitir a los administradores de tierras o personas a cargo de proyectos de conservación o desarrollo, tomar decisiones sobre ordenamiento y manejo adecuado de los recursos naturales. Los tres pasos más importantes del proceso de evaluación son: Revisión de información secundaria disponible (literatura), utilización de sensores remotos pasivos y activos (imagen de satélite y fotografías aéreas), información cartográfica (topográfica y censal) y verificación de campo apoyado con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que valida los dos puntos anteriores.

La EER es una metodología que ayuda a disponer rápidamente de información necesaria para la toma de decisiones relacionadas a la conservación de la biodiversidad en áreas críticas, es decir, en áreas poco conocidas, con una

alta biodiversidad, y/o en donde la biodiversidad se encuentra amenazada por la acción humana se puede ampliar con estudios EIA para conocer el impacto ambiental de actividades humanas sobre los ecosistemas.

En el proceso de la EER los productos de sensores remotos, tales como fotografías aéreas e imágenes de satélite se combinan con información existente para dirigir la adquisición de información biológica, ecológica y geográfica, mediante el muestreo estratificado en el campo. Se aplica la tecnología de SIG para poder manejar la información georeferenciada de una manera óptima, y para generar y analizar mapas producidos a través de la fotointerpretación y la comprobación de campo.

El análisis de las imágenes permite el desarrollo de una caracterización de los componentes biofísicos y antropogénicos en un área seleccionada. Tanto la integración de información de fotografías aéreas interpretadas con capas cartográficas temáticas adicionales, como la comprobación en el campo (el muestreo estratificado), ayudan a mejorar la calidad de la clasificación de los datos de la interpretación, necesaria para la planificación del inventario, monitoreo y conservación de la biodiversidad.

Hasta hoy día, la metodología de la EER ha sido utilizada exitosamente en Belice, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, EEUU, Guatemala, Honduras, Jamaica, Panamá, Puerto Rico y la República Dominicana.

Un ejemplo de su aplicación podemos encontrarlo en el estudio de los humedales del Riacho Kuaepoti-Villa Del Rosario de Paraguay, donde mediante la aplicación de la Evaluación Ecológica Rápida se estudió el estado y conservación de las áreas de humedales de la zona. Zotoloff-Pallais y Medina Fitoria (2005) desarrollan un estudio de EER en la región de Los Playones-Playa

Madera en Paraguay, para determinar un inventario preliminar de flora y fauna, así como la identificación de especies protegidas presentes en el área. Otro ejemplo de la aplicación de EER más extensivo lo encontramos en el estudio de zona RAMSAR de la diversidad de zonas costeras, marinas y aguas continentales, mostrando su aplicación en amplias zonas de estudio.

De acuerdo con Acevedo *et.al.* (2003), realizan un estudio de la biodiversidad en una región del Chaco basados en la metodología EER y desarrollan una evaluación ecológica rápida para el proyecto Uso de tecnologías de sensoriamiento remoto para la elaboración de tratados multilaterales para la gestión de ecosistemas. También en 2004, el programa USAID en Guatemala reporta la recomendación de ciertas entidades que estudiaron la Reserva de la Biosfera Maya, dentro de su programa ambiental, de la utilización de la EER para aumentar la calidad y cantidad de la información biológica base.

Finalmente podemos citar que en 2008 Figueredo Cardona y Acosta Cantillo, desarrollan en la Biosfera Baconao de Santiago de Cuba, parte de sus investigaciones de conservación de los cerros calizos costeros utilizando Evaluación Ecológica Rápida. Mientras que Moncaleano-Niño y Calvachi-Zambrano (2009) aplican la metodología EER con distintos taxones de la fauna silvestre del Lago de Tota en Colombia.

La metodología se ha utilizado o se ha pretendido utilizar con otros fines por otros autores, especialmente para su aplicación en programas de monitoreo biológico o ecológico, pero en realidad tomando en cuenta la naturaleza de su propósito inicial, esto no es lo más apropiado ya que el programa de monitoreo se entiende como un concepto más amplio y con mayor asignación de recursos que una evaluación rápida de los ecosistemas. Quizás su mayor valor en este sentido sería para el establecimiento de una línea base en los casos en que no

se cuente con dichos datos, para poder agilizar lo antes posible la implementación del programa de monitoreo biológico.

1.10. La matriz de Leopold y el monitoreo ambiental

Existen varios tipos de matrices que se han utilizado en la evaluación ambiental, la más común es la denominada Matriz de Leopold, la cual fue diseñada para la evaluación de impactos asociados a la mayoría de los tipos de proyectos de construcción, enumerando 100 medidas diferentes para los proyectos a lo largo de un eje y 88 características y condiciones ambientales a lo largo del otro eje, incluyendo aspectos de los entornos biofísicos y socioeconómicos.

La ventaja más evidente del uso de matrices en la evaluación ambiental es que proporcionan una representación visual fácil de entender respecto de todos los impactos ambientales involucrados, por algo son los métodos más utilizados en la evaluación de impacto ambiental, pero, además pueden tener otras aplicaciones en el seguimiento y control de dichos impactos.

Desde la especificidad del método, la Matriz de Leopold y, su naturaleza de doble entrada vincula filas de factores ambientales y columnas de acción que tendrán lugar con posibilidad de desencadenar impactos, por lo que visibiliza con claridad las variables del medio, y la relación causa-efecto que las envuelve.

Esta relación causaefecto puede mostrarse en forma muy satisfactoria con un esquema de matriz, es decir, con un arreglo de filas y columnas que en su intersección reflejan numéricamente si existe incidencia de la causa sobre el factor (primera etapa) y luego su valoración ponderada de acuerdo con una escala arbitraria comparativa (segunda etapa). (Coria, 2008, p. 127)

Sin duda, es necesario considerar una gran variedad de factores incidentes, así como los medios de recolección y análisis de esta información, la cual estará directamente referida a la complejidad y diversidad del objeto que sea estudiado.

En dicho sentido, la matriz de Leopold como un medio tradicionalmente aplicado a la evaluación ambiental, posee además las características necesarias para ser empleada como un medio de apoyo o como la base general de un sistema de monitoreo. De hecho, su desarrollo durante la evaluación ambiental establece por primera vez los posibles impactos ambientales que una actividad determinada puede provocar en el medio y en este sentido, se convierte en el primer referente de un sistema de seguimiento que pueda aplicarse a dicha actividad para la evaluación continua y permanente de la evolución y respuesta a estos impactos ambientales.

Un ejemplo claro de la aplicación de la matriz de Leopold como medio de monitoreo ambiental, referente a la utilización de esta matriz como posible sistema de monitoreo, para evaluar los impactos ambientales en la arquitectura patrimonial del Ecuador. Los autores del artículo citan:

El caso de la Matriz de Importancia y la Matriz de Leopold representa, en este sentido, una aproximación pionera. Al establecer un régimen para el análisis de los sistemas de impacto, desde un conjunto de juicios de valor metodológicamente contruidos, permite identificar los potenciales factores de desequilibrio, garantizando que los impactos de diversas acciones sean evaluados y considerados en la etapa de gestión integral de proyectos. (Aguirre *et. al.*, 2018, p. 21)

Pero este no es el único caso, la utilización de la Matriz de Leopold como medio de seguimiento y de monitoreo ambiental ha sido probada por otros

autores, como el caso de Walton (2003), que también utilizó dicha matriz como medio de monitoreo ambiental en aplicación a la conservación de monumentos nacionales en Nueva Zelanda y la inversión requerida para su protección. El cual establece que solo a través de sistemas efectivos de conocimiento integral del cambio de condiciones es posible construir decisiones racionales, eficientes, justas y consistentes para la asignación de recursos.

Es evidente, que la Matriz de Leopold tiene una aplicación más allá de la valoración ambiental inicial que se hace en los estudios de impacto ambiental, puede ser una herramienta valiosa en la aplicación del monitoreo ambiental, aunque su utilización hasta el momento es incipiente.

1.11. Cambio climático y monitoreo

Incrementando la problemática del deterioro que las actividades causan a los ecosistemas en las localidades específicas, debemos tomar en cuenta aspectos novedosos que ocurren en nuestro entorno a nivel global, como la situación del cambio climático.

Entre las amenazas principales que conlleva el cambio climático respecto a la biodiversidad figuran cambios posiblemente drásticos en la distribución geográfica de las comunidades naturales y las especies que se pretenden conservar en el sistema nacional de áreas protegidas y corredores biológicos.

Organizaciones como The Nature Conservancy (TNC) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN), abordan esta situación en diversos documentos y plantean en varios de ellos el diseño de estrategias para la adaptación al cambio climático mediante la

conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, en relación a la interacción de los recursos naturales con las necesidades humanas.

El cambio ambiental es una realidad innegable, que ha sido causado por nuestras actividades en el planeta y que ya está teniendo consecuencias de índole ambiental y económica. Trastoca los ecosistemas y especies, las áreas protegidas, los sistemas de producción y en general todas las actividades de manejo y conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. (March *et. al.*, 2010, p. 2)

Ellos describen a los ecosistemas como una infraestructura verde que contribuye eficientemente a frenar muchos efectos del cambio climático que impactan a las comunidades en su infraestructura, su producción y su entorno inmediato. Además, definen que uno de los enfoques principales de *The Nature Conservancy*, se refiere a la adaptación con base en los ecosistemas. Por lo tanto, una adaptación con base en los ecosistemas (conocida como *Ecosystem based Adaptation - EbA* por sus siglas en inglés), propone ayudar a las comunidades humanas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático mediante el uso apropiado de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Existen numerosos ejemplos sobre los efectos que el cambio climático causa a las especies naturales, los ecosistemas y los servicios que estos brindan en beneficio del hombre. Se ha comprobado que muchos insectos responden rápidamente a los efectos del cambio climático, por ejemplo, en el centro de España 16 especies de mariposas cambiaron sus rangos altitudinales en al menos 212 metros en un período de 30 años, debido al calentamiento climático y otros factores biológicos que conllevan a la pérdida de sus hábitats.

Dentro del proyecto de desarrollo de programas piloto para la adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del Sureste de México, elaborado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP, en conjunto con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), A.C. y *The Nature Conservancy* (TNC) -Programa para México y Centroamérica, se propone como una de las estrategias prioritarias optimizar el monitoreo de especies y ecosistemas, con lo cual se plantea dar seguimiento a los impactos causados por el cambio climático y a las medidas de manejo implementadas para tal adaptación.

Dentro de este monitoreo se considera fundamental el uso de indicadores biológicos, los cuales deben plantearse previamente, colocando como ejemplo, el registro sistemático de los ciclos de floración de plantas melíferas en la Selva maya, de las que depende la producción de miel, con la colaboración de los productores de miel de la región.

La necesidad de monitorear para posibilitar la adaptación al cambio climático es un tema que requiere un énfasis muy claro. El calentamiento del clima es un hecho inequívoco que trae consigo alteraciones en la cantidad y distribución estacional de las lluvias y en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos como huracanes, tormentas tropicales y El Niño. Además, la causa principal del calentamiento –el aumento de la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como el CO₂ y el óxido nitroso – representa una influencia adicional directa en la biodiversidad ya que puede estimular el crecimiento de las plantas y así, cambiar las interacciones ecológicas en comunidades. (Finegan *et. al.*, 2008, p. 69)

Los enfoques modernos de manejo de los recursos naturales reconocen y procuran institucionalizar dos hechos que no siempre han sido reconocidos con suficiente énfasis: en primer lugar, que los sistemas que se pretende manejar son muy complejos, poco conocidos y por ende tienen un comportamiento difícil de predecir, y segundo, que lo único constante en esos sistemas es el cambio. Entonces, existe consenso en cuanto a que el manejo de los recursos naturales debe ser adaptativo para tener posibilidades de éxito dentro del contexto de la complejidad, conocimiento inadecuado y cambio constante.

El manejo adaptativo provee los medios necesarios para manejar sistemas ecológicos y sociales dinámicos y complejos, ya que reconoce la incertidumbre inherente al proceso, identifica tendencias inesperadas e identifica y corrige los errores e impactos negativos de las medidas de manejo a través del aprendizaje continuo.

1.11.1. Aspectos legales e históricos de la aplicación del monitoreo biológico

Un programa de monitoreo “es una necesidad para un manejo efectivo de sistemas ecológicos complejos, cambiantes y poco conocidos” (Finegan *et. al.*, 2008, p. 67). Por ello, el monitoreo es un esfuerzo necesario para que un país avance hacia el cumplimiento de diferentes compromisos nacionales e internacionales, como el caso de sus propias leyes ambientales y convenios como la Convención de Diversidad Biológica, que incluyen las metas fijadas en determinadas fechas.

Hasta la fecha, un sin número de factores socioeconómicos, institucionales y financieros han dificultado el uso apropiado del monitoreo ecológico como

herramienta de manejo para la conservación, especialmente, pero no únicamente, en los países en desarrollo.

El mayor auge de los sistemas de monitoreo de los aspectos ambientales, incluyendo a la biodiversidad del planeta, se ha orientado fuertemente a los sistemas de indicadores. La mayoría de los países en el mundo se han introducido al sistema de monitoreo por indicadores que se desarrolló desde la década de los ochentas. Durante 1987 inicia el desarrollo de conceptos sobre indicadores ambientales en Canadá y Holanda.

En 1989 en la cumbre del grupo de países industrializados denominado Grupo de los Siete se resolvió, por sugerencia de Canadá como país miembro, concretar el desarrollo de indicadores ambientales en el contexto de integración del ambiente y las decisiones de la política económica global. Durante 1991 la OECD, publica su conjunto preliminar de indicadores ambientales para la república del Canadá, además de publicar un conjunto de indicadores para el gobierno Holandes.

En 1992 se celebra la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo; en su declaración se promueve el desarrollo de indicadores ambientales como una herramienta de evaluación sobre el desempeño ambiental de los países, y durante 1993 la División de Estadística de las Naciones Unidas, en conjunto con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, convocaron a una reunión consultiva de expertos en indicadores ambientales y de sustentabilidad, para discutir los avances en la materia, logrados por diferentes organismos.

Este mismo año se publica en Canadá un conjunto de indicadores ambientales que servirían para evaluar el desempeño ambiental del país. En

1994 la OECD publica su conjunto central de indicadores ambientales y se desarrolla la Conferencia sobre Ciudades Sustentables Europeas, marcando un paso de importancia para el desarrollo de conceptos y tareas relacionadas con la formulación de indicadores de sustentabilidad.

La experiencia internacional sobre desarrollo y operativización de indicadores ambientales, muestran que los gobiernos están dando importancia a la generación y evaluación de indicadores ambientales como instrumentos útiles en la toma de decisiones. Además, se ha incrementado el intercambio entre agencias de estadística y autoridades ambientales, a fin de difundir y sistematizar la información ambiental generada. Estas tendencias han hecho que exista una mayor participación de los distintos sectores sociales protagonistas en el desarrollo de indicadores ambientales, además de incrementarse la necesidad de su uso y el interés de dichos protagonistas en asuntos ambientales.

Los informes de OECD incluyen la información documentada sobre los indicadores de flora y fauna de 29 países en todo el mundo, agrupados por regiones que pertenecen a América del Norte, parte de Asia, Oceanía y casi toda Europa, incluyendo como indicadores frecuentes: plantas vasculares, aves, mamíferos, anfibios, reptiles y peces.

Ahora bien, existe una relación estrecha entre las normas y los indicadores que se desarrollan para un fin específico, concretamente Lammerts Van Bueren y Blom (1987) definen que estas normas son los valores que sirven de referencia para la evaluación del desempeño ambiental, comparándolas con el valor actual del indicador. Las normas vistas desde este ángulo pueden ser establecidas tanto en términos cuantitativos como cualitativos, lo cual dependerá de la naturaleza del propio indicador seleccionado, sin embargo, siempre será útil poder fijar valores mínimos y máximos de aceptación.

Las normas cumplen entonces, con la función de proporcionar información sobre el cumplimiento de un indicador evaluado y poder a partir de esta información, generar las acciones necesarias para la atención de la situación particular.

Finalmente podemos indicar que, adoptados por los 193 Estados Miembros de la ONU, el 25 de septiembre de 2015, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron aceptados como objetivos mundiales que seguirán a los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Los ODS darán forma a las políticas de desarrollo en los próximos 15 años y para su cumplimiento, es necesario que exista una atención especial al tema del medio ambiente como base de los mismos.

2. MONITOREO BIOLÓGICO EN EL ISTMO CENTROAMERICANO Y EN GUATEMALA

En Guatemala y Centroamérica existen diversos proyectos con aplicación de monitoreo biológico, especialmente referidos a las áreas de conservación como las reservas de flora y fauna y las áreas protegidas. Galindo-Leal (1999), desarrolla la conceptualización de monitoreo biológico aplicado en el primer capítulo de un estudio de monitoreo biológico de la selva maya. Instituciones ambientalistas y organizaciones no gubernamentales en Guatemala, como Fundaeco o Defensores de la Naturaleza, desarrollan monitoreo de tipo biológico en determinadas áreas de conservación a su cargo como es el caso de la Reserva Natural Cerro San Gil o la Reserva de la Biosfera de la Sierra de las Minas.

En El Salvador, Herrera *et. al.* (2005) utilizaron las técnicas de monitoreo biológico para estudiar un conflicto en una zona residencial del Antiguo Cuscatlán, en la cual se estableció un área de anidamiento del perico verde centroamericano (*Aratinga strenua*), fuera de su contexto natural. Al realizar el estudio, se pudo comprobar que el desplazamiento de las bandadas de pericos y su establecimiento en una nueva zona de anidamiento, se debieron a la modificación de las condiciones ambientales y ecológicas de una finca cercana, que era el corredor natural de estas aves.

Jolón (1999) en su trabajo de investigación para establecer una línea base de información de biodiversidad del bosque manejado en San Miguel La Palotada en el departamento de Petén en Guatemala, establece la necesidad indispensable de ejecutar un programa de monitoreo, con la finalidad de

establecer los cambios que afectan al ecosistema del Corredor Biológico Mesoamericano respecto a la extracción de madera del bosque y los efectos que esta actividad humana tiene sobre la biodiversidad y el equilibrio ecológico del área.

Ahora bien, Jolón Morales menciona un aspecto que es necesario para poder realizar un programa efectivo de monitoreo y es el establecimiento de una línea base, definida esta como el estado natural inalterado de un sitio o lugar previo a la intervención de la actividad humana en el sitio. Es decir, la línea base describe las condiciones que existen en un lugar antes de ser intervenido por alguna actividad antrópica.

De hecho, esta es la base de la necesidad de establecer los programas de monitoreo, sobre todo de monitoreo biológico, ya que es indispensable saber cómo se ve afectado un sitio por una determinada actividad humana, cuanto cambia el ecosistema y a que tasa de cambio se dan las modificaciones, para poder establecer las medidas necesarias para su conservación.

En Nicaragua, Zea *et. al.* (2005) realizan la aplicación de monitoreo ecológico para un estudio económico desarrollado en bosques húmedos tropicales certificados en la RAAN, que se refiere a bosques con alto valor ecológico, pero con enorme potencial de aprovechamiento forestal mediante un manejo apropiado. Henríquez (2004) desarrolla en su trabajo de tesis de grado, una propuesta para implementar un sistema de monitoreo utilizando especies indicadoras en el sector Los Andes del volcán Santa Ana en El Salvador.

Para este caso él escoge 8 especies de reptiles y 2 de anfibios como indicadores para el monitoreo biológico del área, atendiendo a criterios de sensibilidad para predecir cambios en el ecosistema y a la facilidad de muestreo

en la zona. Estos grupos y especies elegidas se consideran buenos indicadores de perturbaciones físicas, químicas, biológicas y antropogénicas.

Otro ejemplo del uso y aplicación del monitoreo biológico en Guatemala es provisto por García *et. al.* (2011) en su estudio de las aves asociadas a masas emergentes de tul (*Schoenoplectus californicus: Cyperacea*) en tres municipios de Sololá en la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán. En su desarrollo, se documentaron registros de las aves asociadas a las especies acuáticas de tul del lago como un insumo para el diseño de una estrategia de monitoreo biológico.

También indica el documento, que organizaciones de gobierno y de la sociedad civil se encontraban diseñando herramientas para el manejo y monitoreo de estos recursos, por su importancia natural, social y cultural.

Adicionalmente a los temas anteriormente descritos, existen acciones de desarrollo y aplicación de protocolos de monitoreo biológico en Guatemala, referidas a reservas naturales y áreas protegidas, que compilan una serie de técnicas y métodos de monitoreo para diferentes taxas en su publicación *Monitoreo Biológico en la Selva Maya*.

Ahora bien, existen diversos ejemplos de intentos en la aplicación del monitoreo biológico en Guatemala en proyectos de explotación minera y de generación eléctrica, aunque no se refieran exactamente con este título, pueden variar al referirse a ellos como monitoreo ecológico, monitoreo de diversidad, inventarios de flora y fauna, línea base, entre otros. Por ejemplo, el monitoreo en el Área de Influencia Directa (AID) del Proyecto Minero El Escobal, presentado ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en 2013 como parte del cumplimiento de sus compromisos ambientales, enuncia en una de sus partes

que el monitoreo del proyecto minero El Escobal, es de suma importancia para detectar cambios naturales asociados a actividades antrópicas, ocurridos en las poblaciones biológicas de flora y fauna presentes en el.

Así, el análisis periódico de los resultados de la riqueza y/o abundancia de las especies o poblaciones biológicas identificadas en el AID durante las diferentes épocas de monitoreo, y de los datos sobre los cambios temporales en el estrato edáfico y condiciones ambientales del sitio de muestreo, se encuentra encaminado a la conservación y manejo de la vida silvestre del proyecto.

Otro caso de aplicación del monitoreo biológico se refiere al estudio de los bosques nubosos de Guatemala, los cuales se encuentran amenazados por la expansión de la agricultura, la extracción minera, la tala de árboles para madera y la extracción de plantas y animales. En enero de 2014 la empresa INBIOL presentó ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales el estudio denominado Inventario Faunístico y Florístico de las Hidroeléctricas Renace I y Renace II, Informe de Biodiversidad, como parte de sus instrumentos de monitoreo en la operación de estos proyectos, los cuales se desarrollan precisamente dentro del bosque nuboso guatemalteco.

Dentro del estudio, realizaron un inventario de flora de los bosques que rodean al proyecto, un estudio de coleópteros como indicadores del estado del lugar, un estudio de aves y de mamíferos menores y medianos. Esta es una experiencia válida como monitoreo biológico desarrollado en el país en años recientes, aunque con un enfoque y alcance muy limitado para sus propósitos finales.

2.1. Aspectos legales del Monitoreo Biológico en Guatemala

Para determinar con claridad la implicación legal del monitoreo en Guatemala, es necesario primero esclarecer algunos asuntos semánticos de la acepción que tiene este concepto. El uso del vocablo monitoreo en Latinoamérica está directamente influenciado por el término inglés, que no tiene una traducción precisa al español. Dentro del idioma español, la acepción más cercana al término monitoreo y que se considera como más adecuada a su aplicación práctica es el término seguimiento.

Un monitoreo es un seguimiento sistemático y periódico de la ejecución de una actividad, que busca determinar el grado en que su desenlace coincida con lo programado, con el fin de detectar oportunamente deficiencias, obstáculos y/o necesidades de ajuste de la ejecución.

El Banco Mundial define como seguimiento la evaluación continua de la ejecución de los proyectos en relación con un programa acordado. En este caso, el seguimiento proporciona información continua a los administradores del proyecto y a otros interesados, retroalimentando la ejecución del mismo. El seguimiento permite identificar con prontitud el éxito o las dificultades, reales o potenciales, de un proyecto o programa, de tal forma que pueda facilitar la oportuna modificación de aquellos aspectos de operación del proyecto que no estén funcionando o respondiendo al interés previamente trazado para este.

El seguimiento es una acción permanente a lo largo del proceso de los proyectos y permite una revisión periódica del trabajo, tanto en eficiencia del manejo de sus recursos como en eficacia del cumplimiento de sus objetivos propuestos.

Rodríguez *et. al.* (2002), describen el seguimiento como la observación, registro y sistematización de los resultados del monitoreo en términos de los recursos utilizados, las metas intermedias cumplidas, los tiempos y presupuestos previstos, las tácticas y la estrategia, que determinan el avance del proyecto en su conjunto y los ajustes que deben realizarse al mismo.

Monitoreo es pues, una palabra importada a la lengua española y seguimiento es una palabra castellana que, aunque en realidad no tienen exactamente el mismo significado, son muy parecidas en su aplicación y varios autores las consideran como sinónimos de una misma acción, observar cómo se comporta una actividad continuamente para evaluar si al final se cumple o no.

El monitoreo, más correctamente llamado en español seguimiento, podría definirse como la medición periódica y sistemática del cambio que sufre un indicador en el tiempo. Puede ser una colección de observaciones continuas, de estudios, muestreos y registros geolocalizados que permite establecer una base para la medición de parámetros con el fin de evaluar el comportamiento de un problema específico en un lugar y en un tiempo definido. Generalmente se busca que su metodología permita estandarizar y normalizar el almacenamiento, procesamiento y presentación de sus datos con la finalidad de hacerlos comparables tanto a nivel interno como externo.

Bajo este contexto, debemos indicar que el término seguimiento, aunque no se menciona directamente, se encuentra implícito en lo que corresponde a nuestra Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86 y sus reformas, dado que en su artículo 10 menciona que se realizará vigilancia e inspección sobre los aspectos ambientales que le competen a dicha Ley, por lo que, para cumplir con la evaluación sobre la vigilancia e inspección, el seguimiento o monitoreo es indispensable. Por otro lado, el término seguimiento

si es incluido plenamente en el Acuerdo Gubernativo 137-2016 que corresponde al Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental vigente y que desarrolla toda la conceptualización sobre las acciones de control y seguimiento ambiental que debe dársele a todo tipo de proyecto, obra, industria o actividad dentro de Guatemala. De hecho, el término seguimiento aparece desde el primer Reglamento concerniente a la materia, en el Acuerdo Gubernativo 23-2003 Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Original.

Con base en estos antecedentes, aunque no se definen específicamente las acciones del monitoreo como un programa o un sistema, y aunque se presentan lamentablemente muchas debilidades respecto a sus funciones por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, incluyendo la falta de guías o términos de referencia claros sobre los aspectos directamente biológicos, es indudable que existe la conceptualización básica para poder amparar y desarrollar programas de monitoreo biológico apegados al espíritu de la Ley ambiental guatemalteca.

Adicionalmente, es importante señalar que Guatemala es quizás una de las signatarias que más convenios de carácter internacional ha firmado y ratificado, incluyendo ampliamente los temas ambientales. De hecho, cabe señalar que en el mes de diciembre del año 2016 Guatemala ratifica su suscripción al Acuerdo de París de las Naciones Unidas del 2015, que determina la urgencia de conservar y proteger los recursos en la lucha contra el cambio climático, para lo cual mencionan la vigilancia y evaluación de los recursos, que solo puede ser posible mediante programas de monitoreo establecidos científicamente y técnicamente. Bajo esta perspectiva, es procedente impulsar todos los esfuerzos necesarios para la utilización de las mejores y más variadas herramientas para la preservación y protección del ambiente y sus recursos naturales en Guatemala, dentro de las cuales los sistemas y programas de monitoreo biológico son parte

fundamental e indispensable para controlar y resguardar los sistemas ecológicos y sus servicios y beneficios ambientales a la población guatemalteca y su aportación a la situación del planeta.

2.2. Condiciones de ejecución y presentación de los estudios sobre monitoreo biológico a nivel nacional para proyectos de generación eléctrica, mineros y similares, su utilización y alcances

Respecto a las condiciones de ejecución y presentación de estudios sobre monitoreo biológico a nivel nacional, los proyectos de mayor envergadura se han visto empujados desde el inicio de la creación de una institución rectora del tema en el país, hablamos en este caso de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que surge posterior a la creación de la Ley, como una dependencia de la Presidencia de la República, a tener que desarrollar y presentar como parte del cumplimiento de sus compromisos ambientales, estudios de monitoreo ambiental y biológico sin contar con términos claros de referencia.

Se puede observar en algunos de los instrumentos ambientales de la década de los 90, instrucciones, recomendaciones o compromisos directamente redactados hacia los proyectos presentados, para que realizarán estudios ambientales y biológicos que necesariamente necesitarían sistemas o programas de monitoreo para cumplir. En ese entonces, incluso la redacción era sumamente burda y los conceptos poco aceptables y conocidos, merced a lo cual no existen registros fiables de que se hayan presentados estudios de esta naturaleza ante la Comisión.

Con el tiempo y el cambio de institucionalidad, en el año 2000 es creado el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, los conceptos se han afinado y se han ampliado en su aplicación, sin embargo, la situación de los proyectos como

el caso de los de generación eléctrica o mineros, que son de los de mayor impacto, no ha cambiado. Se sigue exigiendo dentro de los compromisos ambientales, aunque ahora si con nombre y apellido, la ejecución y presentación ante el ministerio de estudios de monitoreo ambiental y biológico, algunas veces con términos variados e incluso confusos como: monitoreo ecológico, monitoreo de biodiversidad, monitoreo de especies de flora y fauna, inventarios biológicos, inventarios de flora y fauna, estudios biológicos, estudios de vida silvestre, entre otros. Prácticamente todos en referencia a los mismos contextos y conceptos.

Incluso hablamos ahora, que en las resoluciones ambientales se colocan específicamente compromisos que hacen referencia ya no solo a estudios de monitoreo, sino a programas de monitoreo que deben ser implementados y llevados a cabo por los proponentes al obtener una licencia ambiental aprobatoria.

En este marco legal e institucional, donde no existen desarrolladas guías o términos de referencia por parte del Ministerio para orientar la ejecución, desarrollo y evaluación de estas actividades, los proponentes encuentran diversas excusas para realizar los estudios bajo sus propios términos pseudocientíficos en el mejor de los casos, ya que en su mayoría simplemente ignora su realización violando con ello la Ley, ejecutan cualquier tipo de estudio y bajo diversos títulos y los presentan al Ministerio como cumplimiento de lo solicitado, el cual ante la falta de especialistas la mayoría de veces ni siquiera los revisa y no los aprueba, quedando en un limbo técnico y legal.

Lo anterior representa graves problemas a todo nivel. En primer lugar documentalmente los estudios presentados no llenan las calidades técnicas y científicas necesarias para ser considerados como aceptables, no se observan verdaderos estudios de monitoreo ambiental y biológico, con lo cual no se

cumplen los aspectos legales ambientales en el país y los proponentes pueden enfrentar serios problemas como el pago de multas, sanciones por resarcimiento, inhabilitación o clausura de sus proyectos, hasta enfrentar procesos civiles y penales por delitos ambientales.

Por otro lado, más grave aún, es saber que, al no llevar estos programas de monitoreo, los proyectos están prácticamente a ciegas sobre el control de los impactos que causan al medio natural y a los recursos, no solo es la violación de la Ley, pero los impactos son reales y conllevan la destrucción o el deterioro de los recursos, la pérdida de los ecosistemas y de los servicios que brindan y enormes pérdidas económicas al país en beneficio de unas pocas empresas. Las mismas empresas pueden verse afectadas por esta situación, porque al no contar con estos controles, pueden estar perdiendo sin saber recursos que también podrían aprovechar para mejorar, incrementar o alargar sus ingresos.

De cualquier manera, la ejecución y presentación de estudios de monitoreo biológico en el país, se percibe como una situación desordenada, poco confiable, sin bases técnicas y científicas, sin control por parte de la autoridad a quien compete y sin utilización práctica de la herramienta por parte de los proyectos productivos. Las únicas experiencias reales, confiables y ciertas de la aplicación y desarrollo de estudios de monitoreo biológico en el país, provienen de la parte académica, con estudios realizados en su mayoría, sino totalmente, en las áreas de reserva y de protección en Guatemala.

2.3. Principales dificultades a resolver

Tal como se indicó anteriormente, los problemas que enfrenta la aplicación del monitoreo biológico en proyectos productivos de alto impacto en Guatemala pasan por el desorden administrativo y el desconocimiento técnico de la entidad

rectora del ambiente en el país. El MARN, no tiene guías claras sobre el desarrollo de las técnicas apropiadas para desarrollar programas de monitoreo ambiental y biológico, aunque si lo exigen dentro del cumplimiento de sus compromisos ambientales al otorgar una licencia.

Esto coloca a los empresarios y proponentes ante una grave situación, técnica y legal, no tienen orientación precisa y clara para poder desarrollar estos programas y cumplir así, con lo que por ley les exigen. El primer problema es institucional, hasta que el Ministerio no pueda desarrollar las capacidades y las herramientas necesarias para atender esta situación, los empresarios, proyectos y proponentes estarán desamparados de información y de reglas claras para desarrollar programas de monitoreo biológico y ambiental.

Por otra parte, también debemos reconocer que las grandes empresas y corporaciones que tiene capacidad económica suficiente para desarrollar estos programas de monitoreo tampoco quieren hacerlo. Muchas veces porque el propio sistema no los exige, otras mucho peor, porque sabiendo de los grandes impactos que causan a los recursos naturales prefieren esconderlos, callarlos intencionalmente para no enfrentar las consecuencias y tener más utilidades.

Finalmente, ¿quien se da cuenta de lo que pasa si todos parecemos ciegos a la situación del deterioro ambiental? Se maquilla la situación, se hacen estudios que parecen bonitos pero que son inútiles, que no aportan porque son falsos o han amañado sus datos. El segundo problema es empresarial, es necesario alcanzar una conciencia ambiental suficiente por parte de las empresas.

Debemos establecer reglas más claras para el desarrollo de los programas de monitoreo biológico, porque son indispensables para la protección y conservación del ambiente. El MARN debe regular y estandarizar sus procesos,

tener reglas claras y desarrollar los instrumentos necesarios para orientar los procesos en el país. Se debe interpretar correctamente la Ley y se debe fortalecer reglamentariamente para que los empresarios tengan referencias concretas sobre lo que deben hacer y cumplir, pero también sobre las consecuencias que tendría esto al no cumplir sus compromisos ambientales responsablemente.

El sistema general debe modernizarse, el personal del Ministerio debe capacitarse y adquirir mayor calidad profesional. Las guías deben desarrollarse y ponerse a disposición de los usuarios. Los empresarios deben tener mayor amplitud para cumplir con un desarrollo limpio y sostenible de sus actividades productivas, acatar la ley y saber que no deben cometer delitos contra el ambiente porque serán penalizado. Y finalmente, la sociedad en general debe ser informada y concientizada para que apoyen los procesos de monitoreo desde sus lugares, contribuyendo así a la vigilancia y evaluación de las actividades y de los posibles impactos que puedan causar al ambiente.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

A continuación, se presentará el desarrollo metodológico de la investigación

3.1. Justificación

Actualmente, no existe en Guatemala un modelo que sirva de guía para que los proyectos de generación eléctrica y mineros que se desarrollan en su territorio, lleven a cabo un monitoreo sistemático de sus aspectos biológicos, como un punto relevante en la consideración de posibles impactos ambientales que estos proyectos ocasionan en su fase de funcionamiento y las posibles medidas preventivas, correctivas y de compensación que pudieran aplicarse de manera oportuna desde dichos proyectos en beneficio de la conservación y protección ambiental.

Además, no existen este tipo de guías e instrumentos en auxilio del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, que trabaja de forma totalmente empírica estos temas y sin fundamentos teóricos sólidos, sin capacidad científica y sin noción de la verdadera utilidad de este tipo de herramientas. Por otra parte, las empresas que desarrollan los proyectos tampoco poseen un marco real y formal para poder desarrollar este tipo de estudios, ni cuentan con el apoyo del propio Ministerio en este sentido, que incluso les exige arbitrariamente este tipo de estudios sin definiciones claras y sin guías ordenadas.

El esfuerzo de este trabajo, está encaminado a desarrollar una guía para la realización de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, que sirva como herramienta en la formación de un

sistema o programa de evaluación, vigilancia y seguimiento de los posibles impactos ambientales que puedan ocasionar estos proyectos a sus áreas de influencia, con la utilización de metodologías alternativas ampliamente validadas y reconocidas tanto nacional como internacionalmente, de tal forma que puedan adaptarse y utilizarse para la realización práctica de estudios con probado rigor científico, que puedan ser aceptados como base para la posible aplicación de medidas de prevención, mitigación y/o compensación ambiental de dichos proyectos

3.2. Alcances

El presente trabajo de investigación está dirigido en primer lugar para atender la necesidad de crear una guía de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, por lo que estará enfocado principalmente en atender este tipo de proyectos. Sin embargo, podrá posteriormente ser modificada para ser aplicada a cualquier tipo de proyectos que requiera este tipo de herramientas de seguimiento.

El estudio realizado y la guía para monitoreo biológico, que finalmente es el resultado del mismo, podrá aplicarse en cualquier lugar del ámbito guatemalteco, dentro del territorio nacional y podrá abarcar cualquier tipo de proyecto de generación eléctrica, y cualquier categoría de extracción o explotación minera.

El trabajo será de beneficio tanto para los empresarios, sector público interesado en el desarrollo de este tipo de proyectos, como para la institución encargada del tema que rige la conservación y protección del ambiente en Guatemala, que es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, quien podrá incorporar este material tanto a sus términos de referencia como a sus

instrumentos de control, monitoreo y seguimiento para los proyectos que evalúa en torno a los temas de generación de energía eléctrica y proyectos mineros.

El trabajo también podrá apoyar los esfuerzos de la comunidad científica en el estudio del monitoreo biológico aplicado a diversas actividades y proyectos, tanto en Guatemala como en otras partes del mundo, aportando información valiosa para académicos, investigadores y estudiantes que se interesen en la utilización del monitoreo biológico como herramienta para la conservación, protección y manejo de los recursos naturales, para la preservación de los ecosistemas, la biodiversidad y las funciones y beneficios que el ser humano obtiene de ellos. Igualmente, para despertar la conciencia individual y colectiva sobre la importancia de hacer compatible las actividades productivas con los recursos que son de todos y volver más racionales las experiencias de aprovechamiento de estos recursos naturales, haciéndolos perdurables y sostenibles para las futuras generaciones.

3.3. Metodología

Para el presente trabajo, la metodología utilizada combina aspectos tanto cuantitativos como cualitativos. En su primera parte se tabularon datos sencillos de manera ordenada, por tipo de proyecto respecto a generación de energía y de extracción minera, y por año, tomando como referencia para el período de análisis del año 2000 al año 2014, de los registros revisados en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se utilizó estadística descriptiva básica y el empleo de tablas y gráficas para la presentación de datos y resultados.

Para el análisis del tema específico de este estudio, sobre el concepto y manejo del monitoreo biológico por parte del Ministerio y de los proponentes de instrumentos ambientales, se estableció determinar en aquellos proyectos que

fueron aprobados y obtuvieron una resolución ambiental favorable y una licencia ambiental, en cuantos de ellos aparecen compromisos ambientales contenidos en sus resoluciones o en los propios instrumentos (planes de gestión ambiental), que hacen referencia a monitoreo ambiental y monitoreo biológico por aparte.

En una segunda parte, el estudio consta de una amplia revisión de literatura sobre los programas, sistemas y técnicas de monitoreo biológico aplicados internacionalmente, contrastada con los estudios de caso seleccionados de los registros del MARN sobre monitoreo biológico o similares, con lo cual se generó un documento de contenido mínimo que sirvió de referencia para el desarrollo final de la guía de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

En su parte final el estudio desarrolla y presenta, con base al análisis de resultados de sus fases anteriores, un documento de guía sugerida para la realización de programas o sistemas de monitoreo biológico, aplicados a proyectos mineros y de generación eléctrica en Guatemala.

3.3.1. Compilación y revisión de expedientes ambientales de proyectos mineros y de generación eléctrica del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales del año 1994 al año 2014

Como una referencia histórica sobre la situación de los proyectos y su presentación ante la institución de turno, que para antes del año 2000 correspondía a la antigua Comisión Nacional del Medio Ambiente, se compilaron y revisaron los expedientes ambientales presentados del año 1994 al año 1999. Se tomó este lapso de referencia, ya que los expedientes más antiguos documentados encontrados en el Archivo General del Ministerio de Ambiente y

Recursos Naturales corresponden a 1994 y el año 1999 corresponde al año anterior a la creación y entrada en funcionamiento del actual Ministerio.

Debido a posibles irregularidades en las condiciones de los expedientes, derivado principalmente de su antigüedad y cantidad, se tomó la decisión de no incluir dichos datos en el análisis estadístico correspondiente sobre el tema de monitoreo biológico respecto a proyectos mineros y de generación eléctrica presentados ante el Ministerio, describiendo solamente la situación histórica de estos documentos y los posibles indicios de referencia sobre el monitoreo ambiental y el monitoreo biológico en ellos.

Para el análisis sobre el tema específico, se utilizaron los datos del año 2000 al año 2014, un período de 15 años, dentro de los cuales se obtuvieron los números totales de proyectos presentados por año de ambos tipos, generación eléctrica y proyectos mineros. Los expedientes que fueron aprobados, en ambos tipos, fueron revisados completamente incluyendo los instrumentos y las resoluciones que contienen sus compromisos ambientales, para detectar la obligación de realizar monitoreo de algún tipo.

Se encontró que, dentro de los expedientes y sus resoluciones, los términos monitoreo ambiental y monitoreo biológico fueron los más mencionados, otros términos como monitoreo ecológico, de biodiversidad, entre otros, fueron tomados como sinónimos de monitoreo biológico. Con estos datos se determinó en cuantos de los proyectos aprobados se tenía la obligación de realizar monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico por parte de los proyectos, haciendo la observación, que cuando se refieren a monitoreo ambiental, generalmente hacen referencia a un monitoreo que incluye la parte biológica y los parámetros abióticos.

3.3.1.1. Situación de los proyectos antes de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: Proyectos presentados de cada tipo de 1994 a 1999

En este punto se obtuvieron los proyectos de generación eléctrica y mineros, que durante el período anterior a la creación del Ministerio fueron presentados a la anterior autoridad, la Comisión Nacional del Medio, que estuvieran plenamente documentados en el archivo general del Ministerio. Lamentablemente es muy poco lo que pudo obtenerse, solamente algunos archivos entre 1994 y 1999, debido a que los registros históricos son limitados y las condiciones físicas de los expedientes en el propio archivo no garantiza su integridad encontrándose con bastante deterioro mientras más antiguos son los documentos.

Los datos fueron obtenidos y tratados con reserva, entendiendo que no son representativos de las estadísticas reales del período en mención y solamente sirvieron como evidencia de la mención general del tema investigado de forma histórica precisamente, pero sin ser incluidos en el análisis estadístico del tema

- Situación de los proyectos después de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales: proyectos presentados de cada tipo del año 2000 al año 2014.

En este punto, fueron seleccionados específicamente los proyectos de generación eléctrica y mineros, presentados ante el Ministerio durante el período 2000-2014, abarcando 15 años desde la creación del Ministerio.

Para el análisis del tema, se obtuvieron primero datos sobre el número de proyectos de generación eléctrica y aprovechamiento minero presentados en cada año ante el Ministerio, se excluyen de este análisis aquellos proyectos relacionados únicamente con el procesamiento o transformación industrial de los minerales extraídos o materiales relacionados con la minería, plantas de fundición, metalúrgicas, centros de acopio o venta.

También, aquellos proyectos sobre fabricación, distribución o almacenamiento de combustibles, incluyendo si estos combustibles son utilizados por proyectos de generación eléctrica o de aprovechamiento minero, por no ser el tema central elegido para evaluar.

Con estos datos, se elaboraron cuadros, tablas y gráficas para la presentación de los resultados y se aplicó estadística descriptiva para explicar el comportamiento de dichos datos y de los fenómenos relacionados con esta primera fase

- Análisis estadístico de la serie de tiempo de los proyectos presentados de cada tipo del año 2000 al año 2014 en relación con el monitoreo biológico.

Para el análisis sobre monitoreo biológico, se compilaron y analizaron los documentos correspondientes a instrumentos ambientales presentados desde el año 2000, fecha de creación del Ministerio, hasta el año 2014, abarcando un período de análisis de 15 años. Se ha elegido el año 2014 como fecha última del análisis, por ser el último año en el cual se tienen casi completos los registros sobre los proyectos en el archivo general del Ministerio, ya que debido a la lenta burocracia de sus procesos y a su sistema poco técnico para la evaluación de los proyectos, muchos documentos del año 2015 aún no habían sido ingresados al archivo y no se contaba con datos fiables sobre las estadísticas de ellos.

Se determinó sobre los proyectos de ambos temas, cuantos fueron aprobados y cuantos no fueron aprobados. Posteriormente, se revisaron las actas de las resoluciones ambientales de los proyectos aprobados, para determinar en cuántos de estos proyectos los compromisos ambientales imponen y obligan a los proponentes a desarrollar monitoreo ambiental y también en cuántos casos existen compromisos específicos referidos al monitoreo biológico.

Adicionalmente, se revisaron también los compromisos ambientales contenidos y propuestos por los proponentes de los proyectos dentro de sus instrumentos ambientales, en sus planes de gestión ambiental, medidas de mitigación, programas de monitoreo y otros planes dentro de los documentos, que hicieran referencia a monitoreo ambiental y monitoreo biológico específicamente.

Con estos datos, se elaboraron cuadros, tablas y gráficas para la presentación de los resultados y se aplicó estadística descriptiva para explicar el comportamiento de dichos datos y sus implicaciones.

3.3.2. Compilación, revisión y análisis de referencias publicadas sobre guías, modelos y protocolos de monitoreo biológico, así como su comparación con estudios de caso a nivel nacional.

En la segunda fase, se realizaron dos procesos metodológicos paralelos: la obtención del contenido mínimo de referencia sobre monitoreo biológico y el análisis y evaluación, con base en el contenido mínimo definido, de estudios de caso nacionales sobre monitoreo biológico presentados ante el Ministerio de

Ambiente y Recursos Naturales por proyectos de generación eléctrica, aprovechamiento minero o similares.

Primero se compilaron y revisaron referencias en literatura sobre diversos modelos, guías, programas, técnicas y metodologías aplicadas de monitoreo biológico, ya sea en áreas protegidas de Guatemala o en otros países, para obtener un contenido mínimo de referencia que podría ser aplicado para desarrollar un programa o sistema de monitoreo biológico, que sea válido, aceptable y factible de adaptar o aplicar en proyectos de generación eléctrica o mineros en Guatemala.

Con la definición del contenido mínimo, se compararon los esfuerzos que a la fecha se han realizado en Guatemala para el desarrollo de monitoreo biológico, en proyectos de generación eléctrica, aprovechamiento minero o similares presentados ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como parte del cumplimiento de sus compromisos ambientales, con la finalidad de determinar con cuántos de estos contenidos coinciden y si podrían ser validados y aceptados realmente como monitoreo biológico

- Elaboración de documento de contenido mínimo para monitoreo biológico obtenido de la comparación y contraste de las guías, modelos y protocolos revisados y consultados de la literatura.

En este proceso, se revisaron exhaustivamente una serie de referencias sobre planes, guías, modelos, programas y sistemas de monitoreo biológico o similares empezando por Centroamérica, incluyendo los casos de Guatemala respecto a áreas de reserva y áreas protegidas, para luego extenderse a países con mega diversidad similar a la nuestra como el caso de México, Colombia,

Perú, Ecuador, Bolivia, Paraguay, Brasil y algunas partes del Caribe. También se tomaron en cuenta experiencias de otros continentes.

Los documentos fueron comparados mediante lista de chequeo de sus contenidos, por medio de una matriz ponderada (previamente definida en base a porcentajes), respecto a sus parámetros de diseño más importantes, contenidos ordenados, procedimientos, técnicas y métodos aplicados o formulados en su desarrollo y uso de indicadores.

Para esta revisión y comparación de referencias sobre monitoreo biológico en la literatura, se accedió a 150 referencias que fueron recuperadas en su mayoría de la web, de estas referencias generales sobre el tema, se obtuvieron 50 fuentes que contenían guías o modelos de guías desarrollados para llevar a cabo monitoreo biológico, ya sean experiencias en áreas protegidas o de reserva, estudios académicos sobre áreas de biodiversidad de interés para la investigación o bien proyectos privados de generación eléctrica, aprovechamiento minero o similares llevados a cabo en otros países. Además, se revisaron todos los ejemplos posibles sobre la aplicación de monitoreo biológico en proyectos específicos con diversos propósitos, que ayuden a determinar puntos comunes en su utilización que puedan ser incorporados a una guía de contenido mínimo para ser usada en Guatemala.

Una vez realizadas ambas evaluaciones, se procedió a contrastar los contenidos comparados en cada caso para unificar criterios o bien para complementar lo necesario y así obtener un documento de contenido mínimo que debe abarcar un monitoreo biológico para considerarlo como válido, aceptable y factible de aplicar a proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. Este contenido mínimo, sirvió posteriormente de base para el desarrollo de la guía final sobre monitoreo biológico, propuesta en la fase final de este trabajo.

- Estudios de caso obtenidos del archivo general del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala.

Seguidamente, se revisaron estudios de caso de experiencias aproximadas o parecidas a monitoreo biológico realizadas por empresas y proyectos de generación eléctrica, aprovechamiento minero o similares en Guatemala. Para esto, se utilizaron nuevamente documentos obtenidos del archivo general del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, pero en este caso se refiere a los documentos de monitoreo o seguimiento que presentan las empresas o proyectos que han obtenido una licencia ambiental y deben cumplir con los correspondientes compromisos ambientales sobre el tema de monitoreo biológico.

Mediante los parámetros mínimos definidos para un programa de monitoreo biológico, extraídos de la comparación y evaluación de la literatura, se compararon los contenidos, procedimientos y técnicas utilizados en estos documentos, determinando cuales y cuántos de estos parámetros cumplían y si se estimaban como válidas sus aplicaciones como monitoreo biológico.

Para el estudio de los casos nacionales presentados a la fecha, se tomó una muestra de 10 casos presentados ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, tomados como estudios de caso del desarrollo del tema sobre el monitoreo biológico en proyectos mineros, de generación eléctrica o similares, aunque estos adopten diversos apelativos en su presentación (monitoreo ambiental, monitoreo ecológico, monitoreo de biodiversidad, inventarios de flora y fauna y otros) que no coincidan directamente con el nombre de monitoreo biológico, pero que en su conceptualización sean similares al tema.

- Comparación del documento de contenido mínimo de las guías internacionales y referencias, con los modelos y guías de monitoreo biológico aplicados por los proyectos de generación eléctrica, mineros y similares presentados ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala.

Los estudios de caso seleccionados fueron revisados y evaluados conforme los parámetros mínimos obtenidos de la literatura para integrar un programa de monitoreo ambiental válido y aceptable, para determinar si cumplían con estos parámetros y evaluar su alcance y validez relativa.

Se elaboró una matriz de evaluación, que muestra los resultados de este contraste, colocando un valor de 1 a cada cumplimiento y de 0 en caso de no cumplirlo, luego se ponderaron con la misma escala desarrollada en base a los contenidos de la literatura consultada.

Con esto, se pudo determinar si los estudios de monitoreo biológico llevados a cabo en Guatemala, son aceptables respecto a los contenidos mínimos que se manejan a nivel nacional e internacional sobre el tema y referidos en la literatura.

- Desarrollo de una guía básica comentada para el monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

Luego de haber desarrollado mediante las comparaciones matriciales y listas de chequeo los contenidos mínimos, obtenidos mediante su ponderación y de haber evaluado los estudios de caso con respecto a estos contenidos mínimos, se procedió a tomar dicho documento como base para el desarrollo de una guía propia de monitoreo biológico que pueda ser aplicada a proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

La guía incluye los ítems correspondientes, de forma ordenada, que deben desarrollarse para llevar a cabo un monitoreo biológico que sea válido y sustentable técnica y científicamente. Cada ítem contiene breves definiciones y explicaciones sobre su significado, aplicación general y sugerencias, así como posibles referencias externas para consultas más amplias.

También se sugieren criterios de selección, se lista o mencionan técnicas y métodos específicos por grupos taxonómicos, pero en ningún caso se desarrollan exhaustivamente estos procedimientos y solo son remitidos a las referencias en la literatura para que puedan ser consultados.

Igualmente, respecto a los posibles métodos estadísticos o pruebas específicas, solamente se mencionan alternativas que dependerán de las aplicaciones específicas en las que se utilice la guía y se remiten a algunos ejemplos en la literatura.

Finalmente, se hicieron ciertas sugerencias o recomendaciones específicas de monitoreo biológico para cada tipo de proyecto de generación eléctrica, así como para los proyectos mineros.

El resultado fue un documento que contiene el desarrollo de un modelo propio de guía para el monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, como herramienta para la evaluación, vigilancia y seguimiento de sus impactos ambientales.

También, como una posible propuesta de incorporación de esta guía a los términos de referencia que utiliza el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para este tipo de proyectos o bien la utilización de la guía misma como referencia

para el cumplimiento de los compromisos ambientales sobre monitoreo biológico o similares, de las licencias ambientales que sean otorgadas a los proyectos de esta naturaleza.

4. RESULTADOS

4.1. Situación de los proyectos previamente creación del MARN: de 1994 a 1999 (Objetivo 1)

El Ministerio de ambiente se creó según Decreto 90-2000, del Congreso de Guatemala. Anteriormente la institución que cumplía las funciones del MARN fue CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente). Se realizó una la revisión de los archivos del MARN estableciendo que se tiene registro desde el año 1994 hasta el 2000 (creación del MARN) donde los proyectos mineros y eléctricos de que se tiene constancia son los siguientes.

Tabla I. **Proyectos mineros de 1994 a 1999**

AÑO	NUMERO DE PROYECTOS	NO APROBADOS	PENDIENTES	APROBADOS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1994-1999	7	0	0	7	7	1

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Tabla II. **Proyectos Eléctricos de 1994 a 1999**

AÑO	NUMERO DE PROYECTOS	NO APROBADOS	PENDIENTES	APROBADOS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1994-1999	5	0	0	5	5	1

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

4.2. Situación de los proyectos después de crearse el MARN: de 2000 a 2014

A continuación, se presenta el resumen de los resultados de la primera fase de la investigación, obtenidos con los datos proporcionados a través del archivo y base de datos del MARN.

Tabla III. **Proyectos mineros de 2000 a 2014**

ANO	NUMERO DE PROYECTOS	NO APROBADOS	PENDIENTES	APROBADOS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
2000	3	1	0	2	2	0
2001	0	0	0	0	0	0
2002	2	1	0	1	1	0
2003	4	2	0	2	2	2
2004	2	0	0	2	2	0
2005	9	2	1	6	5	4
2006	4	1	0	3	3	2
2007	9	5	0	4	4	1
2008	12	4	1	7	6	3
2009	7	2	0	5	3	0
2010	9	4	0	5	5	4
2011	8	5	0	3	3	2
2012	6	1	0	5	5	3
2013	5	0	0	5	5	3
2014	7	1	0	6	6	5
TOTAL	87	29	2	56	52	29

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Tabla IV. **Proyectos eléctricos de 2000 a 2014**

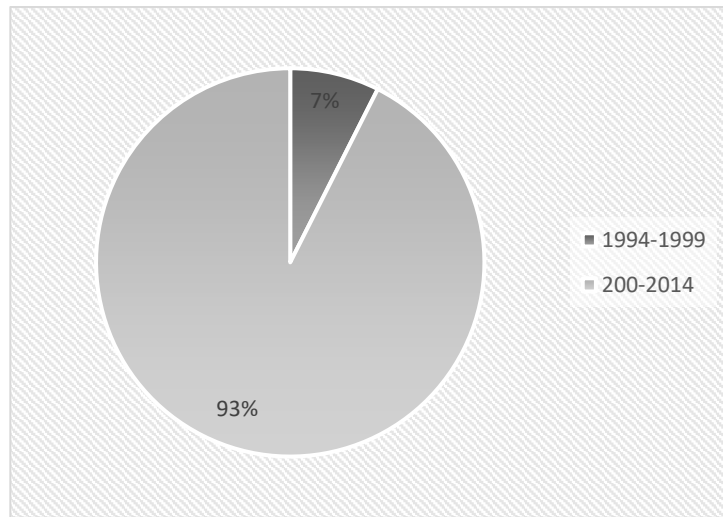
AÑO	NUMERO DE PROYECTOS	NO APROBADOS	PENDIENTES	APROBADOS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
2000	0	0	0	0	0	0
2001	2	0	0	2	2	1
2002	1	0	0	1	1	1
2003	7	0	0	7	7	0
2004	2	0	0	2	2	2
2005	8	0	0	8	7	3
2006	5	0	0	5	5	0
2007	17	1	0	16	14	3
2008	17	3	0	14	12	5
2009	28	6	1	21	18	8
2010	37	18	0	19	17	12
2011	35	2	0	33	33	23
2012	41	3	1	37	35	20
2013	52	13	1	38	37	29
2014	46	13	7	26	24	20
TOTAL	298	59	10	229	214	127

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

4.3. Comparación de proyectos antes de la creación del MARN y posteriores

Se tiene registro que desde 1994 a 1999 se ingresaron 7 proyectos mineros a CONAMA, posterior a eso y con la creación del MARN en el año 2000, se tiene registro de 87 proyectos ingresados hasta el año 2014. Esto hace referencia a un 7 % en época de CONAMA y un 93 % desde la creación del MARN hasta el año 2014 (Figura 1).

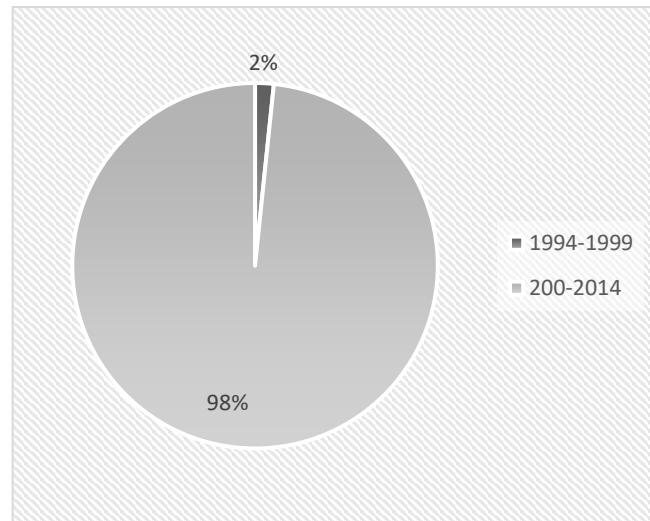
Figura 1. **Comparación proyectos mineros CONAMA (1994-1999) y MARN (2000-2014)**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Para los proyectos eléctricos, se tiene registro de 1994 a 1999 de 5 proyectos eléctricos y desde el 2000 a 2014 se da un incremento significativo, ingresando al MARN 298 instrumentos ambientales de proyectos eléctricos. Esto hace referencia a un porcentaje de 2 % y 98 % respectivamente (Figura 2).

Figura 2. **Comparación proyectos eléctricos CONAMA (1994-1999) y MARN (2000-2014)**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

Esto demuestra que la creación del ministerio regularizó más las actividades de estos tipos ya que desde su creación se observa un aumento significativo de los proyectos que ingresan al mismo de actividades mineras y eléctricas.

4.4. Comparación de proyectos mineros y eléctricos

Para este análisis se procedió a comparar los instrumentos ingresados por año tanto de proyectos mineros como eléctricos. Se determinó que del año 1994 al año 2005, los proyectos predominantes fueron los mineros. Pero a partir del año 2006, se ve claramente que los proyectos eléctricos fueron aumentando considerablemente en comparación a los mineros. En la tabla siguiente se encuentra la información de proyectos ingresados a CONAMA (1994-1999) y MARN (2000-2014).

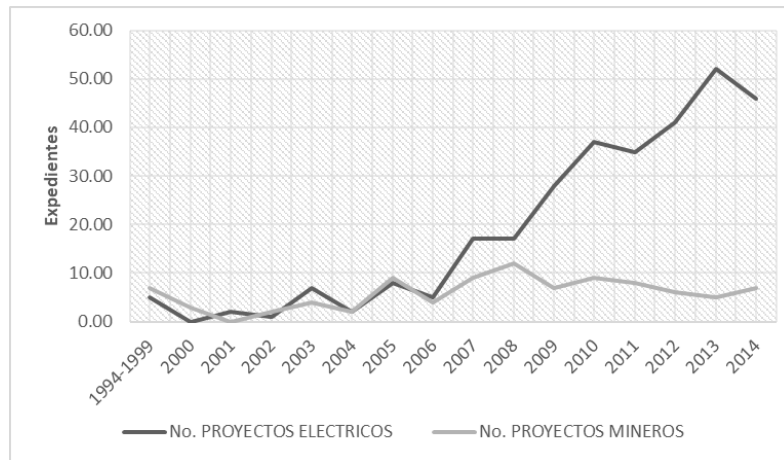
Tabla V. **Comparación de ingreso de proyectos mineros y eléctricos por año (1994-1999 y 2000 a 2014)**

AÑO	NO. PROYECTOS ELECTRICOS	NO. PROYECTOS MINEROS	MINIGRAFICOS	
1994-1999	5.00	7.00	—	■
2000	0.00	3.00	—	■
2001	2.00	0.00	■	—
2002	1.00	2.00	—	■
2003	7.00	4.00	■	—
2004	2.00	2.00	■	■
2005	8.00	9.00	—	■
2006	5.00	4.00	■	—
2007	17.00	9.00	■	—
2008	17.00	12.00	■	—
2009	28.00	7.00	■	—
2010	37.00	9.00	■	—
2011	35.00	8.00	■	—
2012	41.00	6.00	■	—
2013	52.00	5.00	■	—
2014	46.00	7.00	■	—

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Con la utilización de mini gráficos se pudo observar el cambio de tendencia del ingreso de instrumentos el cual se produce en el año 2006 (Tabla V). A partir de ese año hay un incremento significativo de los proyectos eléctricos ingresados al MARN, mientras que los proyectos mineros alcanzaron su pico en el 2008 con doce proyectos ingresados por año, pero después de ese año se ha presentado una tendencia a la baja (Figura 3).

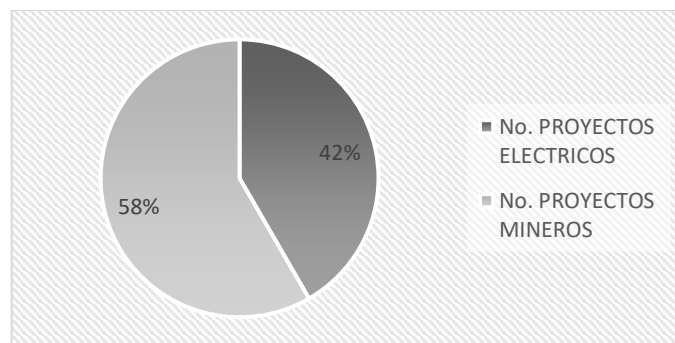
Figura 3. **Comparación de la tendencia de proyectos eléctricos y mineros por año (1994-1999 y 2000 a 2014)**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Se realizó la comparación en cuanto al número de instrumentos ingresados desde 1994 a 1999, donde se observa que los proyectos mineros son los predominantes con un 58 % (Figura 4).

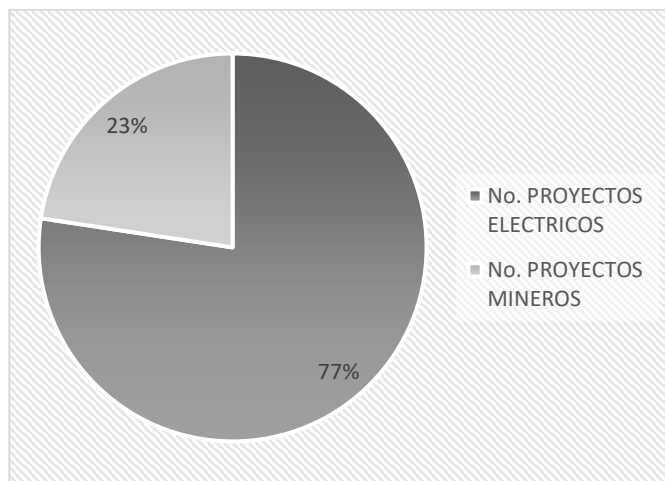
Figura 4. **Porcentaje de proyectos mineros y eléctricos durante el período 1994-1999**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Por el contrario, desde el año 2000 a 2014, los proyectos eléctricos son los predominantes con un 77 % contra un 23 % de los proyectos mineros (Figura 5).

Figura 5. **Porcentaje de proyectos mineros y eléctricos durante el período 2000-2014**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

4.5. Resultados sobre proyectos mineros y eléctricos en relación a monitoreos ambientales y biológicos con la creación del MARN

Se realizó análisis de base existente del MARN en cuanto a proyectos mineros y eléctricos ingresados desde el año 2000 hasta el año 2014, aunque se intentó obtener la información más confiable, la totalidad de proyectos no está en la base digital y no se logró obtener copia en papel porque el registro del archivo no es tan detallado, hay destrucción y pérdida incluso de varios expedientes.

Debido a esto el análisis se trabajó como una muestra estadística no probabilística, donde la muestra corresponde a lo encontrado en el archivo digital,

pero como se mencionó anteriormente puede que haya proyectos que no se detectaron.

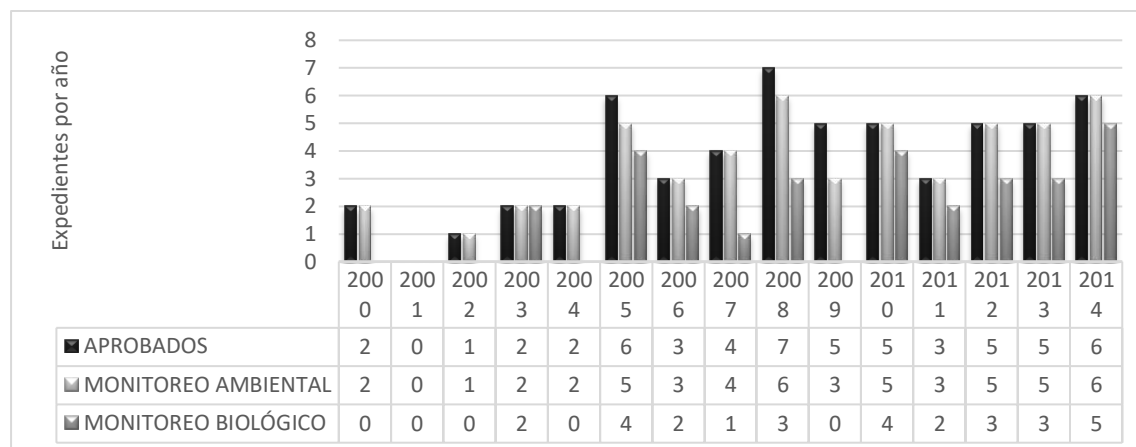
Se hace referencia número de proyectos; como la totalidad de proyectos encontrados. En función de esto, se determinó cuántos proyectos fueron aprobados, cuantos rechazados y se agregó una variable extra, ya que hay proyectos denominados pendientes ya que en los registros digitales no aparece ningún tipo de resolución aprobatoria o desaprobatoria del proyecto.

4.5.1. Ingreso de expedientes de proyectos mineros del 2000 al 2014

Se determinó que los proyectos mineros presentaron su pico máximo de ingreso al ministerio en el año 2008, durante este año se ingresaron al MARN un total de 12 expedientes, 7 fueron aprobados, 4 no aprobados y uno quedó pendiente. Después de ese año (2008), los proyectos ingresados tuvieron una disminución. Sin embargo, aunque el número de proyectos ingresados disminuyó, se mantiene una media de 5 proyectos aprobados por año (del año 2009 a 2014) caso contrario de la media del año 2000 al 2007 la cual fue de 3(2.5) expedientes aprobados por año.

Posteriormente, de los proyectos aprobados, se realizó la búsqueda dentro de su contenido sobre los que presentaban monitoreo ambiental y monitoreo biológico (se encontraron diversidad de nombres, pero todos hacían referencia a un monitoreo biológico), encontrando el siguiente resultado (Figura 6).

Figura 6. **Proyectos mineros aprobados con/sin monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico**



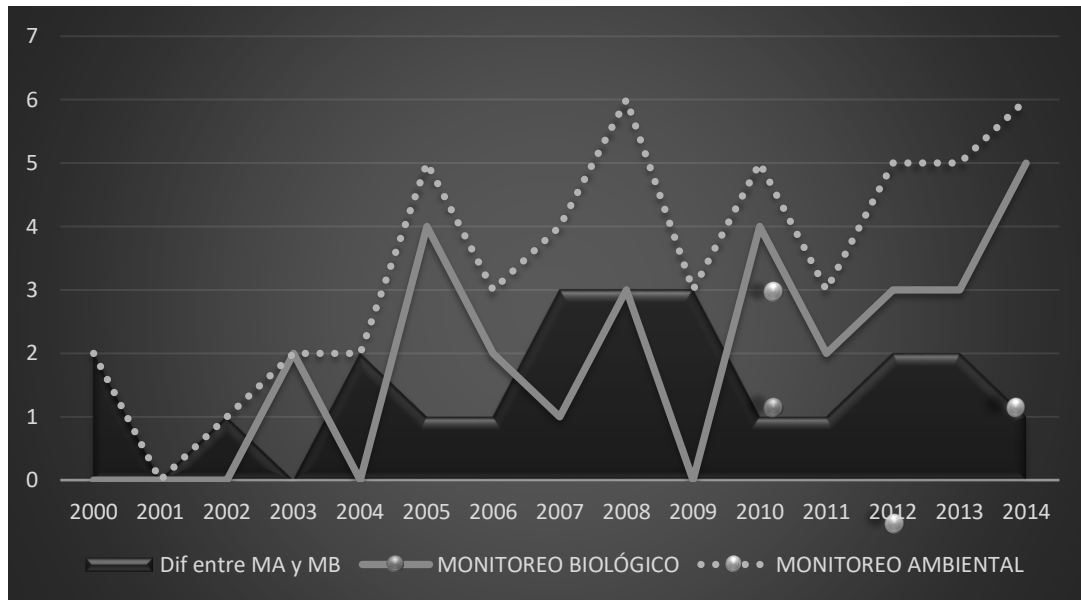
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

La Figura 6 muestra que del año 2000 al 2004 solo en el 2003 se presentó monitoreo biológico en los proyectos aprobados. A partir del 2005 se empieza a tomar más importancia al monitoreo biológico, pero este siempre está por debajo del monitoreo ambiental en todos los gráficos de la figura anterior (a excepción del 2003 donde están a la par).

Resalta el hecho de que la gran mayoría de proyectos evidencia la imposición del monitoreo ambiental (la excepción del período corresponde a los años 2005 y 2007, donde al menos uno de los proyectos no presento monitoreo ambiental). Derivado de esto, se realizó una comparación de los proyectos de monitoreo ambiental y biológico (Figura 7).

Se determinó que el único año donde el monitoreo biológico y el ambiental fueron la misma cantidad para los proyectos aprobados, fue en el año 2003.

Figura 7. **Proyectos mineros con monitoreo ambiental y/o monitoreo biológico**



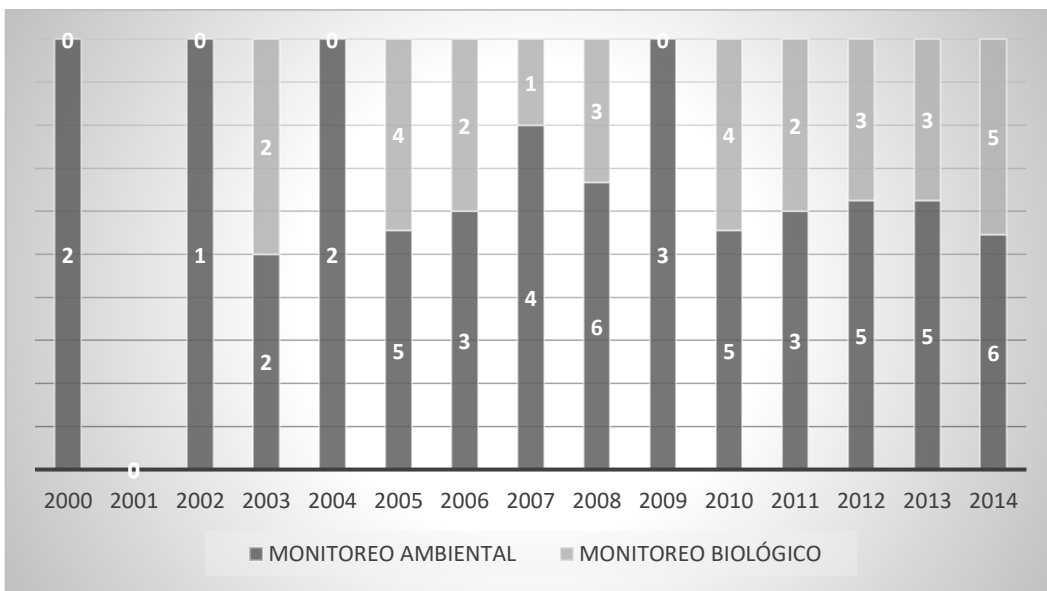
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

La figura anterior presenta un área debajo de las dos líneas que representa la tendencia de los monitoreos ambiental y biológico. Esta comparación muestra la diferencia entre los dos monitoreos, cuando el área es cero en un punto específico esto significa que en ese año se logra la misma cantidad de monitoreo ambiental y biológico. Este comportamiento solo se dio en el año 2003, después de este año se registran áreas mayores alcanzando su máximo tamaño del 2007 al 2009. Esto evidencia, que durante estos años el monitoreo biológico disminuyó en los proyectos aprobados.

Para poder realizar una comparación porcentual anual entre el monitoreo ambiental y el monitoreo biológico, se tomaron los datos de ambos tipos y se trabajaron como fracciones de un total para ver el comportamiento entre los dos.

Se consideró, que cuando se registra un 50 % de cada uno, esto significa que la misma cantidad de monitoreos ambientales y biológicos fue alcanzada en un mismo año (Figura 8).

Figura 8. **Comparación porcentual anual monitoreo ambiental y biológico en proyectos mineros**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

De lo anterior se puede confirmar que, aunque hay un porcentaje de monitoreos biológicos, estos no logran estar al mismo nivel de los monitoreos ambientales y no todos los proyectos aprobados contemplan dentro de sus estudios de impacto ambiental los monitoreos biológicos, pero prácticamente todos si incluyen el monitoreo ambiental.

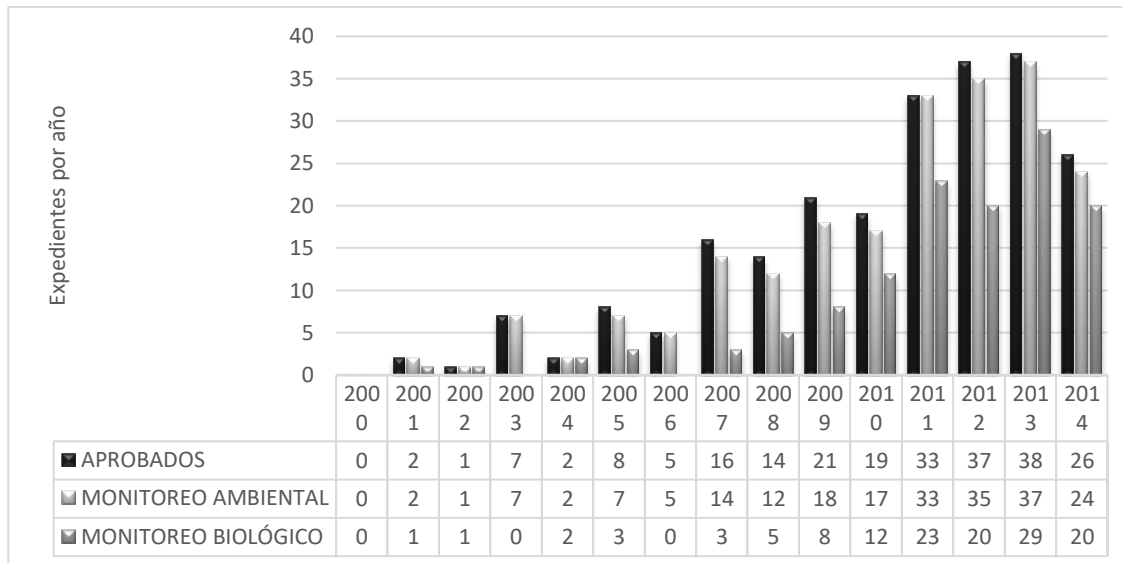
4.6. Ingreso de expedientes de proyectos eléctricos del 2000 al 2014

El rango de ingreso de los proyectos eléctricos a lo largo del período es amplio y variable, durante el 2001 y 2004 solo ingresaron 2, el ingreso más bajo fue en 2002 con un solo expediente, mientras el pico más alto se registra en 2013 con 52 expedientes, un aumento del 2600 % en 12 años. Del año 2000 al 2006, el ingreso de expedientes presento una media de 4 por año, pero a partir del 2007, los proyectos incrementaron y la media del 2007 al 2014 fue de 34 expedientes ingresados por año. Del año 2000 al 2006 no se presentó ningún proyecto no aprobado.

Del año 2007 al 2010 se empezaron a observar los primeros proyectos no aprobados alcanzando su pico en el año 2010 con 18 proyectos no aprobados de 37. Durante los años 2011 y 2012 el número de proyectos no aprobados disminuyó considerablemente, pero en los años 2013 y 2014 la tendencia de proyectos no aprobados vuelve a subir, aunque sin llegar al pico de 18 del año 2010.

En cuanto a los proyectos aprobados con monitoreo ambiental y biológico, se pudo observar que, en los años 2003 y 2006, no se presentó monitoreo biológico (Figura 9).

Figura 9. **Proyectos eléctricos aprobados con/sin monitoreo ambiental, y/o monitoreo biológico**

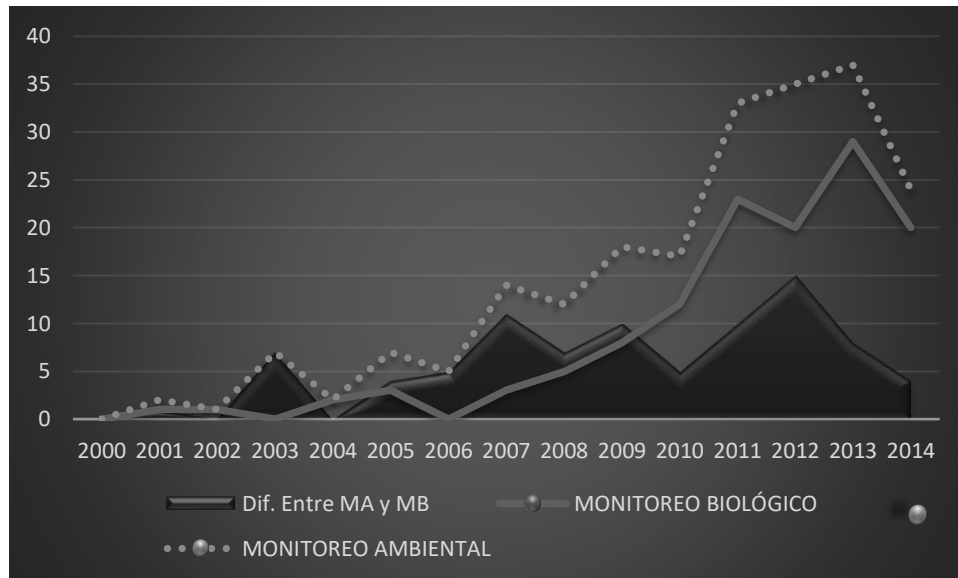


Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

Del año 2000 al 2006, la media de proyectos con monitoreo biológico fue de 1 por año, mientras que a partir del 2007 a 2014, la media de proyectos que presentaban monitoreo biológico por año fue de 15.

En la figura siguiente se presenta la relación entre las tendencias de los monitoreos ambiental y biológico y la diferencia entre ellos. En la figura se observa un comportamiento similar al que presentan los proyectos mineros; donde el predominante es el monitoreo ambiental, ya que los proyectos presentan mayores monitoreos ambientales que biológicos. Solo en el año 2002 y 2004 se presentaron la misma cantidad de monitoreos biológicos y ambientales por proyecto (Figura 10).

Figura 10. **Proyectos eléctricos con monitoreo ambiental, y/o monitoreo biológico**

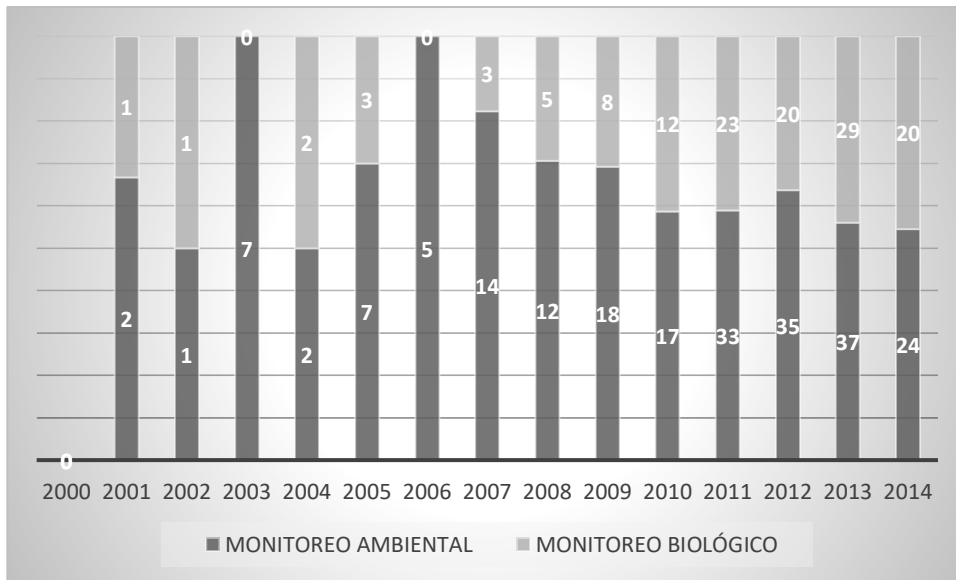


Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

La diferencia entre el monitoreo ambiental y biológico alcanzó su pico en el año 2012, luego presentó una tendencia a la baja hacia el año 2014. Esta diferencia significa que, por cada instrumento con monitoreo biológico, se presentaban dos (1.75) con monitoreo ambiental.

Utilizando la misma metodología descrita para los proyectos mineros, se realizó la fracción porcentual del monitoreo ambiental y biológico, donde se obtuvo que la figura predominante en los instrumentos ambientales es el monitoreo ambiental y se deja en segundo plano al monitoreo biológico (Figura 11).

Figura 11. **Comparación porcentual anual monitoreo ambiental y biológico en proyectos eléctricos**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

De manera similar a los casos presentados en los proyectos mineros, los proyectos eléctricos no todos contemplan las técnicas para realizar monitoreos biológicos dentro de sus ejecuciones, ni en sus evaluaciones ambientales ni en los documentos subsecuentes, por lo que se concluye que los predominantes son los monitoreos ambientales.

4.7. **Parámetros definidos como requisitos mínimos de un programa, sistema o guía de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. (Objetivo 2)**

Para definir los parámetros mínimos que deben tomarse en cuenta para un programa, sistema o guía de monitoreo biológico, se revisaron 150 referencias de forma comparativa y se extrajeron los parámetros comparados de 50 trabajos

que contenían aspectos puntuales sobre guías, métodos, técnicas o sistemas de monitoreo biológico. La tabla siguiente muestra los parámetros obtenidos y definidos mediante ponderación extraídos de la literatura consultada.

Tabla VI. **Resultados de la ponderación obtenida de la literatura**

PARAMETRO	MUY BUEN PARAMETRO ≥ 80 %	BUEN PARAMETRO 60-79 %	ACEPTABLE PARAMETRO 40-59 %	POBRE PARAMETRO 20-39 %	INACEPTABLE PARAMETRO < 20 %
LÍNEA BASE	86				
DISEÑO EXPERIMENTAL	100				
DISEÑO DE MUESTREO	98				
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	96				
ESTACIONES DE MUESTREO	84				
INDICADORES ABIÓTICOS				24	
AGUA				20	
AIRE					8
SUELO					14
INDICADORES BIOLÓGICOS	100				
VEGETACIÓN: COBERTURA Y FRAGMENTACIÓN			56		
PLANTAS		64			
AVES		62			
MAMÍFEROS		66			
REPTILES Y ANFIBIOS			54		
PECES				22	
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS				36	
INSECTOS TERRESTRES				30	
OTROS GRUPOS					14
MANEJO Y RESGUARDO APROPIADO DE DATOS	88				
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	84				
USO DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA	80				
COLECCIONES DE REFERENCIA		64			
CONCLUSIONES		72			
COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS		70			

Fuente: elaboración propia.

Descripción de los Parámetros Mínimos de Referencia Obtenidos en la Literatura como Base para un Programa de Monitoreo Biológico

A continuación, se listan y se describen en orden descendente, los parámetros evaluados de la literatura como referencia para implementar un apropiado programa de monitoreo biológico. La lista se ha colocado conforme al sistema de ponderación utilizado, en orden numérico de importancia.

- Muy buen parámetro ≥ 80 %
 - Diseño Experimental (100)
 - Indicadores Biológicos (100)
 - Diseño de Muestreo (98)
 - Localización y Descripción del Área (96)
 - Manejo y Resguardo Apropiado de Datos (88)
 - Línea Base (86)
 - Estaciones de Muestreo (84)
 - Análisis Estadístico (84)
 - Uso de Herramienta Informática (80)

- Buen parámetro 60-79 %
 - Conclusiones (72)
 - Comunicación y Difusión de Resultados (70)
 - Colecciones de Referencia (64)
 - Mamíferos (66)
 - Plantas (64)
 - Aves (62)

- Aceptable parámetro 40-59 %
 - Vegetación: Cobertura y Fragmentación (56)
 - Reptiles y Anfibios (54)

- Pobre parámetro 20-39 %
 - Macroinvertebrados Acuáticos (36)
 - Insectos Terrestres (30)
 - Indicadores Abióticos (24)
 - Peces (22)
 - Agua (20)

- Inaceptable parámetro < 20 %
 - Otros Grupos (14)
 - Suelo (24)
 - Aire (8)

Todos los parámetros evaluados como muy buenos y buenos no necesitan más descripción, dada la importancia que le brindan en general los diversos autores en la literatura y pueden ser aceptados como los principales parámetros que debe contener un programa de monitoreo biológico.

Respecto a los parámetros evaluados como aceptables, debemos indicar que los datos de cobertura y fragmentación de la vegetación, aunque no son utilizados por todos los autores, brindan información ecosistémica importante para un programa a largo plazo y pueden convertirse en un parámetro importante de medición o de referencia de otros parámetros correlacionados. Además,

podría combinarse con aspectos sociales y culturales a evaluar dentro de los proyectos.

Para los parámetros de reptiles y anfibios, aunque no obtuvieron mayor ponderación en las referencias consultadas, se conoce bien que para ciertas condiciones de los proyectos pueden utilizarse con mucha efectividad, ya que son organismos sensibles a cambios ambientales. Además, por la situación geográfica de Guatemala ubicada en una zona tropical, se justifica plenamente su utilización como bioindicadores.

Sobre los parámetros ponderados como pobres, debemos resaltar el caso de los indicadores biológicos de esta categoría, que corresponden a: los macroinvertebrados acuáticos, los insectos terrestres y los peces.

Todos estos bioindicadores son útiles y aplicables a estudios y condiciones específicas del área a estudiar o de los medios que utiliza la actividad, por ejemplo, si la actividad involucra la utilización de un cuerpo de agua, es necesario incluir como bioindicador principal a los macroinvertebrados acuáticos por su sensibilidad y luego posiblemente a los peces. Por otro lado, la utilización de los insectos terrestres para los programas de monitoreo es poco usual, salvo ciertos casos de estudio muy, sin embargo, el potencial de sus taxones es enorme para las aplicaciones del monitoreo dada su diversidad y cantidad de individuos para muestrear, por lo que deberían ser considerados como puntos de referencia para los programas de monitoreo biológico.

Ahora bien, tanto los indicadores abióticos como otros grupos menores de bioindicadores, no se consideran parámetros adecuados para utilizarse en guías, programas o sistemas de monitoreo biológico, sin embargo, esto no quiere decir

que no pudieran tener algún valor como referentes complementarios en una determinada área o bien dentro de estudios paralelos comparativos al monitoreo.

Como consecuencia del análisis y valoración realizada, se establecieron como criterios de referencia mínima del monitoreo biológico los siguientes:

- Línea base: este parámetro debe estar realizado antes de iniciar el programa de monitoreo biológico.
- Diseño experimental: incluyendo los objetivos y la revisión previa de información sobre el sitio y sus condiciones, las especies y estudios análogos.
- Localización y descripción del área: incluyendo datos geográficos, datos sobre el hábitat, datos de los ecosistemas y consideraciones generales.
- Indicadores biológicos: incluyendo la selección de taxones apropiados.
- Diseño de muestreo: incluyendo la selección de métodos para cada taxón.
- Estaciones de muestreo: incluyendo número, ubicación, repeticiones, controles y frecuencia.
- Manejo y resguardo apropiado de datos: incluyendo la descripción de los medios y las bases a utilizar.
- Análisis estadístico: incluyendo describir las pruebas estadísticas a utilizar para el análisis general (se recomienda siempre una prueba de poder estadístico) y por cada taxon a evaluar.

- Uso de herramienta informática: incluyendo la descripción de programas, software, equipo especializado, satélites, drones, entre otros.
- Colecciones de referencia: incluyendo la descripción de los centros de depósito de las colecciones y sus medios de acceso público.
- Conclusiones y recomendaciones: relacionadas con las preguntas principales del programa.
- Comunicación y difusión de resultados: descripción de los medios a utilizar para socializar los resultados del programa de forma permanente y continua, medios de acceso público a los datos y estudios.

Respecto al uso de bioindicadores como criterios del monitoreo, la recomendación es utilizar los grupos en el orden siguiente:

- Mamíferos
- Plantas
- Aves
- Vegetación: Cobertura y fragmentación
- Reptiles y anfibios
- Macroinvertebrados acuáticos
- Insectos terrestres
- Peces
- Otros

4.8. Estudios de caso: aplicación de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica, mineros o similares presentados ante el MARN hasta el año 2014 y su comparación contra el documento de contenido mínimo generado de la literatura

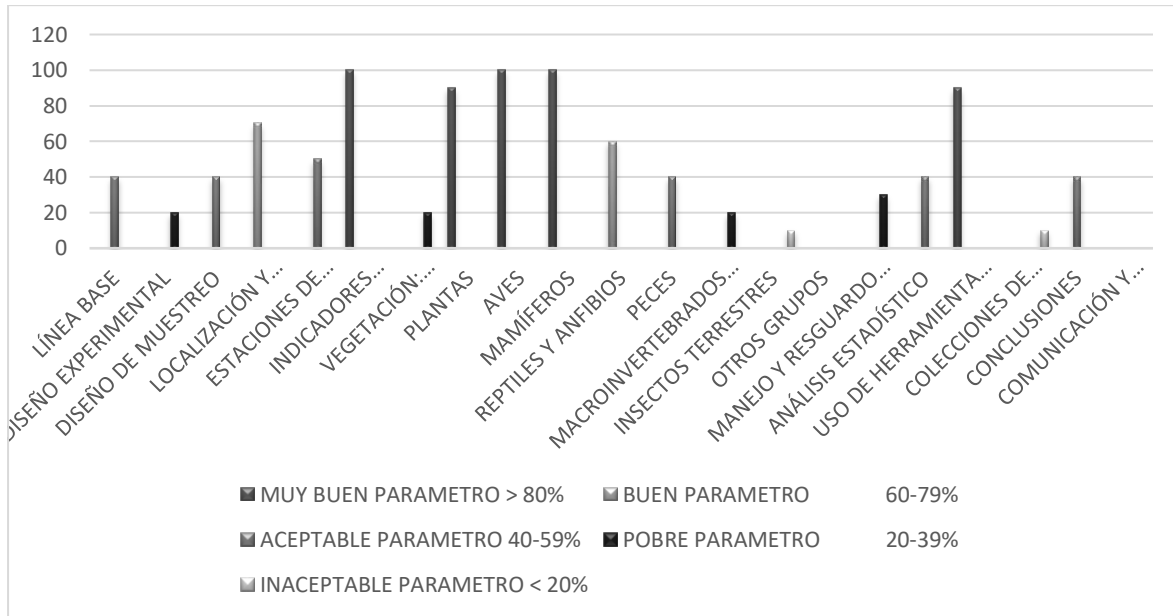
Respecto a los estudios de caso analizados, se obtuvieron 10 estudios de caso para el análisis, del Archivo General del MARN. Se presenta a continuación cuadros y gráfico de resultados de los casos comparados, usando los parámetros mínimos detectados en la literatura para un programa de monitoreo biológico.

Tabla VII. Aplicación de parámetros de ponderación de monitoreo biológico a estudios de casos nacionales (10) presentados al MARN

ESTUDIO DE CASO (10)	LÍNEA BASE	DISEÑO EXPERIMENTAL	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	INDICADORES BIOLÓGICOS	DISEÑO DE MUESTREO	ESTACIONES DE MUESTREO	MANEJO Y RESGUARDO APROPIADO DE DATOS	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	USO DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA	COLECCIONES DE REFERENCIA	CONCLUSION
Totales	4	2	7	10	4	5	3	4	9	1	4
Porcentajes	40 %	20 %	70 %	100 %	40 %	50 %	30 %	40 %	90 %	10 %	40 %
ESTUDIO DE CASO (10)	COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	MAMIFEROS	PLANTAS	AVES	VEGETACIÓN: COBERTURA Y FRAGMENTACIÓN	REPTILES Y ANFIBIOS	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	INSECTOS TERRESTRES	PECES	OTROS GRUPOS	
Totales	0	10	9	10	2	6	2	1	4	0	
Porcentajes	0 %	100 %	90 %	100 %	20 %	60 %	20 %	10 %	40 %	0 %	

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Figura 12. **Resumen de resultados de los parámetros de ponderación de monitoreo biológico aplicados a estudios de caso en Guatemala**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

4.9. **Desarrollo y elaboración de una guía básica comentada para el monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. (Objetivo 3)**

Respecto al desarrollo de una guía básica para establecer un programa o sistema de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, se ha elaborado una guía básica comentada para monitoreo biológico con aplicación para los proyectos mencionados, como resultado de este trabajo. El desarrollo de esta guía y sus contenidos se presentan en el capítulo siguiente.

5. GUÍA PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA DE MONITOREO BIOLÓGICO EN PROYECTOS MINEROS Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN GUATEMALA

A continuación, se presentan los factores generales, descritos para desarrollar un programa de monitoreo biológico en proyectos mineros y de generación eléctrica en Guatemala. Estos factores que conforman la guía son una referencia general obtenida de diversas fuentes y compiladas en forma de conceptos generales, que son usuales de utilizar en publicaciones y trabajos similares.

Las citas sobre contenidos directos que se refieren a conceptos muy específicos corresponden a Galindo-Leal (1999); Senner *et. al.* (2017); Huising *et. al.* (2012) en Moreira *et. al.* (2012); Thomas y Juanes (1996); Forbes (1990); Thomas y Krebs (1997); Gerrodette (1987); Taylor y Gerrodette (1993); Rotenberry y Wiens (1985); Steidl *et. al.* (1996); Hurlbert (1984); Squeo *et. al.* (2001); Kremen (1992); Tucker *et. al.* (2005), Finegan *et. al.* (2008), Chediack (2009); Soulé *et. al.* (1988); Spellerberg, (1991); RELCOM y PCME (2014); ELAW (2010) y Aquino (2015).

Los conceptos se han tratado de expresar en términos muy sencillos y comprensibles para todos, haciendo definiciones simples y aplicables en todos los contextos, expresadas en las propias palabras del autor de este trabajo.

5.1. Línea base

Antes de iniciar un programa de monitoreo es indispensable definir y contar con una línea base de referencia, sobre el área o las áreas que serán objeto del monitoreo.

Si por alguna razón no se cuenta con una línea base confiable o completa, se deberá primero completar o renovar el estudio de línea base del sitio para que los datos puedan ser referenciados a esta al momento de obtenerse los resultados del monitoreo.

Como lo que nos ocupa se refiere a una línea base respecto a un programa de monitoreo biológico, la línea base deberá estar enfocada respecto al medio biótico principalmente. Sin embargo, es importante contar con datos de base completos del sitio y datos de su área de influencia, que incluyan: aspectos abióticos como agua, aire y suelo, climatología, aspectos sociales y culturales, aspectos económicos, estudios de paisaje y otros.

Una línea base consiste en obtener todos los datos y elementos que reflejen en un sitio o área determinada, el estado en que dicho lugar se encuentra antes de causar cualquier alteración por una actividad realizada por el hombre. Estos datos incluyen el estado de los ecosistemas y la biodiversidad del lugar determinado en una fecha precisa. A partir de allí, los datos de la línea base se convierten en un punto de referencia con el cual se pueden comparar monitoreos sucesivos y progresivos, que a su vez permitirán detectar cambios a lo largo de cierto tiempo provocados por intervención humana o bien por fluctuaciones ambientales naturales en el área.

5.1.1. Línea de base para el medio biótico

Esta parte de la línea base de un sitio se refiere específicamente como indica su nombre, al medio biótico, entendiendo como medio biótico todos los seres vivos que conforman los ecosistemas del lugar, con especial atención a la flora y la fauna. Sus datos deben incluir la descripción y análisis de las especies, sobre todo aquellas en peligro de extinción o en alguna categoría de conservación, indicando sus ubicaciones, distribución, identificación de taxones, su diversidad y abundancia relativa de acuerdo con su nivel jerárquico.

Esta línea base está integrada a su vez por los siguientes componentes:

- Flora y vegetación

Esta parte de los datos describe y analiza toda la flora y desarrollo vegetativo presente en el lugar de interés, incluyendo también su área de influencia. Utilizando metodologías científica y técnicamente reconocidas, se estudian las formaciones vegetales y su desarrollo tanto a escala horizontal como vertical, su extensión, diversidad, abundancia e interrelación de sus especies, la descripción de su riqueza parcial o total, su estado de conservación, posibles amenazas y riesgos, todo esto mediante la generación de mapas, fotografías de dosel, tablas y cuadros de prospección realizados en el lugar.

- Fauna silvestre

Esta parte de la línea base es específica para determinar el estado de las especies animales del sitio. Para ello, se desarrollan observaciones y muestreos en campo de los diferentes grupos de fauna del lugar, con lo cual se pretenden obtener datos sobre su composición y sobre la riqueza de sus especies. Otros

datos importantes se refieren a la abundancia relativa, diversidad y ubicación de grupos específicos, distribución, conservación y singularidad de sus taxones, todo esto referido a parámetros previamente fijados para su estudio y con relación al proyecto o actividad evaluada.

- Biota acuática

Esta línea base es específica de la biota acuática, es parte de las dos anteriores, pero debido al medio tan especializado de sus especies se plantea como un componente separado. Su estudio incluye datos de presencia, abundancia, susceptibilidad específica, composición y demás, en todos los niveles de su cadena trófica (fitoplancton, zooplancton, fauna bentónica e íctica, hasta consumidores primarios que incluyen invertebrados).

Al desarrollarse los estudios de línea base del medio biótico, es importante determinar las especies indicadoras que servirán para la evaluación del programa de monitoreo que se realizará al proyecto, definiéndolas para cada grupo y justificando técnica y científicamente su elección.

La recomendación final para desarrollar este trabajo se refiere a que deben tomarse en cuenta las dos temporadas correspondientes a un ciclo anual (temporada de lluvias y temporada seca), para poder contar con un marco de referencia completo en el tiempo.

Igualmente es importante indicar, que una línea base no es una situación estática necesariamente, se enfoca en un momento determinado previo al proyecto como referencia inicial, pero es un proceso que puede irse enriqueciendo conforme se avance en el programa de monitoreo, puede irse completando al agregar nuevos reportes de especies por desplazamiento natural

o inducido y finalmente debe renovarse cada cierto tiempo para mantener sus datos vigentes y actualizados, por supuesto no con la frecuencia de cada año, sino más bien en períodos más prolongados como cada 3 o 5 años.

5.2. Objetivos del estudio

Definir con claridad los objetivos del monitoreo, permitirá mejorar la eficacia y eficiencia de su diseño experimental, lo que a su vez se reflejará en los resultados. Solo estableciendo con precisión las metas que se desean alcanzar mediante el monitoreo, se podrán definir los mecanismos necesarios para lograrlo y establecer los medios, recursos, procedimientos y técnicas de ejecución para obtener los mejores resultados.

Por ejemplo, una herramienta utilizada actualmente para apoyar la definición de los objetivos es la simulación. Mediante la aplicación tecnológica y computarizada, se generan y presentan resultados simulados de una situación, lo que permite comprobar a priori que: a) los resultados cumplen con los objetivos y b) que mediante el diseño simulado realmente se puedan obtener esos resultados.

5.3. Prospección y revisión documental

- Visita al área de estudio

Se aconseja realizar una visita prospectiva al sitio de estudio y su área de influencia por parte del equipo de especialistas que desarrollarán el diseño del programa de monitoreo biológico, con la finalidad que tomen en cuenta en dicho diseño todas las situaciones aplicables a estas áreas.

- Revisión de condiciones propias del área de estudio

Para poder determinar un buen programa de monitoreo biológico, es necesario conocer las condiciones generales de desarrollo del sitio del estudio y su área de influencia. Preferiblemente si se puede hacer una investigación sobre sus aspectos climáticos históricos, sus condiciones edáficas, hídricas y naturales. Establecer a que región fisiográfica pertenece, a que zona de vida, si está dentro a alguna área protegida o de reserva, si el sitio presenta condiciones ecológicas o paisajísticas especiales, entre otros.

- Revisión de características ecológicas y de especies del área de estudio

También es importante investigar y conocer previamente, la mayor parte de la historia natural del lugar, los ecosistemas presentes y si es posible sus interacciones, las especies reportadas en el área o incluso en la región por otros estudios, por referencias de los pobladores, por distribución geográfica general, entre otros. Se debe recordar que es importante esta determinación previa, porque para la aplicación del monitoreo biológico es preferible conocer la historia natural de cada una de las especies que sean de interés, mientras más y mejor se conozca esta historia natural mejor será la selección de bioindicadores que se puede hacer y la calidad de resultados que se puede obtener.

- Revisión de la literatura

Es importante llevar a cabo una revisión documental sobre otros estudios previamente desarrollados en el área a monitorear o bien en la región a la que pertenece e incluso en regiones aledañas, que estén relacionadas con el tema del monitoreo biológico, que posean datos relevantes o similares que puedan ser utilizados o adaptados al programa del proyecto, que muestren posibles aspectos

de los métodos utilizados que hayan tenido éxito, así como cuales pueden limitar la eficiencia y calidad de los resultados. Es importante aprender de experiencias previas que sean comparables para no cometer los mismos errores y para maximizar sus aciertos.

5.4. Diseño experimental

Tal como se ha indicado en un punto anterior, la definición precisa de los objetivos determina casi todos los aspectos del diseño experimental.

Siempre es importante, cuando sea posible, contar con especialistas y expertos para establecer un buen diseño experimental o bien acudir con investigadores que trabajen en temas similares, ya sea en otros lugares o muy cercanos al sitio de interés. Personas que poseen experiencia y conocimiento de los temas de estudio y que estén familiarizados con las metodologías que se puedan implementar.

La implementación del diseño puede ser tentativa, mediante el uso de principios generales, basados en experiencia propia o bien combinando estos contenidos con diseños análogos utilizados en estudios similares. En todo caso, es necesario poseer conocimiento básico sobre el tema de estudio y el área que será estudiada, además de enfocar los resultados a las necesidades de respuesta que son requeridas, mediante procesos confiables y amparados con el rigor científico necesario para que sean válidos y aceptables.

El diseño debe ser realista, lo más detallado posible y abarcando toda la temática necesaria a cubrir para responder a todos los objetivos planteados en el programa de monitoreo y dar respuestas concretas y verídicas sobre el estado de afectación del sitio en estudio y su área de influencia.

Es recomendable involucrar durante la elaboración del diseño experimental a los especialistas que llevarán a cabo el programa de monitoreo, especialmente un estadista con experiencia en investigación biológica o ecológica, que ayude en la parte conceptual y definitoria de los tratamientos y las pruebas estadísticas que se aplicarán a los datos resultantes del monitoreo.

También se recomiendan realizar una prueba de enfoque, es decir desarrollar una prueba piloto del diseño para poder evaluar el aspecto práctico del esquema de muestreo, probar y refinar los protocolos de medición, los procedimientos de recolección, manejo de datos y pruebas estadísticas. Igualmente, una prueba así podrá ayudar a estimar el tiempo de muestreo y de procesamiento de las muestras. Por otra parte, la aplicación estadística de la prueba piloto permitirá obtener una indicación de la posible variabilidad de los datos y esto a su vez, permitirá decidir el tamaño final de la muestra.

5.5. Descripción del área de estudio

Es necesario describir, ubicar y localizar el área de estudio, además de definir las unidades experimentales que sobre el terreno serán sujetas de evaluación. Es necesario georeferenciar los sitios, presentar la descripción de todas las condiciones propias del lugar y de sus sitios de interés de manera suficientemente amplia y gráfica. Se puede auxiliar esta descripción con la utilización de mapas, ilustraciones, fotografías, imágenes de satélite, entre otros.

También deben describirse y localizarse sus áreas de influencia directa y de ser posible aquellas indirectas que tengan una posible relación con el proyecto.

- Datos geográficos mínimos

Para tener una buena perspectiva del desarrollo del programa de monitoreo biológico, sus alcances físicos, sus limitaciones y restricciones respecto al espacio y el área de estudio, es necesario contar con datos geográficos mínimos. Contar con georeferencias exactas del sitio de estudio, de sus áreas de influencia directa e indirecta y de zonas aledañas de interés especial, diagramadas en un juego de mapas básicos para localización. Es recomendable revisar todos aquellos medios que brinden el mayor detalle posible y con datos actualizados sobre los espacios geográficos, el uso de imágenes de satélite o de ortofotos resulta muy útil en esta etapa.

- Datos sobre el hábitat

Como ya se realizó una revisión documental sobre el sitio del proyecto, sus ecosistemas y sus posibles especies, se deberá contar en este punto con datos suficientes para caracterizar el hábitat del lugar y de sus zonas de influencia. Es recomendable, ubicar la zona de vida a que pertenece el sitio, determinar la cantidad de ecosistemas involucrados y obtener datos de hábitat atendiendo a cada grupo taxonómico o mejor aún a cada especie.

Existen estudios previos en la literatura que pueden darnos una buena referencia de las extensiones territoriales que ocupan o donde pueden hallarse determinados grupos taxonómicos o especies de cada taxón, con la descripción de sus hábitats, distribución y comportamiento.

- Consideraciones generales de análisis del área

Cartografía básica, cartografía temática, material satelital, análisis digital de imágenes, usos del suelo, análisis de fragmentación, análisis de conectividad, análisis de efecto de borde.

Como consideraciones generales se debe recalcar que la utilización de todos los medios posibles para la mejor descripción del área de estudio contribuirá a tener un marco de referencia confiable y estable para establecer el monitoreo biológico, no solo en cuanto a extensión y diversidad, pero también respecto a la descripción de aspectos generales relacionados a los posibles resultados que se obtengan.

Por lo mismo, deben tomarse en cuenta todas las informaciones que sobre el lugar se puedan obtener y crear si es posible una serie de capas con mapas temáticos que ayuden a interpretar las condiciones naturales del sitio y de sus áreas de influencia como referencia para los resultados. El uso de materiales obtenidos por satélites es muy recomendable, dada la exactitud de sus datos y la actualización de los mismos, lo cual permite una ubicación bastante precisa y en tiempo más real.

El desarrollo de modelos de análisis de fragmentación o de conectividad en un determinado sitio, previo el establecimiento de un programa de monitoreo biológico, puede facilitar el reconocimiento de las áreas de muestreo y de la implementación de programas de respuesta al obtener los resultados del monitoreo, haciendo más exacta la línea base y mejor la comparación de los datos. Igualmente, un análisis del efecto de borde, que es practicado en muchos estudios, permite evitar interpretaciones erróneas de los resultados y establecer las limitaciones correctas a los mismos.

5.6. Diseño de muestreo

En todo programa de monitoreo biológico es indispensable contar con un diseño de muestreo exitoso y práctico, apegado a la realidad de las condiciones a muestrear y con métodos claros y definidos para el logro de la mejor calidad en los datos del programa.

Un buen diseño de muestreo requiere un nivel adecuado de conocimiento del tema de estudio, así como sólidas bases científicas y técnicas de las aplicaciones y propiedades de los posibles métodos a utilizar. No obstante, es importante contrastar estos métodos con las restricciones que impone la realidad respecto a costos, tiempo y disponibilidad de recursos humanos, así como otras restricciones adicionales como la dificultad de acceso a las localidades que se quiere muestrear o las necesidades de transporte rápido de muestras del campo al laboratorio, para preservar su integridad.

Cada estudio es único respecto a sus condiciones de desarrollo y de evaluación, por lo que los detalles del diseño de muestreo en cada caso deberán ajustarse a dichas condiciones particulares y considerarse los ajustes necesarios en su momento. Sin embargo, en cualquier estudio sin importar las condiciones específicas, se deben cumplir ciertos pasos generales.

Un mal diseño de muestreo o un muestreo mal ejecutado, seguramente conducirá a conclusiones erróneas del monitoreo biológico.

Para diseñar los detalles del muestreo, es necesario reunir información básica y antecedentes del área a muestrear, por ejemplo, mapas topográficos (que pueden indicar estratificación por altitud o bien determinar problemas de acceso), imágenes de detección remota (como mapas de cobertura del terreno),

mapas de uso del suelo (para identificar los principales usos del suelo dentro del estudio), datos meteorológicos (para tomar decisión sobre las temporadas idóneas para salir al campo), entre otros.

Otra estrategia que puede ser útil es la determinación de un grupo específico que sirva como referencia. Este grupo determinaría un muestreo específico pero representativo de las condiciones generales del área.

La replicación de resultados es otro aspecto a considerar, porque un monitoreo debe ser consistente en sus resultados y revelar patrones y relaciones que puedan ser replicadas por estudios similares. Algunos autores consideran que uno de los objetivos del programa de monitoreo, es encontrar algunos patrones que puedan servirnos como referencias para la toma de decisiones, por ejemplo: los patrones de diversidad del suelo pueden relacionarse con los usos del suelo en el área de estudio, un patrón de diversidad florística puede relacionarse con ciertas especies de aves o de mamíferos, o bien, la presencia de una determinada especie puede relacionarse con un patrón de recorrido, de dispersión o de extensión territorial.

Para obtener muestreos confiables son esenciales las determinaciones que se tomen respecto a los detalles del diseño de muestreo: la localización de las parcelas, la distancia entre ellas, su tamaño, forma y número. Además, debe tomar en cuenta los conocimientos previos obtenidos de la literatura y de la observación en campo sobre el comportamiento de los grupos taxonómicos que se pretenden monitorear, de las especies indicadoras que sean seleccionadas y de las formas en que serán muestreadas. Un mismo método no funciona a veces para dos grupos o dos especies distintas, por eso es importante conocer previamente sobre la biología de estas.

- Selección de métodos

Hay diversos métodos de muestreo y diversos métodos de análisis para cada grupo taxonómico a muestrear. Casi todos los métodos referenciados en la literatura son bien conocidos y válidos, una vez se definan con total claridad las condiciones de su ejecución y en apego al método descrito.

Es decir, que lo importante al seleccionar un método específico para un taxón o grupo taxonómico, es desarrollarlo de acuerdo a una metodología probada, estandarizada y definida como apropiada para ese grupo. Cada metodología utilizada, deberá ser referenciada en la literatura, deberá ser descrita en detalle y ejecutada de acuerdo al método elegido, de tal forma que pueda ser replicable por cualquiera en cualquier momento.

Toda metodología deberá ser justificada en su elección para el taxón, es decir deberá indicarse la razón de porque es elegida para evaluar ese grupo en particular. Generalmente se sugiere más de una metodología para evaluar un mismo grupo, de tal forma que puedan combinarse metodologías que complementen la información sobre el grupo.

Siempre es recomendable utilizar alguna metodología que defina parcelas fijas, en combinación con otros métodos, de tal forma que puedan ser estas estaciones evaluadas de forma continua a lo largo del tiempo como referencias permanentes del proyecto y del programa de monitoreo biológico. Igualmente, se deben establecer los criterios claramente de porque elegir determinados sitios para ubicar las parcelas de observación o de recolección de muestras.

En todo caso, los métodos de muestreo deben estar en coordinación con los métodos analíticos que serán utilizados posteriormente para evaluar los resultados del monitoreo biológico.

- Intensidad del monitoreo

De acuerdo con algunos autores la intensidad del monitoreo depende de los objetivos y del conocimiento de los fenómenos de interés. Es importante decidir la intensidad con respecto a tiempo, espacio y variables de interés. En general, los reducidos recursos económicos y humanos limitan la intensidad del monitoreo, por lo que es importante tomar decisiones adecuadas sobre el balance entre estos tres factores.

- Número de repeticiones

El número de repeticiones en un programa de monitoreo esta íntimamente relacionado con el nivel de detalle que el estudio pretende. La periodicidad de las evaluaciones puede llevarse tan frecuentemente como sea posible, incluso diariamente, pero usualmente estas repeticiones por aspectos de extensión, tiempo y costo se hacen de forma estacional, anual o multianual. Es recomendable iniciar los programas de monitoreo con alta intensidad, la cual se puede ir reduciendo una vez que se conoce un poco el patrón de estacionalidad del fenómeno de interés y es posible escoger las mejores temporadas para hacer un monitoreo anual.

- Número y ubicación de estaciones

Una gran dificultad para el monitoreo se presenta por la heterogeneidad espacial que resulta de la topografía, el clima, el suelo, la geología, la vegetación

y las actividades humanas que se desarrollan en un sitio de estudio. Por ello, la determinación del número y ubicación de las estaciones de muestreo es una cuestión fundamental para el éxito del estudio.

La extrapolación de datos es una posibilidad, así como la comparación de sitios similares, pero es una cuestión que debe definirse previamente dentro de la metodología y con base en la representatividad de estos sitios respecto a sus hábitats y a la respuesta que esperamos. Esto puede aplicarse por ejemplo en el caso de la vegetación, si conocemos los patrones espaciales y la heterogeneidad de los tipos de vegetación, entonces es más probable la extrapolación entre lugares.

Otro aspecto a considerar dentro del estudio, es la diferenciación que debemos hacer entre los efectos causados por una actividad humana y aquellos derivados de la dinámica natural de un área (los ecosistemas son dinámicos y cambian constantemente). En este sentido, se recomienda incorporar al muestreo unidades de control o parcelas de control (sin actividad humana) para poder comparar los resultados de otras parcelas en evaluación, sin embargo, muchas veces esto es improbable o poco factible, ya que generalmente se asocia este tipo de sitios control con condiciones de poca accesibilidad humana, lo cual dificulta su incorporación al estudio.

Algunos estudios han tratado de utilizar las zonas núcleos como sitios control. Sin embargo, la distancia entre estas zonas y los tratamientos y los sesgos con los que fueron establecidas no permiten estas comparaciones.

Existe una relación directa entre la confiabilidad de comparar sitios o parcelas y la distancia específica entre ellas. Los sitios que están más cercanos son más confiables al compararlos, debido a que poseen por lo general

condiciones similares de hábitats, distribución de especies y condiciones ambientales, por lo que hay menos variables involucradas al momento de explicar un fenómeno. Por el contrario, al comparar sitios muy distantes, pueden ser notorias las diferencias de estructura y composición de las especies, así como la distribución de hábitats, además de diferencias significativas respecto a clima, tipo de suelo, entre otros.

En el Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murcielagos desarrollado en Quito, Ecuador durante el 2014, diversos autores coincidieron en indicar que al momento de comparar el muestreo de distintos sitios, es importante recordar que con la modificación de pequeños gradientes topográficos se puede modificar también la composición y estructura de los sitios.

Se recomienda que el número y ubicación de parcelas de estudio sea representativo del área a estudiar, que abarque con eficacia la totalidad de hábitats del terreno y que a la vez este diseñado para responder las preguntas centrales del monitoreo.

5.7. Métodos de análisis de los datos

Siempre es recomendable la utilización de métodos estadísticos bien conocidos y bien desarrollados para darle validez y confiabilidad a los resultados obtenidos del monitoreo biológico y ayudarnos a interpretar los datos obtenidos.

De acuerdo con diversos autores, los métodos estadísticos deben ser seleccionados conjuntamente en el diseño de muestreo, definiendo las herramientas específicas a utilizar, su alcance y forma de uso, de tal forma que las técnicas de muestreo y el diseño general estén enfocados a proveer los datos necesarios para los análisis previstos. Siempre deben establecerse los métodos

estadísticos a priori, para no encontrarnos con un diseño o con datos que no respondan a las pruebas deseadas y más aún, que no den respuestas confiables a las preguntas esenciales del monitoreo.

5.8. Resguardo de la información

Para poder hacer el tratamiento adecuado de los datos y poder contar con ellos para su análisis en todo momento, haciendo comparables los resultados del monitoreo entre sí y con estudios similares de otros lugares, es necesario contar con un sistema efectivo de resguardo de la información. Generalmente hablamos de bases de datos, tanto físicas como electrónicas, donde se va adjuntando la información conforme se va obteniendo.

Además, en estas bases se van guardando también los análisis y resultados que se obtienen de los datos, estudios complementarios, evaluación de las acciones derivadas y documentos e informes presentados para su difusión y comunicación.

Se recomienda que las bases físicas contengan toda la documentación obtenida en campo, notas, esquemas, entre otros. y que estén en lugares seguros, accesibles y con condiciones apropiadas de almacenamiento de documentos.

Se recomienda que las bases electrónicas tengan copias de seguridad, que exista al menos una base central y una copia de seguridad en ubicaciones físicas diferentes. Las bases deben estar diseñadas en formatos universales y preferentemente publicadas en algún portal académico o científico, que además de darle confiabilidad, accesibilidad y seguridad a las propias bases, también le brinda prestigio y reconocimiento al proyecto.

5.9. Análisis estadístico

Para obtener un resultado confiable y adecuado a partir de los datos obtenidos en el monitoreo biológico, es necesario realizar un análisis estadístico sólido y preciso. Las pruebas que se utilizarán deberán estar ajustadas al diseño del programa de monitoreo biológico, generalmente para cada grupo taxonómico a evaluar.

Existen muchas pruebas estadísticas distintas para un mismo grupo y entre grupos, se debe ser cuidadoso al elegir la prueba estadística que mejor se acomode al tipo de muestreo y de datos a obtener por cada grupo taxonómico, la cual debe ser citada y referenciada en la literatura para que pueda ser consultada por quien examine los datos y quisiera replicar los estudios. Una vez seleccionada la prueba, deber ser definida y explicada metodológicamente con respecto al diseño de muestro, a su ejecución y a sus resultados esperados.

Se recomienda el uso de paquetes y programas estadísticos conocidos que ayuden al procesamiento de los datos, por ser estos de carácter multivariado, que cuenten con el poder suficiente para lograr extraer al máximo todos los resultados posibles del monitoreo.

De acuerdo con la literatura, al establecer un programa de monitoreo se debe tener una idea clara del tipo de análisis estadístico que se utilizará. Muchos estudios, luego de pasar varios años, se dan cuenta que sus diseños no cumplen con las suposiciones necesarias o carecen de elementos fundamentales para ser analizados y llegar a obtener resultados válidos y reales.

Antes de iniciar un monitoreo, es esencial efectuar un análisis de poder estadístico. El poder estadístico es la probabilidad de rechazar una hipótesis nula

falsa o lo que se conoce como un error de tipo II. Existen una variedad de programas para hacer los cálculos de poder estadístico.

La forma de conocer si el diseño es adecuado para no cometer un error Tipo II es mediante un análisis de poder. La falta de detección de tendencias cuando en realidad existen es conocida como error de tipo II, a menudo hay diferencias en las tendencias debido a tamaños de muestras pequeñas. Este es un error común en estudios de conservación porque generalmente las poblaciones son pequeñas y la variabilidad es alta.

Otros autores explican que otro problema bien conocido, se refiere a la pseudoreplicación (el uso de muestras que no son independientes), que es uno de los principales problemas del diseño y análisis de datos que sesga los resultados.

5.10. Uso de herramientas de computación: Simuladores y software informático

Ya se ha mencionado el uso de procesadores y programas con poder suficiente para el análisis estadístico, pero además existen otras herramientas informáticas que pueden ser muy útiles para el análisis final y la obtención de resultados de un monitoreo biológico.

Una de estas herramientas corresponde al uso de simuladores. Los simuladores son programas específicos que, al ser alimentados con los datos apropiados y ciertos, pueden como su nombre lo indica, simular un comportamiento y proyectar un resultado determinado sobre la serie de datos con relativa certeza y confiabilidad.

Al principio los simuladores fueron desarrollados para crear modelos de predicción sobre la tendencia de datos abióticos, como las plumas de contaminación de chimeneas al aire, el modelo de filtración de contaminantes en el suelo o difusión de contaminantes en un cuerpo de agua.

A partir de la relación de estos parámetros cada vez más íntimamente ligados con los aspectos biológicos en lo proyectos, se han desarrollado simuladores de comportamiento biológico que estudian y proyectan modelos de comportamiento de determinadas especies o grupos taxonómicos, los cuales pueden predecir posibles impactos y ayudar a atender la mitigación de los mismos.

El uso de simuladores es un paso más allá del análisis estadístico y de las proyecciones, puede resultar muy útil para ahorrar costos del programa físico de monitoreo, por supuesto se necesitan especialistas bien entrenados para su manejo y una serie de datos confiables y bien recolectados para que funcione con eficiencia.

5.11. Colecciones de referencia

Para darle soporte y solidez a un monitoreo biológico es necesario contar con colecciones de referencia. Estas colecciones obtenidas en el campo deben estar bien tratadas en el laboratorio, sus muestras perfectamente preservadas atendiendo a los métodos y medios específicos citados en la literatura e identificadas con todos sus datos para que puedan ser útiles como referencia.

Las colecciones de referencia deben ser depositadas de preferencia en instituciones académicas como universidades o museos, jardines botánicos o en alguna localización accesible al público. No es recomendable resguardar

colecciones de referencia por los propios proyectos, debido principalmente a los costos de espacio y de mantenimiento requerido para la conservación de los especímenes, pero no quiere decir que no se pueda hacer.

Si se cuentan con los recursos necesarios es posible crear colecciones propias, privadas con ciertas condiciones: deberán tener salas o sitios de consulta accesibles al público, con instalaciones y equipos adecuados para su observación y evaluación, tener laboratorio específico y personal especializado para atender los distintos taxones colectados y preservados, contar con todos los medios para el cuidado de las colecciones para mantenerlas en buen estado. Las colecciones siempre deben estar disponibles y accesibles a las personas que quieran consultarlas para la verificación de sus datos, para investigación y para compartir sus resultados.

Las colecciones son específicas para cada taxón, así es posible tener distintos medios para tener colecciones de todos los taxones, por ejemplo, para el caso de las plantas los herbarios, que quizás sean los de más fácil manejo, para los invertebrados colecciones en alfileres, en frascos de preservación, entre otros, para los vertebrados no se recomiendan colecciones de especímenes in vitro o disecados por el impacto a sus poblaciones, por lo que se recomiendan otros medios como colecciones fotográficas (incluyendo las cámaras trampa), moldes de huellas, grabaciones de cantos o sonidos, entre otros.

No contar con colecciones de referencia pone en duda los verdaderos resultados del monitoreo biológico y generalmente deja sin pruebas reales los datos colectados u observados.

5.12. Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones deben estar enfocadas en responder las preguntas planteadas en el diseño experimental y el diseño de muestreo. Es importante recordar que un monitoreo biológico para proyectos o actividades productivas no está enfocado en desarrollar estudios o publicaciones académicas, no son estudios de áreas protegidas o de reservas, donde el fin es propiamente la investigación.

No quiere decir que sus datos no puedan utilizarse o ser válidos para este fin, como una situación secundaria de contribución a la ciencia y la investigación o como un medio para difundir y compartir datos a nivel global, pero no es ese el fin primordial del monitoreo biológico aplicado a este tipo de proyectos.

En los proyectos productivos buscamos responder preguntas más directas. Básicamente, evaluar si existen impactos a los ecosistemas provocados por la actividad productiva, ¿cuál es el nivel y alcance de estos impactos?, ¿cómo se asocian estos impactos con el cumplimiento de leyes y normativas?, ¿cuáles podrían ser las causas de estos impactos y sus consecuencias? y ¿cómo podríamos atender la situación para prevenirlos, mitigarlos, corregirlos o compensarlos?

Por eso las conclusiones y recomendaciones deben estar dirigidas a resolver estas preguntas inicialmente, para luego poder extenderse si se desea a otros campos, incluyendo el científico.

5.13. Publicación y difusión de resultados

El paso final para la validación de procedimientos y resultados del monitoreo biológico y para mostrar la transparencia de su ejecución, consiste en hacer publicaciones y una difusión apropiada de sus mecanismos y resultados.

Una difusión apropiada de resultados en tiempo puede servir para cumplir aspectos normativos y legales, refuerza la calidad del proceso en sí mismo porque permite comunicar permanentemente a diversos interesados la consecución del programa, su desarrollo y sus resultados, así como las acciones derivadas de los mismos.

También permite una forma de acercamiento y socialización con las comunidades y grupos sociales de manera responsable, pudiendo demostrar el interés y la seriedad con que se aborda el tema, la inversión que se hace para preservar el medio natural y los esfuerzos compartidos por lograr la sostenibilidad de los recursos.

Como medios de difusión se pueden utilizar boletines, revistas o publicaciones en revistas, conferencias, charlas informativas, informes periódicos, talleres, seminarios, publicaciones científicas, afiches, cartillas.

Para diversos autores difundir los resultados a nivel académico brinda una referencia muy apreciada y confiable desde todos los puntos de vista, poseer algún tipo de convenio o relación de publicación de los resultados con universidades o entidades especializadas, da seriedad al proceso, valida sus datos, cumple con los mejores estándares de los proyectos, lo hace comparable a niveles internacionales y le puede conferir mucho prestigio y solidez al propio proyecto.

5.14. Indicadores puntuales recomendados para cada tipo de proyecto

A continuación, se describirán algunos indicadores puntuales, recomendados para el uso de monitoreo, para cada tipo de proyecto de generación eléctrica y mineros en general

5.14.1. Proyectos hidroeléctricos

Para este tipo de proyectos, toda vez que el elemento principalmente utilizado y afectado en el medio natural es el agua, que servirá como medio generador, la recomendación que se considera indispensable para la primera elección de bioindicadores es la de macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos permitirán un adecuado y directo monitoreo del cuerpo o los cuerpos de agua utilizados y posiblemente afectados por la actividad hidroeléctrica. Por su puesto, como ya se ha indicado ampliamente en la literatura, un solo grupo o taxón no son suficientes para un monitoreo biológico efectivo, se deben elegir otros indicadores terrestres del área de influencia del proyecto, pudiendo ser estos: unas pocas especies de aves, de mamíferos o de anfibios, unas pocas especies de algún grupo de insectos terrestres, o bien una combinación de especies de estos grupos.

5.14.2. Proyectos solares

El principal bioindicador para un proyecto eólico, dadas las características de fragmentación que causa su instalación y funcionamiento, se refiere a las plantas. Más concretamente al estudio y monitoreo de la cobertura boscosa, la reconectividad y los corredores biológicos, como medios de compensación al impacto ocasionado.

5.14.3. Proyectos eólicos

Para el caso de los proyectos eólicos, por las amplias referencias que se han establecido en la literatura sobre los principales impactos que causan este tipo de proyectos en todo el mundo, se establecen como bioindicadores indispensables: el monitoreo de las aves, de los murciélagos y de algunas especies de insectos voladores, especialmente avispas y abejas por su importancia en la polinización.

Adicionalmente, conociendo el impacto por fragmentación natural que causan estos proyectos por su tamaño y extensión, se deben realizar estudios y monitoreo sobre la reconectividad de las áreas aledañas y la recomposición de corredores biológicos adyacentes al proyecto como medio de compensación natural.

5.14.4. Proyectos geotérmicos

Para los proyectos geotérmicos se recomienda la utilización del monitoreo de especies vegetales como bioindicadores, dado que la naturaleza del recurso subterráneo que utiliza puede expulsar ciertos gases que afecten su entorno inmediato. También puede complementarse con el uso de macroinvertebrados acuáticos o peces, ya que se reporta en la literatura posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas derivadas del proceso geotérmico.

Adicionalmente, se recomienda el monitoreo de factores abióticos, en este caso concretamente la calidad del aire debido a las posibles emanaciones que cause la planta.

5.14.5. Proyectos por combustibles fósiles, carbón u otros

Los proyectos de generación por combustibles fósiles sean estos por combustibles refinados o bien por carbón u otros derivados, son tratados de la misma manera porque en general se comportan de manera similar. Quizás el punto más complejo se refiera al carbón, debido a las diferentes calidades de carbón que existen para combustionar y dependerá de estas calidades el nivel de generación de contaminación en un sitio.

Claro está que como se ha señalado la generación por combustibles fósiles ya no tiene popularidad y no está bien vista, pero hoy en día todavía es una parte importante de la generación eléctrica del mundo y por supuesto eso incluye a Guatemala.

Por lo mismo, para controlar los impactos de estas centrales es necesario establecer un programa de monitoreo biológico que vigile sus emanaciones y mida su impacto en los ecosistemas. Además de llevar monitoreo ambiental del aire y su contaminación, se recomienda la utilización de especies vegetales y animales combinadas para el monitoreo, atendiendo a las condiciones propias del lugar del proyecto.

5.14.6. Proyectos por biomasa y/o biocombustibles

Para los proyectos de biomasa o biocombustibles utilizados en la generación eléctrica, se recomienda la utilización de especies vegetales como indicadores, sobre todo aplicado a los sitios específicos de donde proviene la biomasa. En este caso no solo se refiere al punto de generación en sí, sino a todo el sistema para la generación incluyendo lo referente a los puntos de obtención de la biomasa debido al impacto que provoca la deforestación de las áreas.

En el punto de generación, se debe igualmente monitorear las especies vegetales y combinarlo con taxones menores como los insectos, para establecer un programa de monitoreo biológico que atienda el posible impacto de generación de material particulado al ambiente y su impacto en la flora y en la fauna del lugar.

5.14.7. Proyectos mineros

Para el caso de los proyectos mineros en general, sin distinción respecto a si son metálicos o no metálicos, a cielo abierto o subterráneos, artesanales o mecanizados, entre otros. Se considera que debido a los impactos que causan en el medio natural, se debe realizar monitoreo biológico integrando diversos taxones como indicadores.

Además, es importante en estos casos desarrollar paralelamente monitoreo ambiental de los aspectos abióticos (agua, aire, suelo), para relacionarlos con los datos del monitoreo biológico y establecer posibles causales de los impactos.

No hay taxones específicos para este tipo de proyectos, por lo que dependerá de cada lugar y sus características establecer los taxones necesarios para su monitoreo. Se recomienda utilizar macroinvertebrados acuáticos en todos los proyectos que involucren cuerpos cercanos de agua o cuya extracción se realice muy próxima o dentro de estos cuerpos de agua.

También se recomienda la utilización de varios niveles jerárquicos de los taxones combinados a nivel terrestre, para obtener una buena respuesta del programa de monitoreo a largo plazo.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El monitoreo biológico no es una práctica nueva en el mundo, tampoco en América y mucho menos en lo que concierne al territorio Centroamericano y específicamente a Guatemala. En la literatura hay múltiples ejemplos de la aplicación del monitoreo biológico realizado en el Istmo centroamericano y concretamente en Guatemala, desde hace casi 20 años, por supuesto hablamos de estudios aplicados a áreas de reserva, de protección especial o bien estudios académicos.

Sin embargo, las metodologías, técnicas y aplicaciones de sus conceptos pueden ser trasladadas íntegramente a cualquier tipo de proyecto y sus experiencias son válidas de utilizar para proyectos de carácter privado, sobre todo aquellos de mayor impacto al ambiente como son los proyectos de generación eléctrica y mineros. En este trabajo se logró determinar la situación de esta práctica en el país, se adaptó un contenido mínimo de referencia con base en la literatura internacional para el monitoreo biológico y finalmente se elaboró una guía propia para monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

De acuerdo con Marsh y Trenham (2008), el monitoreo es fundamental para la conservación y la protección de la biodiversidad, una biodiversidad que comprende servicios ecosistémicos que son esenciales para la vida humana. Muchas veces el monitoreo se ha descrito y tipificado como una herramienta básica para el control de impactos ambientales y su seguimiento, tal como lo señala Schmeller (2008) es una pieza esencial para intentar conservar la

naturaleza en todo el planeta. A pesar de esto, muchos programas de monitoreo carecen de una sólida base ecológica y están mal diseñados.

En su trabajo de los páramos de la cuenca del Lago de Tota, López (2016), indica que con relativa frecuencia, los resultados del monitoreo son ignorados, no concurren ni son incluidos en la toma de decisiones y no conducen a intervenciones oportunas de manejo o de protección ambiental, tampoco a la preservación de los recursos naturales.

Si el monitoreo no se hace solo por un interés científico, este debe recopilar información útil, que permita desarrollar políticas de conservación, evaluar los resultados de gestionar un área, elaborar guías de uso y apoyar la toma de decisiones para el manejo de un sitio. Ciertamente los programas de monitoreo pueden ser difíciles y caros, a menudo no cuentan con los recursos financieros suficientes y por lo mismo son deficientes en su ejecución y en sus resultados. Pero no podemos negar que son una herramienta invaluable en la protección ambiental y del hombre mismo, tal como lo indica su uso frecuente en diversos programas a nivel mundial, sobre todo ahora que el mundo se enfrenta con la amenaza global del cambio climático a la cual debemos adaptarnos.

De aquí surgen precisamente, conceptos como la adaptación con base en los ecosistemas o el manejo adaptativo, donde el monitoreo se constituye como una herramienta fundamental para la preservación de las especies y la biodiversidad, base del sostenimiento humano.

Los programas de monitoreo biológico en el mundo se hacen a diferentes escalas, organizaciones como FAO y PNUMA, agencias de las naciones unidas, como la OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, o

conocidas organizaciones no gubernamentales como: UICN, WWF y WRI, realizan monitoreo a escala mundial.

La Comunidad Europea por ejemplo ejecuta monitoreo a escala regional, pero también es importante el monitoreo de escala nacional y local para poder incrementar nuestros conocimientos sobre áreas específicas y hacer comparativos sus resultados en la búsqueda de estrategias más integrales de conservación, en este sentido es donde podemos intervenir con un trabajo puntual de los proyectos. Sin embargo, diversos autores como Yoccoz *et. al.* (2001), Noon (2003) y Kull *et. al.* (2008) señalan que la evidencia indica que las prácticas de monitoreo biológico están muy lejos de ser satisfactorias. Una revisión crítica sobre el desarrollo del monitoreo biológico en el inicio del siglo XXI puede ser encontrada en Yoccoz *et. al.* (2001).

Muchas veces en la práctica, el monitoreo no logra cumplir con las expectativas preestablecidas y esto se debe a diversas razones. Por ejemplo, Kull *et. al.* (2008), realizaron una investigación sobre la eficacia del monitoreo, evaluando 63 esquemas de monitoreo de campo en Europa y 33 esquemas descritos en la literatura, los cuales incluían 354 especies de plantas vasculares. Ellos encontraron que los esquemas utilizados no colectaron suficientes datos para ser concluyentes, sobre todo al tomar en cuenta la dinámica relacionada con los patrones de dispersión y áreas geográficas de las especies, por lo que se pierde calidad desde el mismo diseño del esquema que deja por fuera consideraciones importantes para su evaluación.

Implementar un programa de monitoreo puede ser difícil y muy costoso, debido a ello en muchos casos se le da poca prioridad a este tipo de acciones y al no contar con la financiación adecuada, generalmente se llega a una mala implementación y por lo mismo a un mal resultado. Por ello es muy importante al

momento de desarrollar el diseño experimental, poder incluir en el esquema de monitoreo aspectos como la diversidad genética del lugar, la integración de diversas escalas y niveles de apreciación, así como el contexto propio de las áreas incluyendo lo referente a las alternativas de manejo sostenible de las mismas.

Hay muchos otros factores por los cuales un programa de monitoreo puede fracasar. Entre sus causas más comunes están: razones técnicas como un mal diseño de proyecto, múltiples recolectores u observadores de datos que no son confiables, un equivocado análisis e interpretación de resultados; razones económicas como un mal cálculo de los recursos necesarios para desarrollar el trabajo, imprevistos no contemplados y falta de apoyo en personal o insumos; hasta problemas legales e incluso institucionales como: falta de apoyo a los sistemas o programas de monitoreo, la negación de permisos y acceso a información importante, la falta de equipo como vehículos, laboratorios o herramientas de análisis por ejemplo.

En todo caso, el desarrollo del monitoreo debe comprenderse como un proceso gradual. Primero deben especificarse metas y objetivos, luego caracterizar los factores de estrés en el sistema, desarrollar los modelos conceptuales del sistema, entonces seleccionar los indicadores apropiados del monitoreo, desarrollar el diseño de muestreo, definir los criterios de respuesta y sus comparaciones y finalmente vincular los resultados del monitoreo con la toma de decisiones.

Para todo monitoreo, es necesario siempre elaborar un programa o una estrategia que contenga: objetivos, metodología para cada elemento a monitorear, revisión de recursos, estrategia de muestreo, revisión de equipo para el muestreo, tratamiento y análisis de datos, sistema de registro y

almacenamiento de datos, revisión de normas y leyes como el caso de licencias y permisos necesarios, metodologías de análisis, técnicas de interpretación de datos, sistemas de comunicación de resultados y todo esto dentro de un cronograma de trabajo definido previamente.

Es importante, que dentro del adecuado diseño del programa se cuente con una línea base, así como el desarrollo de técnicas de muestreo apropiadas y seguras, de manera que pueda ser más fácil poder detectar tendencias de cambio con cierta precisión.

En términos generales el monitoreo debería responder a lo siguiente: primero poder establecer si se están cumpliendo con ciertos estándares, estos pueden corresponder a normas nacionales, normas técnicas de aplicación general, tratados y convenios internacionales o bien a estándares establecidos por la comunidad internacional y que son bien conocidos y aceptados por la generalidad, también podrían corresponder a estándares previamente adoptados por el proyecto y contra los cuales se compara sus resultados; poder detectar cambios en los lugares o áreas de estudio y generar respuestas a cambios no deseados o que no cumplen con los estándares aceptados o fijados; debe contribuir para diagnosticar las causas que provocan o pueden provocar los cambios; y finalmente debe servir para evaluar las acciones emprendidas y su éxito para mantener los estándares, para prevenir los cambios no deseados, para corregirlos o bien revertirlos cuando sea necesario.

La situación del monitoreo biológico en el mundo ha sido reconocida como fundamental, no solo por el poder que tiene esta herramienta en los programas de conservación y desarrollo de los distintos países, pero también por la importancia que reviste su aplicación en diversas actividades, pudiéndose adaptar prácticamente en cualquier contexto y actividad. De hecho, actualmente

el monitoreo es aplicado y considerado como una estrategia indispensable en el combate y adaptación al cambio climático y en la consecución de procesos encaminados a garantizar un desarrollo sostenible, un uso apropiado de los recursos naturales, así como su preservación para las futuras generaciones.

6.1. Situación actual del monitoreo biológico en Guatemala.

A cerca del cumplimiento del objetivo específico uno y la primera parte del objetivo general de este trabajo, se estableció la situación de la conceptualización y el uso del monitoreo biológico y ambiental en Guatemala.

A partir de la creación del Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, se creó también la entidad estatal responsable de su aplicación y de cuidar el cumplimiento de los temas ambientales en Guatemala. Así surge en el año 1986 la Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA– como una institución de la Presidencia de la República, la cual opera como tal hasta el año de 1999, pasando en el año 2000 por un proceso breve de conversión a ser la Secretaría de Medio Ambiente y casi inmediatamente formándose como el Ministerio de Ambiente, el cual hasta la fecha opera como tal.

En el lapso de tiempo de operación de la CONAMA, se establecen los lineamientos y parámetros para la presentación de los instrumentos ambientales con miras a obtener las licencias ambientales por parte de los proyectos, obras, industrias y actividades, así como los medios incipientes de su evaluación, control y seguimiento, incluyendo lo referente a los conceptos de inspección, verificación, evaluación, monitoreo y seguimiento.

Respecto a la parte histórica, se compilaron y revisaron los proyectos mineros y de generación eléctrica presentados durante la etapa de operación de la CONAMA, determinándose que en el Archivo General del MARN no hay mayor documentación al respecto sobre dicha época. De hecho, muchos de los expedientes ambientales que corresponden al período de 1994, que fue la fecha más antigua que se encontró en estos expedientes, hasta 1999, fecha del último año de operación de la entidad como tal, están destruidos, incompletos o ilegibles.

Por lo mismo, no es posible considerar que la muestra obtenida de los proyectos mineros y de generación eléctrica de 1994 a 1999, sea representativa ni confiable sobre la cantidad y calidad de los expedientes que fueron presentados en su momento y por lo mismo, solamente son considerados como una muestra histórica de este período de operación donde lo más relevante que podemos apreciar, es que ya existía una conceptualización incipiente sobre el tema del monitoreo, ya sea ambiental o biológico.

De los 12 proyectos obtenidos en ambas categorías, 5 corresponden a generación de energía y 7 a proyectos mineros, los 12 proyectos aparecen como aprobados y en el 100 % de sus expedientes, aparecen compromisos ya sea en sus resoluciones o en sus Planes de Gestión Ambiental o medidas de mitigación, que indican el monitoreo ambiental como herramienta de cumplimiento. Ahora bien, el término monitoreo biológico solo aparece en 2 de los 12 expedientes de forma manifiesta, sin embargo, se pudo constatar al revisar los documentos que varias de las referencias sobre lo que llaman monitoreo ambiental tiene contenidos biológicos o bióticos propios de un monitoreo biológico, por lo que se incluye el tema aún sin darle el nombre preciso.

Para establecer la situación del concepto, aplicación e imposición del monitoreo biológico en Guatemala, en la época posterior a la CONAMA, se tomó como referencia la interacción del MARN, como autoridad reconocida a nivel nacional en la materia ambiental, y los proponentes de proyectos en todo el país que deben obtener y mantener una licencia ambiental para poder desarrollar sus obras y ejecutar sus operaciones.

Del año 2000 al año 2014 se presentaron un total de 385 proyectos entre proyectos de generación eléctrica y proyectos mineros, de los cuales el 77.4 % corresponden a proyectos eléctricos y el restante 22.6 % a proyectos mineros. De los 298 proyectos de generación eléctrica, el 76.8 % obtuvieron una resolución ambiental aprobatoria por parte del Ministerio. De los 87 proyectos mineros, el 64.4 % fueron aprobados. Estos datos sugieren que, de los proyectos de mayor impacto ambiental que se presentan ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el período analizado, tres cuartas partes son proyectos de generación eléctrica y solo una cuarta parte son proyectos mineros. Es evidente a lo largo del período de evaluación, que hay un considerable crecimiento en la presentación de los proyectos energéticos en comparación con los proyectos mineros.

Del total de proyectos aprobados por el Ministerio para el período en análisis, respecto a los proyectos de generación eléctrica, que fueron 229, el 93.4 % tiene la obligación de implementar monitoreo ambiental, pero solo el 55.5 % la obligación de realizar monitoreo biológico. De manera similar ocurre con los proyectos mineros, del total de proyectos aprobados, que fueron 56, el 92.9 % tiene la obligación de realizar monitoreo ambiental y el 51.8 % especifica monitoreo biológico.

La tendencia en ambos tipos de proyectos, a pesar de que sus números globales difieren en proporción, es prácticamente la misma. En ambos casos prevalece en un alto porcentaje (más del 90 %) la instrucción de realizar monitoreo ambiental, mientras que alrededor de un 50 % de ellos especifica la obligación de hacer monitoreo biológico. Ahora bien, debemos indicar que al realizar la revisión detallada de lo que comprende un monitoreo ambiental, de acuerdo con los conceptos manifestados dentro de los propios instrumentos ambientales y aquellos expresados por el MARN, generalmente este se comprende como un monitoreo amplio de todos los aspectos ambientales del proyecto, incluyendo lo concerniente a la evaluación, control y protección de las especies y los ecosistemas del sitio de ocupación del proyecto.

Por lo tanto, mucho del concepto de monitoreo biológico es absorbido por el concepto de monitoreo ambiental en este caso. Por lo anterior precisamente, es que se decidió incluir la evaluación de ambos conceptos en el presente estudio, de manera que se cubriera totalmente la evaluación del concepto y la aplicación que se ha hecho en Guatemala sobre monitoreo de tipo biológico.

Es innegable, que el concepto de monitoreo biológico y su aplicación, de forma obligatoria y forzosa por parte de la máxima autoridad en el tema ambiental en el país, es una realidad. Los datos aportados en este trabajo demuestran claramente que el monitoreo biológico es aplicado en Guatemala, que el MARN lo exige dentro de los compromisos ambientales que impone a sus administrados y que lo usa como una herramienta para el control y seguimiento posterior de los proyectos que aprueba.

También se demuestra que, aunque el concepto es aplicado, no se entiende ni se aplica bien y no hay capacidades técnicas desarrolladas que apoyen su implementación, por lo que su uso resulta más empírico y práctico que científico

y valido. El Ministerio no cuenta con guías, términos de referencia o reglamentación específica para implementar o desarrollar programas de monitoreo ambiental y/o biológico, su aplicación es hasta el momento desordenada, incompleta y poco técnica. Pero la razón fundamental estriba, en la falta de capacidad profesional de la institución, que no posee dentro de sus asesores ambientales, verdaderos especialistas del ambiente y mucho menos de los procesos más especializados de carácter biológico, como lo es el monitoreo.

No es difícil explicar entonces, que los esfuerzos hechos a la fecha, los cuales son muy pocos, por parte de los proyectos de generación eléctrica y mineros, resulten en meros ensayos, en pruebas de acierto y error, en seguimientos mal enfocados, mal diseñados y que al final no muestran validez alguna o solamente de forma parcial, pero son un esfuerzo, al fin y al cabo.

No podemos culpar a aquellos que no son bien informados, que no tienen la posibilidad de consultar con quien debería ser la entidad que domine tales temas. Por lo tanto, los estudios de monitoreo biológico o ambiental presentados a la fecha ante el ministerio realmente no cumplen ni con su cometido para demostrar que los compromisos ambientales son atendidos eficientemente, ni con la verdadera estructura de un programa de monitoreo ambiental o biológico, de acuerdo con los contenidos que son usualmente referidos en la literatura.

6.2. Comparación de las técnicas internacionales con los modelos nacionales presentados ante el MARN

Sobre el cumplimiento del objetivo específico dos y la base inicial para el cumplimiento de la parte final del objetivo general de este trabajo, se establecieron los contenidos mínimos adaptables y suscepstibles de aplicación a un modelo propio de programa de monitoreo biológico en Guatemala.

Respecto a los contenidos determinados en la literatura, como los más apropiados a ser parte de un programa o sistema de monitoreo biológico, se debe indicar que las fuentes consultadas en su mayoría corresponden a publicaciones de primer nivel (revistas indexadas).

Muchos de estos contenidos se repiten en otras referencias que, aunque no fueron colocadas posiblemente por sus temas específicos o bien por sus contenidos generalistas, refieren partes o la totalidad de estos parámetros como los más utilizados para el desarrollo de sus monitoreos. La mayoría de las referencias, corresponden a experiencias de lugares tropicales, o bien a países con megadiversidad, situación muy similar a la que experimenta Guatemala, por lo que sus resultados son incluso comparables con nuestra realidad y adaptables por consiguiente a nuestras necesidades.

Los estudios consultados demuestran, que la planificación y ejecución de un estudio de monitoreo biológico debe contener partes indispensables, como un diseño experimental y un adecuado diseño de muestreo, para poder considerar con seriedad sus resultados y sobre todo para hacerlos utilizables en la práctica. Pero también es importante contemplar aspectos como un buen estudio previo del área, una buena descripción del lugar, contar con los medios apropiados para la aplicación del diseño del estudio, un buen tratamiento de sus datos y un buen informe de sus resultados.

Al respecto, el análisis estadístico apoyado en una buena aplicación informática resulta determinante a la hora de poder racionalizar los resultados y concluir sobre los mismos con el afán de aplicarlos para prevenir y mitigar los impactos ambientales provocados por los proyectos productivos. No es un capricho desarrollar pruebas estadísticas o manejar estadísticamente los datos,

es una necesidad de poder auxiliar el análisis en aproximaciones razonables que provean respuestas efectivas a los problemas planteados. Igualmente, la comunicación o socialización de los resultados del monitoreo, permite la comparación de los mismos con otros estudios similares, dentro y fuera del país, fortaleciendo la asociación de datos que pueden resultar útiles en la interpretación final de los estudios, la transferencia tecnológica de soluciones adaptadas a nuestro medio o la búsqueda de soluciones conjuntas con otras entidades, instituciones o empresas involucradas en el tema.

Ahora bien, al realizar la comparación de los contenidos de referencia extraídos de la literatura, con los estudios sobre monitoreo biológico presentados por los proyectos de alto impacto ante el MARN, se ha podido apreciar que existen nociones similares sobre estos contenidos y que los proyectos manejan los términos e intentan aplicarlos, aunque su conceptualización es poco clara y su aplicación final poco válida.

De todos modos, se evidencia que los parámetros contemplados como de referencia mínima para un programa o sistema de monitoreo biológico, son compartidos por estos proyectos, aunque sean mal ejecutados, mal interpretados y mal aplicados, sus resultados y sus aplicaciones sean dudosas, poco verificables y nada replicables y su conceptualización no sea la correcta; los proyectos tienen la idea de su aplicación y de su uso, ya sea por consultas a la literatura o por referencias de terceros (consulta con universidades, instituciones o asesores que manejan temas ambientales).

Esto justifica plenamente, que estos conceptos y contenidos mínimos pueden ser perfectamente adaptados y desarrollados para el monitoreo biológico de los proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, porque no son desconocidos, ni ajenos a lo que intentan entender y aplicar estos proyectos.

Claro está, los fines son muy variados y distintos en sus actividades, pero la finalidad primordial de todos apunta al cumplimiento de sus compromisos ambientales.

Por lo tanto, los contenidos diagramados en este trabajo, para el monitoreo biológico, son perfectamente válidos y aplicables a los proyectos productivos de diversos campos y no habría inconveniente en aceptarlos y aplicarlos. Solo hablamos de conceptualizarlos correctamente y de realizar su ejecución de manera más técnica y científica para dar validez a sus resultados. Con este fin, se han identificado las principales falencias que muestran los estudios de caso con respecto a los conceptos y aplicación de los parámetros mínimos, definidos como el contenido de referencia necesario e indispensable para un correcto monitoreo biológico.

Entre las grandes deficiencias detectadas, podemos mencionar que los trabajos no son comparables, ni dentro del mismo país ni con otras regiones de similares características. Los datos no están bien estandarizados, son deficientemente obtenidos y más deficientemente analizados. Esto obedece principalmente, a la carencia de diseños experimentales en los estudios, que más se podrían definir como monografías o inventarios exhaustivos de los lugares de los proyectos. Además, a una vaga aplicación de diseño de muestreo, que en algunos de los casos se puede hallar, pero remitido al estudio de un grupo taxonómico específico, sin detallar su vinculación con un sistema mayor o integrarlo al resto del estudio.

Esto da una noción equivocada del monitoreo biológico, los estudios se desarrollan como si fuesen un rompecabezas, los grupos taxonómicos son estudiados aisladamente, con metodologías separadas, no existe cohesión entre los estudios de cada grupo, ni una interpretación final que reúna los resultados

parciales de todos los grupos estudiados. No existe una aparente coordinación entre los diversos especialistas participantes, ni una dirección central del estudio que tome bajo su responsabilidad desarrollar un análisis integral de los resultados y una interpretación final que sea útil para el proyecto.

De esta suerte, encontramos dentro de los estudios de caso, metodologías aisladas, algunas incluso equivocadamente aplicadas a ciertos grupos taxonómicos, como el caso de cierto índice biológico que solo está referido en la literatura para su aplicación a especies dentro de cuerpos de agua y aparece aplicado a especies en un bosque, generalmente sin manejo estadístico, con conclusiones parciales que dejan más dudas que respuestas, sin poder ser replicados y en general sin cumplir con los aspectos legales obligados y con los aspectos científicos correctos.

Otro grave problema detectado en estos estudios es que no parten de una referencia cierta, no existen en su mayoría líneas base de los datos biológicos contra los cuales se comparé un monitoreo. En la literatura se referencia que sin una línea base contra la cual comparar sus resultados, un monitoreo biológico resulta insustancial y no es posible obtener una conclusión respecto al estado actual de un lugar por no conocer su estado original o su estado anterior a la intromisión del proyecto.

Por ello, es indispensable contar con una línea base del sitio de estudio y por lo mismo este ítem está contemplado como el primero a desarrollar dentro de la guía propuesta en este trabajo. Los grupos taxonómicos no responden a una verdadera investigación previa del lugar, no tienen escala o nivel adecuado de detalle para poder inferir variaciones comprobables sobre las alteraciones, ya sean naturales o provocadas por la actividad bajo evaluación. De esta forma, no son realmente útiles para demostrar si la actividad causa o no un impacto sobre

los recursos naturales que utiliza o que la rodean, no son determinantes ni fiables respecto a metodologías que puedan comprobarse como válidas y ajustadas a la realidad de los hechos.

6.3. Contenido de la guía para monitoreo biológico de proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

Sobre el cumplimiento del objetivo específico tres y la parte final del objetivo general, la guía desarrollada en este trabajo es una aproximación al contenido de un programa o sistema de monitoreo biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. Los parámetros obtenidos de la literatura y contrastados luego con los estudios de caso presentados ante el MARN, dieron la indicación de que dichos contenidos son utilizados universalmente por la mayoría de profesionales y académicos que trabajan con el tema de monitoreo en el mundo, pero además, que los trabajos desarrollados en Guatemala no son ajenos a estos contenidos, pero son desarrollados de manera parcial, con errores metodológicos graves e incluso con una aplicación desordenada que no presenta claramente los objetivos y funciones que debe desarrollar un monitoreo, por lo tanto tienen una validez muy discutible y una confiabilidad muy baja.

Muchos de los parámetros utilizados en la guía propuesta, son manejados por los trabajos que se presentan ante el MARN, de manera que no son desconocidos por parte de quienes los aplican. Sin embargo, su conceptualización y ejecución son erróneas en el desarrollo de los trabajos, presentan sesgos evidentes y fallos metodológicos claros que no permiten bajo ningún esquema poder validar la información obtenida.

Ciertamente, muchos de los materiales obtenidos y de los estudios realizados podrían aportar información valiosa para los proyectos e incluso para

desarrollar estudios de carácter científico sobre los lugares muestreados, pero no responden a las preguntas esenciales sobre el monitoreo que les exigen los compromisos ambientales impuestos por el MARN y mucho menos cumplen con los estándares que son requeridos para hacer funcional y útil un programa o sistema de monitoreo.

El análisis de los estudios de caso, evidencia que sus datos podrían integrarse como parte de las líneas de base de los proyectos, pero no constituyen en sí un plan, programa o sistema de monitoreo funcional y establecido. Basta describir que, en realidad no hay una selección de especies indicadoras dentro de sus evaluaciones, hacen un inventario del grupo taxonómico completo en lugar de estudiar biodindicadores específicos que pudieran dar respuesta a las inquietudes sobre posibles impactos a los ecosistemas.

Es por eso, que la guía presentada en este trabajo cubre los contenidos mínimos que se estiman necesarios para desarrollar un programa o sistema de monitoreo biológico, explicando algunos de sus conceptos básicos, incluyendo descripciones simples de los procesos y los modos de llevar a cabo las acciones del monitoreo, dando recomendaciones prácticas de cómo establecer los estudios, analizar los datos y resguardar las evidencias y los resultados de los mismos. También, incluyendo comentarios específicos sobre los biodindicadores más recomendables, a la luz de la lógica de cada actividad, sobre los distintos tipos de proyectos de generación eléctrica y mineros.

La guía no pretende ser exhaustiva, tampoco demasiado detallada como para ser considerada un estudio académico, trata de ser lo más práctica posible, de abarcar contenidos definidos para ser una lista de referencia de lo que debe cubrir un monitoreo biológico con validez técnica y científica, que pueda ser comparable, replicable y confirmado por otros entes o investigadores. No es un

contenido completo de lo que debe ser un programa de monitoreo biológico, es lo básico, explicado de manera general para ser utilizado por proyectos privados y así cumplir a cabalidad con sus compromisos ambientales, lo que significa también cumplir con la ley, además, que ayude tanto a los propósitos del país como de la empresa, en el aprovechamiento pleno y sostenido de los recursos naturales.

Es un modelo que permite simplificar los contenidos necesarios, que puede servir de apoyo a los proyectos ante la falta de guías o términos de referencia proporcionados por el MARN, que puede ayudar a los consultores, empresarios y autoridades a cumplir con responsabilidad con el tema ambiental y a aportar valiosa información al país sobre el estado de sus bienes naturales y su aprovechamiento.

CONCLUSIONES

1. Los conceptos y elementos sobre el monitoreo ambiental y biológico en Guatemala son bien conocidos, aplicados históricamente por el MARN y aceptados por sus usuarios. Con base en estos datos, la literatura consultada y el análisis de estudios de caso, se pudo generar un modelo de guía para monitoreo biológico aplicable a proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.
2. Hay una aplicación histórica, aunque mal implementada, del monitoreo ambiental y biológico para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala. Los datos analizados de 15 años (2000 a 2014) muestran que, en este período, el comportamiento es similar en ambos tipos de proyectos. Los proyectos de generación eléctrica tuvieron un 93.4 % de obligación de realizar monitoreo ambiental y un 55.5 % de monitoreo biológico, mientras los proyectos mineros un 92.9 % de monitoreo ambiental y un 51.8 % de monitoreo biológico.
3. Con base en los datos obtenidos de la literatura internacional y el contraste con los estudios de caso nacionales, se pudo determinar que es posible adaptar los contenidos de los modelos y guías de monitoreo ambiental y biológico al contexto nacional. Se generó un contenido mínimo de referencia, para monitoreo biológico, considerado de dominio universal, válido y adaptable a los proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

4. Como producto final, se generó una guía para poder implementar un programa o sistema de monitoreo biológico en proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Revisar con mayor profundidad el estado, las condiciones y procesos de la evaluación y resolución de los instrumentos ambientales en el MARN, para determinar si es necesario ampliarlas, renovarlas o transformarlas de manera que la consistencia de sus datos y de sus resultados, sea concordante con la necesaria utilidad que dichas condiciones y procesos deben tener para cumplir con la protección ambiental, el resguardo de los recursos nacionales y la normativa vigente.
2. Estandarizar por parte del MARN la utilización de los términos que hacen referencia al monitoreo y seguimiento en los proyectos, para que aclare y desarrolle los conceptos adecuados sobre monitoreo ambiental y monitoreo biológico y que desarrolle términos de referencia específicos o guías de desarrollo para este tipo de estudios o programas.
3. Desarrollar guías específicas e individuales sobre monitoreo biológico, para proyectos de generación eléctrica y mineros en Guatemala, adaptadas a las condiciones propias y elementos de cada actividad.
4. Ejecutar un programa nacional de monitoreo biológico, dadas las condiciones de biodiversidad existentes y de riqueza natural reconocida a nivel mundial. Dicho programa, podría apoyarse en los programas individuales que desarrollen los proyectos de mayor envergadura en su territorio.

REFERENCIAS

1. Acevedo, C., Morales, M., Pérez de Molas, L., Sickley, T. y Vera V. (2003). *Una aproximación a la composición y el estado de conservación de la biodiversidad de “Cañada El Carmen”, departamento de Boquerón, Chaco, Paraguay*. Paraguay: Instituto de Derecho y Economía Ambiental IDEA. Recuperado de <http://www.conservacionprivadapy.org/documentos/EER%20Ca%20F1ada%20del%20Carmen.pdf>.
2. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (2004). *Estrategia para el monitoreo biológico del programa ambiental USAID*. Guatemala: Autor.
3. Aguirre, M del C., Solano, J. L., García, A.P., López, D. M., Carrión, P. E., Segarra, C. P. y Yamunaqué, L. L. (enero, 2018). Evaluación del impacto ambiental en la arquitectura patrimonial a través de la aplicación de la Matriz de Leopold como posible sistema de monitoreo interdisciplinar. *Arte y Sociedad, Revista de Investigación*, 14, 17-34. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6266256>.
4. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (2010). *Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros*. Estados Unidos: Autor.
5. Alter, V. (2011). *Evaluación ecológica rápida de los humedales del Riacho Kuaepoti-Villa del Rosario. Informe Final*. Paraguay: Centro

de Estudios y Formación para el Ecodesarrollo. Recuperado de <http://www.mopc.gov.py/mopcweb/userfiles/files/informevida13.pdf>

6. Álvarez, R. O., Sánchez, L. A., Berlanga, H., Rodríguez, V. y Vargas, V. (2012). *Manual para monitores comunitarios de aves*. México: Corredor Biológico Mesoamericano. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/m_monitores_comunitarios_aves.pdf.
7. Angulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha, J. V. y La Marca, E. (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Colombia: Conservación Internacional. Recuperado de <https://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2018/12/Monitoreo-de-anfibios-baja-final.pdf>.
8. Aquino, P. (2015). *Recomendaciones para el fortalecimiento de la evaluación del impacto ambiental de las actividades mineras en el Perú*. Lima, Perú: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR). Recuperado de https://documentop.com/recomendaciones-para-el-fortalecimiento-de-la-evaluacion-del-impacto-_5a042c831723dd837e5a3a18.html.
9. Arévalo, J. E. (2001). *Manual de campo para el monitoreo de mamíferos terrestres en áreas de conservación*. Costa Rica: Asociación Conservacionista de Monteverde. Recuperado de http://www.inbio.eas.ualberta.ca/es/estudios/PDF/Manual_monitor_eomamiferos.pdf.

10. Bawa, K. S., Kress, W. J., Nadkarni, N. M. y Lele, S. (diciembre, 2004). Beyond Paradise: Meeting the Challenges in Tropical Biology in the 21st Century. *BIOTRÓPICA*, 36(4), 437–446. Recuperado de http://eprints.atree.org/28/1/slele_bawaetal_2004-biotropica.pdf.
11. Buckles, D. (2000). *Cultivar la paz: Conflicto y colaboración en el manejo de los recursos naturales*. Ottawa, Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Recuperado de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sppc/GC_Literatura/Cultivar_la_paz_conflicto_y_colaboracion.pdf.
12. Calle, J., y, Martos, F. J. (2014). *Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México*. México: Universidad Veracruzana. Recuperado de <http://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2014/12/Anexo.-Manual-de-Metodos-de-Monitoreo.pdf>.
13. Calle-Triviño, J. (2013). *Implementación de un programa de Monitoreo permanente en el Arrecife Tuxpan, Veracruz, México*. México: Universidad Veracruzana. Recuperado de http://www.mufm.fr/sites/mufm.univ-toulouse.fr/files/johanna_calle_trivino.pdf.
14. Carey, C. y Alexander, M. A. (febrero, 2003). Climate change and amphibian declines: Is there a link?. *Diversity and Distributions*, 9, 111–121. Recuperado de <https://www.esrl.noaa.gov/psd/people/michael.alexander/carey-alexander.amphibians.Div%26Dist.3-03.pdf>.

15. Carignan, V. y Villard, M-A. (septiembre, 2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78, 45-61. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.719.9571&rep=rep1&type=pdf>.
16. Castañeda, L. A. y Turcios, M. (2002). *Bases para el Diseño del Sistema de Monitoreo Ambiental para Guatemala: Identificación Preliminar de Indicadores Ambientales*. Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/coediciones/01coe2002.pdf>.
17. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2000). *Diseño de un sistema de monitoreo y evaluación de indicadores biológicos para las áreas protegidas del sur de Petén, Guatemala*. Costa Rica: Autor.
18. Chediack, S. E. (2009). *Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de http://www.oikos.unam.mx/LECT/images/Libros/mmrjrjg_2009.pdf.
19. Clark, D. A. (enero, 2007). Detecting tropical forests' response to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward. *Biotropica*, 39(1), 4-19. Recuperado de <http://www.umsl.edu/divisions/artscience/biology/files/pdfs/deb-clark/2007%20Clark%20Biotropica%20tropical%20forests%20and%20global%20change%20RM.pdf>.

20. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2011). *Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo de la Selva Maya*. México: Autor. Recuperado de https://www.academia.edu/5713157/Programa_de_adaptaci%C3%B3n_al_cambio_clim%C3%A1tico_en_%C3%A1reas_naturales_protegidas_del_complejo_de_la_Selva_Maya.
21. Coria, I. D. (junio, 2008). El estudio de impacto ambiental: Características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/877/87702010.pdf>.
22. Cortez, C. F., Larsen, T. H., Forno, E. y Ledezma, J. C. (2018). *Evaluación Biológica Rápida de Chawi Grande, Comunidad Huaylipaya, Zongo, La Paz, Bolivia*. Estados Unidos: Conservation International. Recuperado de https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/rap-70-chawi-grande-zongo-valley-bolivia.pdf?sfvrsn=753480c9_2.
23. Criado, J. y Marín, M. (enero, 2008). Conservación de la biodiversidad y desarrollo humano en bosques montanos de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 21(1), 253-263. Recuperado de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1356/1258.
24. Dufrene, M. y Legendre, P. (agosto, 1997). Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monograph*, 67(3), 345-366. Recuperado de

<http://orbi.ulg.be/bitstream/2268/145383/1/Dufrene%20Legendre%201997%20Ecol%20Monographs.pdf>.

25. Espinoza, L. y Van de Velde, H. (2007). *Monitoreo, seguimiento y evaluación de proyecto sociales: Texto de referencia y de consulta.*, Nicaragua: Facultad Regional Multidisciplinaria. Recuperado de <https://financiamientointernacional.files.wordpress.com/2013/12/avaliac3a7c3a3o-managua.pdf>.
26. Figueredo Cardona, L. M. y Acosta Cantillo, F. (enero, 2008). Objetos de conservación de la flora y la vegetación de los cerros calizos costeros de la reserva de la biosfera Baconao, Santiago de Cuba. *Foresta Veracruzana*, 10(2), 9-16. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/497/49711436002.pdf>.
27. Finegan, B., Céspedes, M., Sesnie, S. E., Herrera, B., Induni, G., Sáenz, J., Ugalde, J. y Wong, G. (enero, 2008). El monitoreo ecológico como herramienta de manejo para la conservación; bases conceptuales y estructura del Programa de Monitoreo Ecológico en Áreas Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (54), 66-73. Recupoerado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3056E/A3056E.PDF>.
28. Finegan, B., Delgado, D., Hayes, J. P. y Gretzinger, S. (enero, 2004). El monitoreo ecológico como herramienta de manejo forestal sostenible: consideraciones básicas y una propuesta metodológica con énfasis en bosques de alto valor para la conservación certificados bajo el marco del FSC. *Recursos Naturales y Ambiente*,

- (42), 29-42. Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/A2994e/A2994e.pdf>.
29. Fondo Mundial para la Naturaleza (2004). *Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: Una guía para operadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación*. Centroamerica: Autor, Recuperado de <https://www.hcvnetwork.org/resources/folder.2006-09-29.6584228415/Guia%20Monitoreo%20en%20BAVC.pdf>.
30. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1996). *Italia: Environmental impact assessment and environmental auditing in the pulp and paper industry (Working paper 129)*. Roma: Autor. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/v9933e/v9933e00.HTM>.
31. Forbes, L. S. (abril, 1990). A Note on Statistical Power. *The Auk*, 107, 438-453. Recuperado de <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v107n02/p0438-p0439.pdf>.
32. Galindo-Leal, C. (1999). *Monitoreo biológico en la Selva Maya, Capítulo I: Monitoreo Biológico*. México: Wildlife Conservation Society. Recuperado de <http://www.afn.org/~wcsfl/selva/monbioesp.pdf>.
33. García, M., Dávila, V. y Noriega, B. (marzo, 2011). Aves asociadas a masas emergentes de tul (*Schoenoplectus californicus*: Cyperaceae) en tres municipios d Sololá, en la Reserva de Usos Múltiples Cuenca Lago Atitlán, Guatemala. *Revista Científica Guatemala*,

- 20(1), 7-14. Recuperado de www.revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica/article/download/307/pdf_295.
34. Gerrodette, T. (octubre, 1987). A power analysis for detecting trends. *Ecology*, 68(5), 1364-1372. Recuperado de <http://people.stat.sfu.ca/~cschwarz/Stat-650/Notes/Handouts.readings/GerrodetteEcology1987.pdf>.
35. Gómez, R. y Navarro, M. (2010). *Sistema de monitoreo e indicadores de desarrollo económico local. Diplomado Planificación para la gestión del desarrollo económico local*. Nicaragua: Ministerio de Economía Familiar. Recuperado de <http://www.farem.unan.edu.ni/diplomadodel/wp-content/uploads/2014/08/M%C3%B3dulo-4.1-Sistema-de-Monitoreo.pdf>.
36. Gubbi, S. (2006). *Tiger habitats and integrated conservation and development projects: A case study from Periyar Tiger Reserve, India. India: Submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science in Conservation Biology*. Reino Unido: Durrell Institute for Conservation and Ecology. Recuperado de http://archive.21stcenturytiger.org/files/Projects%20India/Periyar_Case_StudyW2006.pdf.
37. Henríquez, V. E. (2004). *Propuesta de un sistema de monitoreo de especies indicadoras: anfibios y reptiles en Sector Los Andes del complejo Los Volcanes, Departamento de Santa Ana, El Salvador*

(Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador, El Salvador.
Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/8678/1/19200570.pdf>.

38. Herrera, N., Ibarra, R., Vega, I. y Pérez, I. (enero, 2005). Monitoreo de la población del perico verde centroamericano (*Aratinga strenua*) en Antiguo Cuscatlán, El Salvador. *Boletín de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*, 10(2), 96-105. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/306079835_Monitoreo_de_la_poblacion_del_perico_verde_centroamericano_Aratinga_stre_nua_en.
39. Huising E. J., Coe, R., Cares, J. E., Louzada, J. N., Zanetti, R., Moreira, F. M. S., Susilo F-X., Konaté, S., van Noordwijk, M. y Huang, S. P. (2012). *Cap. 2: Diseño y estrategias de muestreo para la evaluación de la biodiversidad del suelo*. México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <https://docplayer.es/9342409-Ca-p-i-t-u-l-o-2-diseno-y-estrategias-de-muestreo-para-la-evaluacion-de-la-biodiversidad-del-suelo.html>.
40. Hurlbert, S. H. (junio, 1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2), 187-211. Recuperado de <https://www.uvm.edu/~ngotelli/Bio%20264/Hurlbert.pdf>.
41. Huston, M. A. (1994). *Biological diversity*. London: Cambridge University Press.

42. Hutto, R. L. (1998). Chapter 6 *Using Landbirds as an Indicator Species Group*. Washington, Estados Unidos: Island Press.
43. Isasi-Catalá, E. (enero, 2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33917727005.pdf>.
44. Jolón, M. R. (1999). *Establecimiento de la línea base de información de biodiversidad del bosque manejado en San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala y sus aplicaciones en el monitoreo*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado de <http://www.sidalc.net/REPDOC/A0203E/A0203E.PDF>.
45. Kremen, C., Merenlender, A. M. y Murphy, D. D. (enero, 1994). Ecological Monitoring: A Vital Need for Integrated Conservation and Development Programs in the Tropics. *Conservation Biology*, 8(2), 388–397. Recuperado de <http://beahrselp.berkeley.edu/wp-content/uploads/2010/06/Ecological-Monitoring...11.pdf>.
46. Kremen, C. (mayo, 1992). Assessing the indicator properties of species assemblages for natural áreas monitoring Ecological Applications, 2(2), 203-217. Recuperado de <https://nature.berkeley.edu/kremenlab/wp-content/uploads/2014/02/1941776.pdf>.
47. Kull, T., Sammul, M., Kull, K., Lanno, K., Tali, K., Gruber, B., Schmeller, D. y Henle, K. (enero, 2008). Necessity and reality of monitoring

threatened European vascular plants. *Biodiversity and Conservation*, 17, 3383–3402.

48. Lammerts van Bueren, E. y Blom, E. (1996). *Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards*. Suiza: Environmental Consulting. Recuperado de http://www.piec.org/pathfinder/Pathfinder_portal/Instruments_Engl/A3-Hierarchical_framework/web/CI_framework_PF-S.pdf.
49. Landres, P. B., Verner, J. y Thomas, J. W. (diciembre, 1988). Ecological uses of vertebrate indicator species: A critique. *Conservation Biology*, 2(4), 316-329. Recuperado de https://www.southernregion.fs.fed.us/emc/nfma/includes/2007_rule/1988_12_Landres%20et%20al%201988.pdf.
50. Linton, D. M. y Warner, G. F. (enero, 2003). Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46, 261–276. Recuperado de http://www.costabalearsostenible.com/PDFs/AMYKey%20References_Indicators/Linton%20and%20Warner%202003.pdf.
51. Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*. Ecuador: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf>.

52. López, J. P. (2016). *La sostenibilidad y los compromisos ambientales internacionales de Colombia: La amenaza de la explotación minero-energética en el complejo de páramos de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15397/L%C3%B3pezMolanoJuanPablo2016.pdf;sequence=1>.
53. Machado, A. (2003). *El seguimiento ecológico y ambiental*. Tenerife, España: Cabildo de Tenerife. Recuperado de http://www.oag-fundacion.org/content/pdf/doc3/machado2003_seguintimiento_ecologico.pdf.
54. Magurran, E. A. (1989). *Diversidad ecológica y su medición*. España: Ediciones Veda.
55. March, I. J., Cabral, H. y Echeverría, Y. (2010). *Una Metodología para diseñar Estrategias y Planes de Acción orientados a la Adaptación al Cambio Climático para la Conservación de Biodiversidad, Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos*. México: The Nature Conservancy. Recuperado de <http://www.cakex.org/sites/default/files/project/documents/TNC%20Project%20Summary.pdf>.
56. Marsh, D. M. y Trenham, P. C. (junio, 2008) Current trends in plant and animal population monitoring. *Conservation Biology*, 22(3), 647–655.

57. Mendez, C., Dávila, V., Garnica, R., López, J. E. y Quezada, M. (2008). *Análisis espacial de la Dinámica Vegetal para el Monitoreo de la Vegetación en el Ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2007-010.pdf>.
58. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2015). *Archivo General del MARN*. Guatemala: Autor.
59. Montoya-Márquez, J. A., Sánchez-Estudillo, L. y Torres-Hernández, P. (abril, 2011). Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas? *Ciencia y Mar*, 15(43), 61-70. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/7.pdf>.
60. Noon, B. R. (2003). *Monitoring Ecosystems: Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives*. Washington, Estados Unidos: Island Press.
61. Noss, R. (diciembre, 1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355-364. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2385928>.
62. Nuñez, J. I. (2012). *Evaluación de Diseño del Programa U034 Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas (PROMOBI)*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/Evaluacion_en_Materia_

de_Dise%C3%B1o_del_Programa_de_Monitoreo_Biologico_en_Areas_Naturales_Protegidas_PROMOBI_U034.pdf.

63. Organization for Economic Co-Operation and Development (2001). *Environmental Indicators. Towards sustainable development. Environment.* Francia: Autor. Recuperado de <http://www.oecd.org/site/worldforum/33703867.pdf>.
64. Páramo, G. E. (1999) *¿Qué es el monitoreo? Fundamentos teórico – conceptuales.* en CONIF. *Monitoreo ecológico y ambiental de los bosques del Pacífico. Proyecto establecimiento de un sistema de control ambiental.* Colombia: Corporacion Nacional de Investigación y Fomento Foresta. Recuperado de <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MMA-0385/MMA-0385.pdf>.
65. Páramo, G. E., Silva, M., Linares, R., Vega, L.E., León, T., Sánchez, H. y Pinilla, G. A. (1997). *Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques del Pacífico medio y sur colombiano. Colombia: Documento Metodológico y de Diseño del Programa elaborado por el Proyecto Estaciones de Monitoreo Ecológico y Socioeconómico en el Pacífico Medio y Sur.* México: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Foresta. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005027/MONITOREO.pdf>.
66. Polanía, J. (septiembre, 2010). Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 13(3), 75-86.

- Recuperado de
<http://www.ambientalex.info/revistas/2010vol13n36.pdf>.
67. Pounds, J. A., Fogden, M. P. y Campbell, J. H. (abril, 1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 398, 611–615. Recuperado de <http://www.nature.com/nature/journal/v398/n6728/abs/398611a0.html>.
68. Prabhu, R., Colfer, C. J. P. y Dudley, R. G. (1999). *Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management*. Indonesia: Center for International Forestry Research. Recuperado de https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/toolbox-1.pdf.
69. Puerta-Piñero C., Gullison, R. E. y Condit, R. S. (2014). *Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá*. Panamá: Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño. Recuperado de <http://www.grupoecologiatropical.com/wp-content/uploads/2016/10/2014-Metodologias-para-el-sistema-de-monitoreo-de-la-diversidad-biologica-en-Panama-Puerta-Pin%CC%83ero-et-al.pdf>.
70. Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América latina y el Caribe*. Chile: División de Estadística y Proyecciones Económicas. Recuperado de

http://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/5498/S0700589_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

71. Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F. y Borja, M. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Estados Unidos: General Technical Report. Recuperado de <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/31462>.
72. RELCOM y PCME. (agosto, 2014). Libro de Resúmenes. *I Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murciélagos*. Congreso llevado a cabo en Quito, Ecuador. Recuperado de <http://doczz.es/doc/57323/memorias---i-congreso-latinoam%C3%A9ricano-y-del-caribe-de-mur...>
73. Rodríguez, G., Meléndez, N., Velázquez, E. y Fuentes, M. A. (2002). *Tomándole el pulso al género: sistemas de monitoreo y evaluación sensibles a género*. México: Unión Mundial para la Naturaleza. Recuperado de http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101132.pdf.
74. Rogers, C., Garrison, G., Grober, R. y Hillis, Z. (1994). *Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el caribe y el atlántico occidental*. Islas Vírgenes de los Estados Unidos: Parque Nacional de Islas Vírgenes. Recuperado de <http://www.irf.org/wp-content/uploads/2015/10/ManualparaMonitoreodeArrecifes.pdf>.
75. Rotenberry, J. T. y Wiens, J. A. (enero, 1985). Statistical power analysis and community-wide patterns. *Am. Nat.*, 125(1), 164-168. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2461615>.

76. Sanín, D., Mansera-Santa, J. C., Castaño-Rubiano, N., Alzate Q., N. F., González O., G. y Alvarez M., L. M. (agosto, 2006). Catálogo preliminar de las plantas vasculares de la reserva forestal protectora “Río Blanco” (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 10, 19-44. Recuperado de <https://ebps.org.uk/wp-content/uploads/2021/07/las-plantas-vasculares-de-la-reserva-forestal-protectora-Rio-Blanco.pdf>.
77. Sayre, R., Roca, E., Sedaghatkish, G., Young, B., Keel, S., Roca, R. L. y Sheppard, S. (2002). *Un enfoque en la naturaleza: Evaluaciones Ecológicas Rápidas*. Arlington, Virginia, EEUU: The Nature Conservancy.
78. Sayre, R., Roca, E., Sedaghatkish, G., Young, B., Keel, S., Roca, R. L. y Sheppard, S. (2000). *Nature in focus: Rapid ecological assessment*. Washington D.C., Estados Unidos: Inland Press.
79. Schmeller, D. S. (octubre, 2008) European species and habitat monitoring: Where are we now?. *Biodiversity and Conservation*, 17, 3321–3326. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-008-9514-1>.
80. Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *Directrices para la evaluación ecológica rápida de la biodiversidad de las zonas costeras, marinas y de aguas continentales*. Suiza: Autor. Recuperado de http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/lib_rtr01_s.pdf

81. Senner, S. E., Andres, B. A. y Gates, H. R. (2017). *Estrategia de conservación de las aves playeras de la ruta del Pacífico de las Américas*. New York, Estados Unidos: National Audubon Society. Recuperado de https://mafiadoc.com/estrategia-de-conservacion-de-las-aves-playeras-de-la-ruta-del-pacafico_5c28d808097c473a388b4584.html.
82. Squeo, F. A., Arancio, G. y Cavieres, L. (2001). *Cap.3: Definición conceptual y descripción de la metodología para definir el estado de conservación de la flora nativa de la IV Región de Coquimbo*. La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena. Recuperado de <http://www.biouls.cl/lrojo/Manuscrito/Capitulo%2003%20Metodologia.PDF>.
83. Simberloff, D. (marzo, 1998). Biological Conservation Review. Flagships, Umbrellas and Keystones: Is Single Species Management Passe in the Landscape Area?. *Elsevier Science*, 83(3), 247-257. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/00a6/82bcde4ffd653b18f2b5b7fadfe75badc411.pdf>.
84. Sinclair, A. R. E., Fryxell, J. M. y Caughley, G. (2006). *Wildlife ecology, conservation and management*. India: Blackwell Publishing Ltd.
85. Sobrevila, C., y Bath, P. (1992). *Evaluación ecológica rápida: un manual para usuarios de América Latina y el Caribe*. Estados Unidos: Programa de Ciencias para América Latina, The Nature Conservancy.

86. Soulé, M. E., Bolger, D. T., Alberts, A. C., Wright, J., Sorice, M. y Hill, S. (marzo, 1988). Reconstructed dynamics of rapid extinctions of Chaparral-Requiring Birds in urban hábitat Islands. *Conservation Biology*, 2(1), 75-92. Recuperado de <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/74761/j.1523-1739.1988.tb00337.x.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
87. Spellerberg, I. (1991). *Monitoring Ecological Change*. Londres, Reino Unido: Cambridge University Press.
88. Steidl, R. J., Hayes, J. O. y Schaubert, B. (diciembre, 1996). Statistical power analysis in wildlife research. *J. Wildl. Manage*, 61(2), 270-279. Recuperado de <https://cals.arizona.edu/~steidl/files/pdfs/Steidl%20et%20al.%201997%20JWM.pdf>.
89. Taylor, B. L. y Gerrodette, T. (septiembre, 1993) The Uses of Statistical Power in Conservation Biology: The Vaquita and Northern Spotted Owl. *Conservation Biology*, 7(3), 489-500. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.1993.07030489.x/abstract>.
90. Terborgh, J. y Davenport, L. (2002). *Monitoring protected areas*. Estados Unidos: Island Press.
91. Thomas, L. y Juanes, F. (mayo, 1996) The Importance of Statistical Power Analysis: An Example from Animal Behaviour. *Animal Behaviour*, 52, 856-859. Recuperado de <http://lenthomas.org/papers/ThomasAB1996.pdf>.

92. Thomas, L. y Krebs, C. J. (enero, 1997). A review of statistical power analysis software. *Bull. Ecol.Soc. Amer.*, 78(2), 128-139.
Recuperado de
<http://lenthomas.org/papers/ThomasBESA1997.pdf>.
93. Vega, J., Navas, R., Gómez, K. y López, T. (junio, 2011). Instalación y Evaluación de dos nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano. *El Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1), 203-211. Recuperado de
<http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v40n1/v40n1a11.pdf>.
94. Villareal H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de
https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/pdf/villareal_et_al_2004.pdf
95. Walker, R. S., Novaro, A. J. y Nichols, J. D. (marzo, 2000). Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical / J. Neotrop, Mammal*, 7(2), 73-80. Recuperado de http://www.sarem.org.ar/wp-content/uploads/2012/11/SAREM_MastNeotrop_7-2_02_Walker.pdf.
96. Walton, T. (2003). *Methods for monitoring the condition of historic places*. New Zealand: Department of Conservation. Recuperado de
<https://www.doc.govt.nz/documents/science-and-technical/docts27.pdf>.

97. Wilson, R. J., Gutierrez, D., Gutierrez, J., and Monserrat, V. J. (abril, 2007). An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology*, 13, 1873-1887. Recuperado de http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2007.01418.x/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DENIED.
98. Yoccoz, N. G., Hichols, J. D. y Boulinier, T. (agosto, 2001) Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(8), 446–453. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Nigel_Yoccoz/publication/222516057_Monitoring_of_biological_diversity_in_space_and_time/links/02bfe511d37985f230000000/Monitoring-of-biological-diversity-in-space-and-time.pdf.
99. Zea, Y., Navarro, G. A. y Finegan, B. (2005). Monitoreo ecológico en bosques húmedos tropicales certificados en la RAAN, Nicaragua. Análisis económico. *Recursos Naturales y Ambiente*, (46-47), 79-88. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3288e/A3288e.pdf>.
100. Zolotoff-Pallais, J. M. y Medina Fitoria, A. R. (2005). *Evaluación ecológica rápida (EER)*. Managua, Nicaragua: Departamento de Rivas. Recuperado de <http://www.bionica.info/biblioteca/ZolotoffMedina2005.pdf>.

101. Zonnerveld, I. S. (marzo, 1982). Principles of Bioindications.
Environmental Monitoring and Assessment, (3), 207-217.

APÉNDICES

Apendice 1. **Proyectos eléctricos 1994-1999**

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	ESTATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-059-1995	CENTRAL ELÉCTRICA ALBORADA	APROBADO	1	0
2	EIA-090-1998	HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA	APROBADO	1	0
3	EIA-099-1998	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE	APROBADO	1	1
4	EIA-048-1999	PROYECTOS HIDROELÉCTRICO RIO LAS VACAS 20 MW	APROBADO	1	0
5	EIA-286-1999	ADICIÓN A LA PLANTA DE GENERACIÓN PUERTO QUETZAL	APROBADO	1	0
				5	1

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 2. **Proyectos eléctricos 2001**

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-435-2011	HIDROELÉCTRICA EL TESORO	APROBADO	1	1
2	EIA-725-2011	PROYECTOS HIDROELÉCTRICO RIO LAS VACAS 40 MW	APROBADO	1	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 3. Proyectos eléctricos 2002

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-030-2002	HIDROELÉCTRICA LAS ANIMAS	APROBADO	1	1
				1	1

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015) *Archivo General del MARN*.

Apendice 4. Proyectos eléctricos 2003

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	EIA-280-2003	HIDROELÉCTRICA TRES RÍOS	APROBADO	1	0
	EIA-346-2003	SUBESTACIÓN EL ESTOR	APROBADO	1	0
	EIA-544-2003	LÍNEA DE TRANSMISIÓN 69 Kv RIO DULCE-EL ESTOR	APROBADO	1	0
	EIA-560-2003	HIDROELÉCTRICA EL RECREO	APROBADO	1	0
	EIA-594-2003	PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A BASE DE BUNKER DIÉSEL	APROBADO	1	0
	EIA-756-2003	SISTEMA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA	APROBADO	1	0
	EIA-764-2003	SISTEMA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA C.A.	APROBADO	1	0
				7	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

Apendice 5. Proyectos eléctricos 2004

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	EIA-341-2004	HIDROELÉCTRICA SULIN	APROBADO	1	1
	EIA-967-2004	CENTRAL HIDROENERGÉTICA SAN VICENTE	APROBADO	1	1
				2	2

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN*.

Apendice 6. Proyectos eléctricos 2005

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	EIA-066-2005	CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN SAMBORO	APROBADO	0	0
	EIA-410-2005	HIDROELÉCTRICA EL LOBO	APROBADO	1	1
	EIA-616-2005	PLANTA GENERADORA DE 10 MW COENESA	APROBADO	1	0
	EIA-628-2005	PARQUE EÓLICO BUENOS AIRES	APROBADO	1	0
	EIA-715-2005	HIDROXACBAL 94 MW	APROBADO	1	1
	EIA-963-2005	HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO	APROBADO	1	1
	F-1718-2005	OPERACIÓN TEMPORAL DE ONCE GENERADORES	APROBADO	1	0
	F-2709-2005	CAMBIO GRADUAL Y POR ETAPAS DE BUNKER A COMBUSTIBLES EQUIVALENTES	APROBADO	1	0
				7	3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 7. Proyectos eléctricos 2006

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	EIA-006-2006	HIDROELÉCTRICA FINCA LORENA 16.5 MW	APROBADO	1	0
	EIA-444-2006	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 69 Kv	APROBADO	1	0
	EIA-476-2006	COMPAÑÍA ELECTRIC ALA LIBERTAD	APROBADO	1	0
	EIA-544-2006	LÍNEA DE TRANSMISIÓN 69 Kv EL ESTOR - TELEMAN	APROBADO	1	0
	F-804-2006	HIDROELÉCTRICA RIO LAS VACAS	APROBADO	1	0
				5	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 8. Proyectos eléctricos 2007

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	EIA-050-2007	HIDROELÉCTRICA SULIN	APROBADO	1	0
	EIA-077-2007	HIDROELÉCTRICA LAS FUENTES	APROBADO	1	1
	EIA-087-2007	INSTALACIÓN DE PLANTA DE ELECTRICIDAD	APROBADO	1	0
	EIA-133-2007	SUBESTACIÓN PALIN 230-69 Kv	APROBADO	1	0
	EIA-245-2007	PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	APROBADO	1	0
	EIA-261-2007	LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 230 Kv ENTRE TACTIC Y EL ESTOR	APROBADO	1	0
	EIA-267-2007	HIDROELÉCTRICA POZA VERDE DRAGADO Y EXTRACCIÓN	APROBADO	1	0
	EIA-426-2007	HIDROELÉCTRICA LA CASCATA	APROBADO	1	0
	EIA-427-2007 H	HIDROELÉCTRICA EL ARCO	APROBADO	1	0
	EIA-553-2007	HIDROELÉCTRICA CUEVAMARIA	APROBADO	1	0
	EIA-631-2007	HIDROELÉCTRICA SAC-JA	APROBADO	1	1
	EIA-633-2007	HIDROELÉCTRICA CHOLOMA	APROBADO	1	1
	EIA-676-2007	GENERADORA COSTA SUR	NO APROBADO	NA	NA
	F.575-2007	HIDROELÉCTRICA RIO LAS VACAS, S.A.	APROBADO	1	0
	F-1205-2007	AMPLIACIÓN DEL INCREMENTO DE CAPACIDAD, PLANTA ARIZONA	APROBADO	0	0
	F-1380-2007	INCREMENTO DE POTENCIA DE HIDROELÉCTRICA EL RECREO	APROBADO	1	0
	F-1816-2007	HIDROELÉCTRICA LAS FUENTES	APROBADO	0	0
				14	3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 9. Proyectos eléctricos 2008

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
	D-501-2008	LÍNEA DE TRANSMISIÓN 69 Kv LOS ESCLAVOS - EL PROGRESO JUTIAPA	APROBADO	1	0
	EAI-272-2008	GENERACIÓN DE ENERGÍA CON RECURSO EÓLICO WIND SPIRIT ENERGY	APROBADO	0	0
	EAI-786-2008	GENERACIÓN TÉRMICA JAGUAR ENERGY	NO APROBADO	NA	NA
	EIA-012-2008	PLANTA GENERADORA LAS PALMAS II	APROBADO	1	0
	EIA-050-2008	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA IMPERIALTEX Y SU LÍNEA DE ALIMENTACIÓN	APROBADO	1	0
	EIA-090-2008	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN LUCAS	APROBADO	1	0
	EIA-148-2008	PROYECTO HIDROELÉCTRICO PANAN	APROBADO	1	1
	EIA-212-2008	GENERADORA DE ELECTRICIDAD SAN FERNANDO	APROBADO	1	1
	EIA-251-2008	HIDROELÉCTRICA ENTRE RÍOS	NO APROBADO	NA	NA
	EIA-328-2008	JAGUAR ENERGÍA	APROBADO	1	0
	EIA-368-2008	LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 Kv DOBLE CIRCUITO	APROBADO	0	0
	EIA-373-2008	HIDROELÉCTRICA EL MANANTIAL 35 MW	APROBADO	1	1
	EIA-402-2008	HIDROELÉCTRICA EL RAUDAL	NO APROBADO	NA	NA
	EIA-445-2008	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTA GENERADORA COSTA SUR	APROBADO	1	0
	EIA-470-2008	PROYECTO HIDROELÉCTRICO CUATRO CHORROS	APROBADO	1	1
	EIA-507-2008	HIDROELÉCTRICA ENTRE RÍOS	APROBADO	1	0
	EIA-510-2008	HIDROELÉCTRICA EL SISIMITE	APROBADO	1	1
				12	5

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 10. Proyectos eléctricos 2009

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2009-175	HIDROELECTRICA CAPARJA	NO APROBADO	NA	NA
2	2009-207	HIDROELECTRICA EL OREGANO	NO APROBADO	NA	NA
3	2009-208	PROYECTO HIDROELECTRICO CHAPALTELAJ	PENDIENTE	NA	NA
4	2009-223	CONSTRUCCION Y OPERACION DE LA HIDROELECTRICA EL PUENTE	NO APROBADO	NA	NA
5	2009-227	HIDROELECTRICA LA HELVETIA 2.5 MW.	APROBADO	1	1
6	2009-244	HIDROELECTRICA SUMACHE	NO APROBADO	NA	NA
7	2009-342	HIDROELECTRICA SAN LUIS	NO APROBADO	NA	NA
8	2009-348	HIDROELECTRICA A FILO DE AGUA LAS BRISAS	APROBADO	1	1
9	2009-354	PROYECTO HIDROELECTRICA RIO SALA	APROBADO	1	1
10	2009-375	HIDROELECTRICA CAHABON 10	APROBADO	1	1
11	2009-43	HIDROELECTRICA EL COBANO	APROBADO	1	0
12	2009-493	HIDROELECTRICA JESBON MARAVILLAS	APROBADO	1	0
13	2009-519	HIDROELECTRICA LA VEGA	APROBADO	1	1
14	2009-552	PROYECTO HIDROELECTRICO EL OREGANO	APROBADO	1	0
15	2009-80	HIDROELECTRICA SANTA RITA	APROBADO	1	0
16	2009-D-1180	CENTRAL GENERADORA EL PRADO	APROBADO	1	0
17	2009-D-1277	HIDROELECTRICA FINCA LAS MARGARITAS	APROBADO	1	1
18	2009-EAI-115	HIDROELECTRICA HIDROPOWER SDMM	APROBADO	1	0
19	2009-EAI-333	HIDROELECTRICA PANALUYA	NO APROBADO	NA	NA
20	2009-EAI-526	DESCARGA ADICIONAL DE FONDO DE LA HIDROELECTRICA RIO LAS VACAS	APROBADO	0	0

Continuacion apéndice 10.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
21	2009-EAI-791	MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA LAS CONCHAS	APROBADO	1	0
22	2009-EAI-792	MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA COMUNIDAD SEASIR	APROBADO	1	0
23	2009-EAI-793	MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA JOLOMIJIX III	APROBADO	1	0
24	D-875-2009	CENTRO DE ACOPIO DE CARBON	APROBADO	0	0
25	534-2009	CAMPO GEOTÉRMICO EL CEIBILLO	APROBADO	1	0
26	EIA-190-2009	PROYECTO EOLICO PIEDRAS BLANCAS	APROBADO	1	1
27	EIA-424-2009	LINEA DE TRANSMISION ELECTRICA USPANTAN-CHIXOY	APROBADO	0	1
28	EIA-563-2009	INSTALACION DE REDES Y LINEAS ELECTRCIAS STO TOMAS DE CASTILLA	APROBADO	1	0
				18	8

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 11. Proyectos eléctricos 2010

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
24	2010-08	PROYECTO HIDROELÉCTRICO GRUPO CINCO	NO APROBADO	NA	NA
25	2010-239	HIDROELÉCTRICA SUCHUM	NO APROBADO	NA	NA
26	2010-29	HIDROELÉCTRICA SUMACHE	NO APROBADO	NA	NA
27	2010-317	HIDROELÉCTRICA LA ALEGRIA I	NO APROBADO	NA	NA
28	2010-399	HIDROELÉCTRICA GENERADORA MEDIO DÍA	APROBADO	1	1
29	2010-425	PROYECTO LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA "RIO SALA"	APROBADO	1	0
30	2010-486	HIDROELÉCTRICA LA ALEGRÍA I	NO APROBADO	NA	NA
31	2010-510	HIDROELÉCTRICA POJOM II	APROBADO	1	1
32	2010-78	HIDROELÉCTRICA LA VEGA 2	APROBADO	1	1
33	2010-99	HIDROELÉCTRICO GRUPO CINCO	APROBADO	1	1
34	2010-D-191	EMBALSE DE REGULACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA SECACAO	APROBADO	1	1
35	2010-D-254	HIDROELÉCTRICA FINCA SAN BUENAVENTURA	APROBADO	1	0
36	2010-DABI-239	CAMINOS DE ACCESO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHOLOMA	NO APROBADO	NA	NA
37	2010-DABI-92	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MAXANAL	NO APROBADO	NA	NA
38	2010-EAI-1172	AMPLIACIÓN HIDROELÉCTRICA LA HELVETIA DE DOS PUNTO CINCO (2.5) A CINCO (5) MEGAVATIOS (MW)	APROBADO	1	1
39	2010-EAI-1253	HIDROELÉCTRICA LOS PATOS (MENOR DE MW)	APROBADO	1	0
40	2010-EAI-1330	HIDROELÉCTRICA EL OREGANO	NO APROBADO	NA	NA
41	2010-EAI-1412	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA IXTALITO	NO APROBADO	NA	NA
42	2010-EAI-1437	DESCARGA DE FONDO DE EMBALSE DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA RIO LAS VACAS	APROBADO	1	0
43	2010-EAI-1542	ESTUDIOS GEOTECNICOS DE LA HIDROELÉCTRICA LA CASCATA	NO APROBADO	NA	NA
44	2010-EAI-1543	TÚNEL DE LA HIDROELÉCTRICA EL ARCO	NO APROBADO	NA	NA
45	2010-EAI-1544	TÚNEL DE LA HIDROELÉCTRICA LA CASCATA	NO APROBADO	NA	NA
46	2010-EAI-1545	CAMINOS DE ACCESO HIDROELÉCTRICA LA CASCATA	NO APROBADO	NA	NA
47	2010-EAI-1546	ESTUDIO GEOTÉCNICOS DE LA HIDROELÉCTRICA EL ARCO	NO APROBADO	NA	NA
48	2010-EAI-1559	HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA LAS BRISAS	NO APROBADO	NA	NA
49	2010-EAI-264	HIDROELÉCTRICA CAN BALAM I	APROBADO	1	1

Continuacion apéndice 11.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
50	2010-EAI-321	MINI HIDROELÉCTRICA	NO APROBADO	NA	NA
51	2010-EAI-681	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ESQUIPULAS	APROBADO	1	0
52	2010-EAI-755	HIDROELÉCTRICA RIO LAS VACAS, S.A.	NO APROBADO	NA	NA
53	2010-EAI-838	HIDROELÉCTRICA LAS FUENTES II	APROBADO	1	1
54	2010-EAI-865	HIDROELECTRICA "SANTA RITA" (AMPLIACION A CAPACIDAD)	APROBADO	1	1
55	2010-EAI-911	PROYECTO HIDROELECTRICO EL ISLAN	NO APROBADO	NA	NA
56	2010-EAIA-257	HIDROELECTRICA LOS CERROS	APROBADO	1	0
57	EIA-013-2010	PLANTA DE ENERGIA EOLICA VIENTO BLANCO	APROBADO	1	1
58	EIA-429-2010	CONSTRUCCION DE SUBESTACION ELECTRICA HUEHUETENANGO II	APROBADO	0	1
59	EIA-542-2010	HIDROXACBAL DELTA	APROBADO	1	1
60	EIA-281-2010	PROYECTO GEOTERMICO CERRO BLANCO	APROBADO	0	0
				17	12

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 12. Proyectos eléctricos 2011

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1		HIDROELÉCTRICA PACAYAS	APROBADO	1	1
2		PEQUEÑA HIDROELÉCTRICA IXTALITO -PHE IXTALITO-	APROBADO	1	0
3		HIDROELÉCTRICA POJOM I	APROBADO	1	1
4		HIDROELÉCTRICA FINCA LAS MARGARITAS FASE II	APROBADO	1	1
5		HIDROELÉCTRICA LUARCA	APROBADO	1	0
6		HIDROELÉCTRICA EL ZAMBO	APROBADO	1	1
7		HIDROELÉCTRICA EL LIBERTADOR 1.88 MW	APROBADO	1	0
8		HIDROELÉCTRICA EL ISLAM	NO APROBADO	NA	NA
9		DESARROLLOS PEÑA (HIDROELÉCTRICA)	APROBADO	1	1
10		HIDROELÉCTRICA SAN LUIS	APROBADO	1	1
11		CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE HIDROELÉCTRICA EL BROTE, GENERACIÓN DE 4.9 MW.	APROBADO	1	1
12		PROYECTO HIDROELÉCTRICO SANTA TERESA	APROBADO	1	0
13	2011-391	CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA EL CAFETAL	APROBADO	1	1
14	2011-395	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTA CECILIA	APROBADO	1	0
15	2011-427	HIDROELÉCTRICA LA CAMPANA	APROBADO	1	1
16	2011-429	PEQUEÑA HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA DE 2.37 MW LOS NOGALES	APROBADO	1	0
17	2011-443	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MOTTAWATT	APROBADO	1	1
18	2011-476	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE NOMBRE COMERCIAL HIDROELÉCTRICA MAXANAL	APROBADO	1	1
19	2011-70	HIDROELÉCTRICA TALCANAC	APROBADO	1	1
20	2011-D-045	HIDROELÉCTRICA POZA VERDE 13.0 MW.	APROBADO	1	1
21	2011-DABI-652	HIDROELÉCTRICA EL MANANTIAL A SUBESTACIÓN LOS BRILLANTES	APROBADO	1	0
22	2011-EAI-1125	INCORPORACIÓN DE CAUDAL PARA MEJORAR FACTOR DE PLANTA HIDROELÉCTRICA SAC-JA 2.5 MW	APROBADO	1	0
23	2011-EAI-1216	HIDROELÉCTRICA LA ALEGRÍA I	APROBADO	1	1
24	2011-EAI-1236	MINI HIDROELÉCTRICA XOCOBIL S.A.	APROBADO	1	1
25	2011-EAI-139	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA CASA MAQUINAS DE LA MINI HIDROELÉCTRICA DE 600KW SAN JOAQUIN II	APROBADO	1	0

Continuación apéndice 12.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
26	2011-EAI-49	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE NOMBRE "HIDROELÉCTRICA MAXANAL S.A."	NO APROBADO	NA	NA
27	2011-EAI-855	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CATARATA LAS ROCAS	APROBADO	1	0
28	2011-EAI-976	REPOTENCIACIÓN HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA CERRO VIVO	APROBADO	1	1
29	D-052-2011	SUBESTACIÓN GUATEMALA ESTE	APROBADO	1	1
30	EIA-018-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE A	APROBADO	1	1
31	EIA-007-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE B	APROBADO	1	1
32	EIA-005-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE C	APROBADO	1	1
33	EIA-031-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE D	APROBADO	1	1
34	EIA-033-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE E	APROBADO	1	1
35	EIA-010-2011	PET 01-2009 PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSPORTE 2008-2018 LOTE F	APROBADO	1	1
				33	23

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 13. Proyectos eléctricos 2012

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1		HIDROELÉCTRICA RAAXHA 10.0 MW	APROBADO	1	1
2		HIDROELÉCTRICA TURUBALA	APROBADO	1	1
3		HIDROELÉCTRICA OXEC 30.0 MW	APROBADO	1	1
4		HIDROELÉCTRICA LA BENDICION TZUNUTZ 4.27 MW	APROBADO	1	0
5		GENERADORA ELÉCTRICA LAS VICTORIAS	APROBADO	1	0
6		HIDROELÉCTRICA EL RAUDAL	APROBADO	1	1
7		HIDROELÉCTRICA NICAN 6.53 MW	APROBADO	1	0
8		LÍNEA DE CONDUCCIÓN EL RAUDAL, S.A.	APROBADO	0	0
9		PROYECTO NEGRO	APROBADO	1	1
10		PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTA MARGARITA	APROBADO	1	0
11		INTEGRACIÓN HIDROELÉCTRICA EL MANANTIAL	APROBADO	0	0
12		HIDROELÉCTRICA EL PANAL	APROBADO	1	1
13		MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA LAS CONCHAS	APROBADO	1	0
14		REGISTRO DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA EL MILAGRO	APROBADO	1	0
15		PROYECTO HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA AMALIA-RAXTAP	APROBADO	1	1
16		GEOTÉRMICA MOYUTA	APROBADO	1	1
17		HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA MOPA	APROBADO	1	0
18		HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA MADRE VIEJA	APROBADO	1	1
19		HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA SAN JORGE CONCEPCIÓN	APROBADO	1	1
20		PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA A FILO DE AGUA "MONGOY" (700 KW)	APROBADO	1	0
21		AUMENTO DE POTENCIA DE 2 MW A 4.93 MW DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICA EL SALTO- MARINALA	APROBADO	1	0
22		MINI-HIDROELÉCTRICA DOLORES	APROBADO	1	0
23		PEÑA FLOR-LOS SISITOS (HIDROELÉCTRICA NO MAYOR A LOS 500 KW)	APROBADO	1	0
24		HIDROELÉCTRICA PLATANOS	APROBADO	1	1
25		LÍNEA DE TRANSMISIÓN PARA INTERCONEXIÓN DE CENTRAL GDR, MONTE MARÍA	APROBADO	1	0
26		PROYECTO NEGRO (HIDROELÉCTRICA)	PENDIENTE	NA	NA
27		PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MARGARITA	NO APROBADO	NA	NA

Continuacion apéndice 13.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
28		HIDROELÉCTRICA CHIACTÈ	APROBADO	1	1
29		AUMENTO DE POTENCIA DE 3MW A 7 MW DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICA PACAYAS	NO APROBADO	NA	NA
30	2012-EAI-568	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA LAS CONCHAS	NO APROBADO	NA	NA
31	2012-EAI-596	HIDROELÉCTRICA MARIA BONITA	APROBADO	1	1
32	2012-EAI-841	PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICA DON GUILLERMO	APROBADO	1	0
33	2012-EAI-887	REDUCCIÓN DE HIDROELÉCTRICA FINCA LORENA DE VEINTITRÉS (23) MW A CUATRO PUNTO DOS (4.2) MW	APROBADO	1	1
34	2012-EAI-891	INCREMENTO EN 0,25 MW DE CAPACIDAD INSTALADA DEL PROYECTO PCH SANTA CECILIA	APROBADO	1	0
35	2012-EAI-895	CHINAJA	APROBADO	1	1
36	2012-EAI-896	LA PINADA	APROBADO	1	1
37	EIA-369-2012	CENTRAL GEO TERMOELÉCTRICA EL CEIBILLO	APROBADO	1	0
38	EIA-285-2012	PROYECTO RENACE II FASE 1	APROBADO	1	1
39	EIA-288-2012	PROYECTO RENACE II FASE 2	APROBADO	1	1
40	EIA-229-2012	PROYECTO PET 01-2009 LOTE A SUBESTACIÓN LA VEGA II	APROBADO	1	1
41	EIA-230-2012	PROYECTO PET 01-2009 LOTE E LÍNEA CHIXOY II	APROBADO	1	1
				35	20

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 14. Proyectos eléctricos 2013

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2013-029	HIDROELÉCTRICA SAMUC	APROBADO	1	1
2	2013-083	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUTO DOS	APROBADO	1	1
3	2013-127	MINI HIDROELÉCTRICA IXCUCUA	NO APROBADO	NA	NA
4	2013-149	HIDROELÉCTRICA SAN LUIS 10.9 MW	APROBADO	1	1
5	2013-177	HIDROELÉCTRICA CHIRIJMASA	NO APROBADO	NA	NA
6	2013-189	HIDROELÉCTRICA GUAYACAN	APROBADO	1	1
7	2013-192	HIDROELÉCTRICA LA LIBERTAD 8.55 MW	APROBADO	1	1
8	2013-204	TANQUE HIDROELÉCTRICA PACAYAS	APROBADO	1	1
9	2013-232	HIDROELÉCTRICA SANTO TOMAS	NO APROBADO	NA	NA
10	2013-319	AMPLIACIÓN INTEGRACIÓN HIDR OELÉCTRICA EL MANANTIAL	APROBADO	1	1
11	2013-322	HIDROELÉCTRICA EL TRIANGULO	NO APROBADO	NA	NA
12	2013-345	HIDROELÉCTRICA TURUBALA II	NO APROBADO	NA	NA
13	2013-349	PLANTA DE GENERACIÓN NUEVA HIDROCON	APROBADO	1	0
14	2013-D-048	HIDROELÉCTRICA EL COBANO	APROBADO	1	1
15	2013-D-173	HIDROELÉCTRICA CANDELARIA	NO APROBADO	NA	NA
16	2013-D-174	HIDROELÉCTRICA CHOLOMA	NO APROBADO	NA	NA
17	2013-D-210	HIDROELÉCTRICA LAS BRISAS	APROBADO	1	1
18	2013-D-339	PLANTA DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA LOS ESCLAVOS	APROBADO	1	1
19	2013-D-340	PLANTA DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA CHIXOY	APROBADO	1	1
20	2013-DABI-046	LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIÓN ELÉCTRICA HIDR OELÉCTRICA EL COBANO	APROBADO	1	0
21	2013-DABI-146	HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO	NO APROBADO	NA	NA
22	2013-DABI-199	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUTO UNO	APROBADO	1	1
23	2013-DABI-319	HIDROELÉCTRICA SAN AGUSTÍN	APROBADO	1	1

Continuacion apéndice 14.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
24	2013-DABI-413	DIAGNOSTICO AMBIENTAL (ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO) CON PGA INCLUIDO "OPERACIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA EL CARMEN TIPO GDR DE 65 KW, A FILO DE AGUA"	APROBADO	0	0
25	2013-DABI-414	EMPRESA HIDROELÉCTRICA DE PATULUL JUAN CARLOS FUMAGALLI FERRIGNO	NO APROBADO	NA	NA
26	2013-DABI-880	PLANTA DE GENERACIÓN MINI HIDROELÉCTRICA CHICHAIC	APROBADO	1	0
27	2013-EAI-119	HIDROELÉCTRICA LAS FUENTES II	APROBADO	1	1
28	2013-EAI-1233	PERFORACIÓN, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN OPERACIÓN DE POZO EN CAMPAMENTO CÁMARA DE VÁLVULAS QUIXAL, PLANTA HIDROELÉCTRICA CHIXOY	APROBADO	1	0
29	2013-EAI-147	MINI CENTRAL GENERADORA HIDROELÉCTRICA MONTE MARÍA 1 MONTE MARÍA 2 (GRD)	NO APROBADO	NA	NA
30	2013-EAI-380	CAMBIO DE UBICACIÓN CASA DE MAQUINAS PARA MEJORAR POTENCIA DE HIDROELÉCTRICA SAC-JA	NO APROBADO	NA	NA
31	2013-EAI-471	CAMINOS RENACE II, FASE 2	APROBADO	1	1
32	2013-EAI-512	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHOLIVA	APROBADO	1	1
33	2013-EAI-528	HIDROELÉCTRICA EL SILENCIO	APROBADO	1	1
34	2013-EAI-555	HIDROELÉCTRICA EL MANANTIAL	APROBADO	1	1
35	2013-EAI-558	ENERGÍA RENOVABLE PARA EL BENEFICIADO DE CAFÉ Y OTROS USOS PRODUCTIVOS EN ALDEA LOS ÁNGELES UCUBUJA	APROBADO	1	0
36	2013-EAI-764	AMPLIACIÓN DE LA INTEGRACIÓN HIDROELÉCTRICA A EL MANANTIAL	APROBADO	1	1
37	2013-EAI-789	HIDROELÉCTRICA TURUBALA II	APROBADO	1	1
38	2013-EAI-825	LAS UVITAS	APROBADO	1	1
39	2013-EAI-933	HIDROELÉCTRICA PERLA ESCONDIDA	NO APROBADO	NA	NA
40	2013-EAI-954	PLANTA HIDROELÉCTRICA SAN JERONIMO	APROBADO	1	1
41	2013-EIA-0004	HIDROELÉCTRICA LOS ALPES	PENDIENTE	NA	NA
42	2013-EIA-0008	HIDROELÉCTRICA MONTE VERDE	APROBADO	1	1
43	2013-EIA-0027	HIDROELÉCTRICA LA ESPERANZA	APROBADO	1	1

Continuación apéndice 14.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
44	2013-EIA-0056	PLANTA DE GENERACIÓN NUEVA HIDRO BAMBU	APROBADO	1	1
45	EIA-257-2013	PARQUE EÓLICO SAN ANTONIO EL SITIO	APROBADO	1	1
46	EIA-234-2013	CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA DE 5 MW AC DE SIBO, S.A.	APROBADO	1	0
47	EIA-065-2013	PROYECTO DE GENERACIÓN DE 15.5 MW, EL ESCOBAL	APROBADO	1	1
48	EIA-0009-2013	PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 50 MW	APROBADO	1	1
49	D-238-2013	PLANTA DE GENERACIÓN AGUACAPA	NO APROBADO	NA	NA
50	D-208-2013	OPERACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA COBÁN	APROBADO	1	1
51	D-0158-2013	SUPREMA SANTA MARÍA MARQUEZ	APROBADO	1	0
52	D-214-2013	PLANTA PALIN II	APROBADO	1	0
				37	29

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 15. Proyectos eléctricos 2014

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
186	2014-D-0198	HIDROELÉCTRICA CANDELARIA	APROBADO	1	1
187	2014-D-0218	HIDROELÉCTRICA HIDROPOWER, SDMM	NO APROBADO	NA	NA
188	2014-DABI-0085	EMPRESA HIDROELÉCTRICA DE PATULUL / JUAN CARLOS FUMAGALLI FERRIGNO	APROBADO	1	1
189	2014-DABI-1293	MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA UBICADO EN ALDEA BATZCHOCOLA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA NEBAJ, DEPARTAMENTO DE EL QUICHE	PENDIENTE	NA	NA
191	2014-EAI-0695	SUB-ESTACIÓN Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE HIDROELÉTRICAGUAYACÁN	APROBADO	1	0
192	2014-EAI-0983	LÍNEA TRAFICA DE 34.5 KV S/E INDE A HIDROELÉCTRICA PACAYAS	NO APROBADO	NA	NA
193	2014-EAI-3346	TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE HIDROELÉCTRICA LAS BRISAS	APROBADO	1	1
194	2014-EAI-3401	HIDROELÉCTRICA ENTRE VOLCANES	PENDIENTE	NA	NA
195	2014-EAI-3406	PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA RIO FRIO	APROBADO	1	1
196	2014-EAI-3411	AMPLIACIÓN DE CASA DE MAQUINAS	NO APROBADO	NA	NA
197	2014-EAI-3649	SUBESTACIÓN DE HIDROELÉCTRICA FINCA LORENA	APROBADO	1	0
198	2014-EAI-3650	LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE HIDROELÉCTRICA FINCA LORENA	APROBADO	1	0
199	2014-EAI-3945	HIDROELÉCTRICA EL TRIANGULO	NO APROBADO	NA	NA
200	2014-EAI-4412	RECONSTRUCCIÓN Y REUBICACIÓN DE CASA DE MAQUINAS DE LA HIDROELÉCTRICA CERRO VIVO	PENDIENTE	NA	NA
201	2014-EAI-4595	REPOTENCIACIÓN DE LA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA ALDEA CHEL, CHAJUL EL QUICHE EXPEDIENTE 319-2002	APROBADO	1	1
202	2014-EAI-4698	PEQUEÑA HIDROELÉTRICACONCEPCIÓN	APROBADO	1	1
203	2014-EAI-5197	AMPLIACIÓN Y READECUACIÓN DE LA MINI HIDROELÉCTRICA LA VIÑA	NO APROBADO	NA	NA
204	2014-EAI-5683	HIDROELÉCTRICA MOPA	APROBADO	1	1
205	2014-EIA-0071	LÍNEATRIFÁSICA DE 34.5 KV S/E INDE A HIDROELÉCTRICA PACAYAS	APROBADO	1	1
206	2014-EIA-0078	HIDROELÉCTRICA CARACOL ENERGY	APROBADO	1	1
207	2014-EIA-0093	HIDROELÉCTRICA OASIS	APROBADO	1	1

Continuacion apéndice 15.

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
208	2014-EIA-0115	HIDROELÉCTRICA SANTO TOMAS	APROBADO	1	1
209	2014-EIA-0118	ENTRE AGUAS	NO APROBADO	NA	NA
210	2014-EIA-0125	HIDROELÉCTRICA MIRAFLORES, SOCIEDAD ANÓNIMA	NO APROBADO	NA	NA
211	2014-EIA-0126	HIDROELÉCTRICA MIRAFLORES, SOCIEDAD ANÓNIMA	APROBADO	1	1
212	2014-EIA-0142	PROYECTO HIDROELÉCTRICO MADRE VIEJA	PENDIENTE	NA	NA
213	2014-EIA-0156	HIDROELÉCTRICA MARIA BONITA	APROBADO	1	0
214	2014-EIA-0173	PEQUEÑA HIDROELÉCTRICA EL CONACASTE	APROBADO	1	1
215	2014-EIA-0211	EL SEGUNDO	PENDIENTE	NA	NA
216	2014-EIA-0254	CENTRAL ROCJA PONTILA	NO APROBADO	NA	NA
217	2014-EIA-0259	HIDROELÉCTRICA RIO TINTO	APROBADO	1	1
218	2014-EIA-0326	SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN, LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIÓN DE MANIOBRAS DE HIDROELÉCTRICA RAAXHA	PENDIENTE	NA	NA
219	2014-EIA-0329	LÍNEA 69 KV HIDROELÉCTRICA EL CAFETAL SUB-ESTACIÓN ELEVADORA A SUB-ESTACIÓN DE MANIOBRAS	APROBADO	1	1
220	2014-EIA-0338	PROYECTO RENACE IV	APROBADO	1	1
221	2014-EIA-0344	PEQUEÑA HIDROELÉCTRICA XOLHUITZ	PENDIENTE	NA	NA
222	2014-EIA-0399	HIDROELÉCTRICA EL TRIANGULO	APROBADO	1	1
	2014-EIA-0443	COGENERACIÓN INGENIO TRINIDAD	APROBADO	1	1
	2014-EIA-0428	HIDROELÉCTRICA AMALIA RAXTAP	ARPOBADO	1	1
	2014-EIA-0433	HIDROXAMAC	NO APROBADO	NA	NA
	2014-EIA-0343	MINI HIDRO EL ENCANTO	NO APROBADO	NA	NA
	EIA-318-2014	HORUS II	APROBADO	1	1
	EIA-0300-2014	HIDROELÉCTRICA TECULUTAN	NO APROBADO	NA	NA
				24	20

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 16. Proyectos mineros 1994-1999

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-204-1994	MINERO RIO GRANDE	APROBADO	1	0
2	EIA-067-1999	PROYECTO MINERO SAN RAFAEL	APROBADO	1	1
3	EIA-071-1999	MINERO SAQUIPEC	APROBADO	1	0
4	EIA-087-1999	MINERO CORRALACUB	APROBADO	1	0
5	EIA-166-1999	PROYECTO DE EXPLOTACIÓN MINERA YEXUB	APROBADO	1	0
6	EIA-344-1999	CANTERA DE ORO	APROBADO	1	0
7	EIA-462-1999	PROYECTO MINERO EL CHAGUITE	APROBADO	1	0
				7	1

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 17. Proyectos mineros 2000

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-080-2000	EXPLOTACIÓN MINERA EL PARAÍSO	APROBADO	1	0
2	EIA-105-2000	TRITURADORA DEL PACIFICO	APROBADO	1	0
3	EIA-170-2000	EXPLOTACIÓN MINERA ENCARNACIÓN	NO APROBADO	NA	NA
				2	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 18. Proyectos mineros 2002

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-530-2002	EXTRACCIÓN DE ROCA VOLCÁNICA MINA PAXTOCA	APROBADO	1	0
2	EIA-710-2002	PIEDRINERA SANTA ELENA	NO APROBADO	NA	NA
				1	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 19. Proyectos mineros 2003

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-115-2003	MINERO RODEO DE OSUNA	NO APROBAR	NA	NA
2	EIA-127-2003	EXPLOTACIÓN DE TOBAS ARENERA LAS ALONDRAS	NO APROBAR	NA	NA
3	EIA-436-2003	PROYECTO MINERO MARLIN	APROBADO	1	1
4	EIA-702-2003	SILICE DE CENTROAMERICA SICASA	APROBADO	1	1
				2	2

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 20. Proyectos mineros 2004

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-546-2004	EXPLOTACIÓN MINERA SAN LORENZO	APROBADO	1	0
2	EIA-694-2004	PROYECTO MINERO MACHAQUILA	APROBADO	1	0
				2	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 21. Proyectos mineros 2005

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-032-2005	BANCO DE MATERIAL SELECTO EL TESORO	APROBADO	0	0
2	EIA-162-2005	CANTERA LA COSTEÑA	NO APROBADO	NA	NA
3	EIA-291-2005	PLANTA DE EXPLOTACIÓN, TRITURACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE GRAVA DE RIO	PENDIENTE	NA	NA
4	EIA-365-2005	PROYECTO MINERO EL SASTRE	APROBADO	1	1
5	EIA-690-2005	PLANTA DE PROCESO Y ALMACENAMIENTO DE ARCILLAS SAMBORO	APROBADO	1	0
6	EIA-815-2005	MINA SUBTERRÁNEA LA HAMACA	APROBADO	1	1
7	EIA-836-2005	EXTRACCIÓN MINERA FENIX	APROBADO	1	1
8	EIA-936-2005	MINERA DE EXPLOTACIÓN EL CAMINO	NO APROBADO	NA	NA
9	F-1844-2005	PROYECTO MINERO FENIX	APROBADO	1	1
				5	4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 22. Proyectos mineros 2006

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	D-032-2006	EXTRACCIÓN DE MATERIAL CANTERA CAYUGA	APROBADO	1	0
2	EIA-371-2006	ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA PLANTA D PROCESO DE NIQUEL	APROBADO	1	1
3	EIA-637-2006	PLANTA DE TRITURACIÓN DE AGREGADOS SAN JOSE	APROBADO	1	1
4	F-013-2006	PROYECTO MINERO FENIX	NO APROBADO	NA	NA
				3	2

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 23. Proyectos mineros 2007

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	D-163-2007	PATIO DE LIXIVIADOS EL SASTRE	NO APROBADO	NA	NA
2	D-741-2007	CALERA SAN MIGUEL	APROBADO	1	0
3	D-953-2007	PLANTA DE TRITURACIÓN DE MATERIALES PETREOS	APROBADO	1	0
4	EIA-088-2007	PLANTA DE PROCESO DE NÍQUEL CGN	APROBADO	1	1
5	EIA-404-2007	AMPLIACIÓN DEL PROYECTO MINERO EL SASTRE No. 2	APROBADO	1	0
6	EIA-584-2007	MINERO MARIA INES	NO APROBADO	NA	NA
7	EIA-726-2007	EXPLORACIÓN DE ESCORIA VOLCÁNICA	NO APROBADO	NA	NA
8	F-395-2007	EXPLORACIÓN GEOLÓGICA MINERO DE LAS LICENCIAS NUEVA CALEDONIA I Y II	NO APROBADO	NA	NA
9	F-156-2007	EXPLORACIÓN GEOLÓGICA MINERA CHATALA Y MARIACHAJ	NO APROBADO	NA	NA
				4	1

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 24. Proyectos mineros 2008

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	EIA-408-2008	PROYECTO DE EXPLOTACIÓN MINERA GRUPO SAN LUCAS	APROBADO	1	0
2	EIA-361-2008	EXTRACCIÓN DE MATERIALES EN EL BANCO HÚMEDO	NO APROBADO	NA	NA
3	EIA-242-2008	SOLICITUD DERECHO DE EXPLOTACIÓN MINERA MARAXCO	PENDIENTE	NA	NA
4	EIA-103-2008	PLANTA AGREGUA SUCHITEPÉQUEZ	APROBADO	1	0
5	EIA-003-2008	CANtera LOS MANANTIALES	APROBADO	1	1
6	EAI-1137-2008	CEMENTOS PROGRESO FABRICA SAN JUAN	APROBADO	1	0
7	EAI-238-2008	DERECHO MINERO DE EXPLORACIÓN CUBULCO	NO APROBADO	NA	NA
8	EAI-128-2008	PLANTA DE PROCESO DE NÍQUEL	APROBADO	0	0
9	D-592-2008	CANtera POCHUTA	APROBADO	1	1
10	D-536-2008	EXPLOTACIÓN MINERA OASIS	APROBADO	1	1
11	D-485-2008	ARENERA EL CARMEN	NO APROBADO	NA	NA
12	D-431-2008	ACTIVIDADES DE LA EXPLOTACIÓN MINERA NIQUÉGUA MONTUFAR II	NO APROBADO	NA	NA
				6	3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 25. Proyectos mineros 2009

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2009-1165	PLANTA DE PROCESO Y PATIO DE LIXIVIACIÓN DE EL SOYATE, S.A.	NO APROBADO	NA	NA
2	2009-590	EXPLOTACIÓN MINERA GUATEMINAS	NO APROBADO	NA	NA
3	2009-751	CANTERA PIDERSA	NO APROBADO	NA	NA
4	2009-78	SOLICITUD DE LICENCIA DE EXPLOTACIÓN MINERA DENOMINADO EL TERCERON	APROBADO		1 0
5	D-967-2009	EXTRACCIÓN DE ARENA EN EL RIO SAMALA, TOTONICAPAN	APROBADO		0 0
6	D-1000-2009	EXTRACCIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS	APROBADO		1 0
7	EIA-414-2009	EXPLOTACIÓN ARENERA Y DE PIEDRA DEL RIO LOS ALMENDROS	APROBADO		1 0
				3	0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 26. Proyectos mineros 2010

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2010-201	PROGRESO VII DERIVADA (MINERÍA DE ORO SUBTERRÁNEA)	APROBADO		1 1
2	2010-418	PROYECTO MINERO EL PATO II	APROBADO		1 1
3	2010-500	TÚNELES DE EXPLORACIÓN MINERA: OASIS	APROBADO		1 1
4	2010-537	PORVENIR CENTRAL (LEXR-037-2009)	NO APROBADO	NA	NA
5	2010-91	PLANTA DE LIXIVIACIÓN EN TANQUES	APROBADO		1 0
6	EIA-092-2010	ÁREA DE MINADO EL ARENAL	NO APROBADO	NA	NA
7	EIA-312-2010	EXPLOTACIÓN MINERA JOAQUINA	NO APROBADO	NA	NA
8	EIA-537-2010	PORVENIR CENTRAL	NO APROBADO	NA	NA
9	EIA-659-2010	DERECHO MINERO DE EXPLOTACIÓN EL PACIFICO SEXT-035-09	APROBADO		1 1
				5	4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 27. Proyectos mineros 2011

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2011-502	PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA Y CONDENACIÓN EN FINCA CAHABONCITO NORTE Y ÁREAS ANEXAS EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, IZABAL	NO APROBADO	NA	NA
2	2011-70	PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA PROGRESO ESTE	NO APROBADO	NA	NA
3	2011-742	MARISOL II	NO APROBADO	NA	NA
4	2011-803	PROYECTO DE EXPLOTACIÓN MINERA LUCERO LEXR-041-06	APROBADO	1	1
5	2011-997	EXPLOTACIÓN MINERO NIQUEGUA MONTUFAR II	NO APROBADO	NA	NA
6	D-084-2011	EXPLOTACION MINERA PIEDRA BLANCA	NO APROBADO	NA	NA
7	EIA-142-2011	EXTRACCIÓN MINERA SECHOL	APROBADO	1	1
8	D-224-2011	MINA EL TORLON	APROBADO	1	0
				3	2

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 28. Proyectos mineros 2012

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2012-258	AMANECER	APROBADO	1	1
2	2012-360	PROYECTO DE EXPLORACION MINERA EL DORADO LEXR-813, AREA EL DORADO SUR	APROBADO	1	1
3	2012-67	PLAN DE CIERRE DE LA ESCOMBRERA Y DEL TAJO MARLIN I	APROBADO	1	1
4	2012-862	PROYECTO DE EXPLORACION CHOCOYOS SEXR-025-06	APROBADO	1	0
5	EIA-044-2012	AMPLIACION DEL PROYECTO DE EXPLOTACION MINERA AQUINON	APROBADO	1	0
6	EIA-092-2012	LA HIELERA	NO APROBADO	NA	NA
				5	3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 29. Proyectos mineros 2013

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2013-134	EXPLOTACIÓN ARTESANAL DE YACIMIENTOS DE JADE, CUARZO, SERPENTINA, Y TODO TIPO DE MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS JADES MOTAGUA S.A.	APROBADO	1	0
2	2013-211	EL CAULOTE	APROBADO	1	0
3	D-192-2013	PROYECTO CANTERA SAN JOAQUIN-SAN ANTONIO	APROBADO	1	1
4	EAI-043-2013	JADE JADEITA	APROBADO	1	1
5	EIA-159-2013	RELLENO SANITARIO DEL PROYECTO FENIX	APROBADO	1	1
				5	3

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 30. Proyectos mineros 2014

No.	EXPEDIENTE	NOMBRE DEL PROYECTO	STATUS	MONITOREO AMBIENTAL	MONITOREO BIOLÓGICO
1	2014-0063	LICENCIA DE EXPLOTACIÓN MINERA CANTERA LAS MERCEDES, EXPEDIENTE NO. SEXT-016-09	NO APROBADO	NA	NA
2	2014-0099	AMPLIACIÓN PROYECTO MINERO EL SASTRE II	APROBADO	1	1
3	2014-0129	AMPLIACIÓN PROYECTO MINERO CERRO COLORADO	APROBADO	1	1
4	2014-0207	COMUNIDAD MINERA LOS CIMIENTOS	APROBADO	1	1
5	2014-0232	EXPLOTACIÓN MINERA LOS PINOS	APROBADO	1	1
6	2014-4413	PROYECTO DE EXPLOTACIÓN MINERA JUAN BOSCO LEXR-089-08	APROBADO	1	1
7	2014-EIA-0218	LA OBRA	APROBADO	1	0
				6	5

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 31. Resumen estudios de caso 1

ESTUDIO DE CASO	LÍNEA BASE	DISEÑO EXPERIMENTAL	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	INDICADORES BIOLÓGICOS	DISEÑO DE MUESTREO
1 Monitoreo de Biología diciembre 2013 Proyecto Minero El Escobal, Minera San Rafael Guatemala	1	0	1	1	1
2 Proyecto Minero Cerro Colorado Monitoreo Biológico enero 2014	0	0	1	1	0
3 Inventario Faunístico y Florístico de las Hidroeléctricas Renace I y II, Informe de Biodiversidad 2014	0	0	0	1	1
4 Informe de Segundo Monitoreo Biológico 2014, Proyecto de Riego Samalá - La Ponderosa	0	0	1	1	0
5 Palmas del Ixcán, Fase Agrícola, Monitoreos Ambientales, 2011	0	0	1	1	1
6 "Evaluación de Impacto Ambiental. Componente Biológico del Proyecto de Construcción de la Hidroeléctrica sobre el Río Chianay (8 MW), Municipio de Lanquín Departamento de Alta Verapaz" 2008	0	0	0	1	0
7 Línea Base para el Diagnóstico del Estado de Composición de las Poblaciones de Aves	1	1	1	1	0
8 Monitoreo de Biología Terrestre, Minera el Oasis. 2011.	1	0	0	1	0
9 Línea Base de Componentes Ambientales, Hidroeléctrica El Volcán. 2012	0	0	1	1	0
10 Estudio de biología acuática y terrestre, Mina Marlin. 2010.	1	1	1	1	1
TOTALES	4	2	7	10	4
	40 %	20 %	70 %	100 %	40 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 32. Resumen estudios de caso 2

ESTUDIO DE CASO	ESTACIONES DE MUESTREO	MANEJO Y RESGUARDO APROPIADO DE DATOS	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	USO DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA	COLECCIONES DE REFERENCIA
1	Monitoreo de Biología diciembre 2013 Proyecto Minero El Escobal, Minera San Rafael Guatemala	1	0	1	1
2	Proyecto Minero Cerro Colorado Monitoreo Biológico enero 2014	1	0	1	0
3	Inventario Faunístico y Florístico de las Hidroeléctricas Renace I y II, Informe de Biodiversidad 2014	0	0	1	0
4	Informe de Segundo Monitoreo Biológico 2014, Proyecto de Riego Samalá - La Ponderosa	0	0	1	0
5	Palmas del Ixcán, Fase Agrícola, Monitoreos Ambientales, 2011	0	1	1	0
6	"Evaluación de Impacto Ambiental.	0	0	1	0
7	Línea Base para el Diagnóstico del Estado de Composición de las Poblaciones de Aves (Residentes -Migratorias) y Mamíferos en el Complejo Eólico - San Antonio, Municipalidad de Villa Canales, Departamento de Guatemala. Guatemala. 2013	0	0	0	0
8	Monitoreo de Biología Terrestre, Minera el Oasis. 2011.	1	1	1	0
9	Línea Base de Componentes Ambientales, Hidroeléctrica El Volcán. 2012	1	0	1	0
10	Estudio de biología acuática y terrestre, Mina Marlin. 2010.	1	1	1	0
TOTALES		5	3	4	1
		50 %	30 %	40 %	10 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apéndice 33. Estudios de caso e indicadores 1

ESTUDIO DE CASO	CONCLUSIO N	COMUNICACIÓ N Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	MAMIFERO S	PLANTAS	AVES
1 Monitoreo de Biología diciembre 2013 Proyecto Minero El Escobal, Minera San Rafael Guatemala	0	0	1	1	1
2 Proyecto Minero Cerro Colorado Monitoreo Biológico enero 2014	1	0	1	1	1
3 Inventario Faunístico y Florístico de las Hidroeléctricas Renace I y II, Informe de Biodiversidad 2014	0	0	1	1	1
4 Informe de Segundo Monitoreo Biológico 2014, Proyecto de Riego Samalá - La Ponderosa	0	0	1	1	1
5 Palmas del Ixcán, Fase Agrícola, Monitoreos Ambientales, 2011	0	0	1	1	1
6 "Evaluación de Impacto Ambiental. Componente Biológico del Proyecto de Construcción de la Hidroeléctrica sobre el Río Chianay (8 MW), Municipio de Lanquín Departamento de Alta Verapaz" 2008	0	0	1	1	1
7 Línea Base para el Diagnóstico del Estado de Composición de las Poblaciones de Aves (Residentes -Migratorias) y Mamíferos en el Complejo Eólico - San Antonio, Municipalidad de Villa Canales, Departamento de Guatemala. Guatemala. 2013	1	0	1	0	1
8 Monitoreo de Biología Terrestre, Minera el Oasis. 2011.	0	0	1	1	1
9 Línea Base de Componentes Ambientales, Hidroeléctrica El Volcán. 2012	1	0	1	1	1
10 Estudio de biología acuática y terrestre, Mina Marlin. 2010.	1	0	1	1	1
TOTALES	4	0	10	9	10
	40 %	0 %	100 %	90 %	100 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 34. Estudios de caso e indicadores 2

ESTUDIO DE CASO	VEGETACIÓN: COBERTURA Y FRAGMENTACIÓN	REPTILES Y ANFIBIOS	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	INSECTOS TERRESTRES	PECES	OTROS GRUPOS
1	Monitoreo de Biología diciembre 2013 Proyecto Minero El Escobal, Minera San Rafael Guatemala	1	0	0	0	0
2	Proyecto Minero Cerro Colorado Monitoreo Biológico enero 2014	1	0	0	1	0
3	Inventario Faunístico y Florístico de las Hidroeléctricas Renace I y II, Informe de Biodiversidad 2014	0	0	1	0	0
4	Informe de Segundo Monitoreo Biológico 2014, Proyecto de Riego Samalá - La Ponderosa	1	0	0	0	0
5	Palmas del Ixcán, Fase Agrícola, Monitoreos Ambientales, 2011	1	0	0	1	0
6	"Evaluación de Impacto Ambiental. Componente Biológico del Proyecto de Construcción de la Hidroeléctrica sobre el Río Chianay (8 MW), Municipio de Lanquín Departamento de Alta Verapaz" 2008	0	1	0	0	0

Continuacion apéndice 34.

7	Línea Base para el Diagnóstico del Estado de Composición de las Poblaciones de Aves (Residentes - Migratorias) y Mamíferos en el Complejo Eólico - San Antonio, Municipalidad de Villa Canales, Departamento de Guatemala. 2013	0	0	0	0	0	0
8	Monitoreo de Biología Terrestre, Minera el Oasis. 2011.	0	1	0	0	0	0
9	Línea Base de Componentes Ambientales, Hidroeléctrica El Volcán. 2012	0	1	0	0	1	0
10	Estudio de biología acuática y terrestre, Mina Marlin. 2010.	1	0	1	0	1	0
TOTALES		2	6	2	1	4	0
		20 %	60 %	20 %	10 %	40 %	0 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de MARN (2015). *Archivo General del MARN.*

Apendice 35. Matriz factores de monitoreo biológico - literatura

REFERENCIA	TITULO	PUBLICACION	PAÍS
1 Aguirre Andrade (2011)	"Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el manejo de la cuenca del río Yanuncay"	Tesis de Grado Universidad Politécnica Salesiana	ECUADOR
2 Angulo et. al. (Eds). (2006)	Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina	Conservación Internacional, Serie Manuales para la Conservación, Bogotá D.C., Colombia. 299 pp.	COLOMBIA
3 Car III y de Stoll (1999)	Monitoreo biológico en la Selva Maya	Wildlife Conservation Society. México, Agosto 1999. 60 pp.	GUATEMALA MÉXICO BELICE
4 Cárdenas Chávez et. al. (2006)	Diseño metodológico para la evaluación y monitoreo de la biodiversidad en las microcuencas hidrográficas de los ríos Illangama y Alumbre de la provincia de Bolívar	USAID/SANREM CRSP/ECOCIENCIA. Ecuador. 31 pp.	ECUADOR
5 Chaluleu Baeza (2010)	Monitoreo biológico de aves residentes e implementación de educación ambiental dentro de la subcuenca El Hato, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	Asociación Nacional del Café, CIRAD, Fundación Defensores de la Naturaleza, CATIE. Guatemala, 32 pp.	GUATEMALA
6 Chediack (Compiladora) (2009)	Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Corredor Biológico Mesoamericano México, Serie Diálogos / Número 3. 87 pp.	MÉXICO
7 Dix et. al. (2005)	Diagnóstico ecológico-social de la Cuenca de Atilán	Universidad del Valle de Guatemala/TheNatureConservancy, Guatemala. 150 pp.	GUATEMALA
8 Estrada Chinchilla et. al. (2005)	Guía de monitoreo ecológico: validación de procedimientos metodológicos y enfoques propuestos para un bosque de coníferas manejado en la Reserva Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala.	Recursos Naturales y Ambiente 51-52, 96-106	GUATEMALA
9 Finegan et. al. (2004)	El monitoreo ecológico como herramienta de manejo forestal sostenible: consideraciones básicas y una propuesta metodológica con énfasis en bosques de alto valor para la conservación certificados bajo el marco del FSC	Recursos Naturales y Ambiente (CATIE) 42, 29-42	GUATEMALA

Continuación apéndice 35.

REFERENCIA	TÍTULO	PUBLICACION	PAÍS
10 Finegan et. al. (2008)	El monitoreo ecológico como herramienta de manejo para la conservación; bases conceptuales y estructura del Programa de Monitoreo Ecológico en Áreas Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica	Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). 54, 66-73	COSTA RICA
11 Galindo-Leal et. al. (1993)	Distribution and abundance of coues deer and cattle in Michilia Biosphere Reserve, México	TheSouthwesternNaturalist 38(2), 127-135	MÉXICO
12 Godínez (2013)	Evaluación ecológica rápida-EER de la biodiversidad de bosques comunales de Sierra Parraxquín, Totonicapán	Proyecto Iniciativa de Cambio Climático de CARE. Programa Académico de Ingeniería Forestal, Centro Universitario de Noroccidente, Universidad de San Carlos de Guatemala. CARE, Fondo para la Conservación de los Bosques Tropicales. Huehuetenango, 12 pp	GUATEMALA
13 Henriquez Cisneros (2004)	Propuesta de un sistema de monitoreo de especies indicadoras: anfibios y reptiles en Sector Los Andes del complejo Los Volcanes, Departamento de Santa Ana, El Salvador	Trabajo de graduación presentado para optar al grado de Licenciado en Biología. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Escuela de Biología. San Salvador, El Salvador.	EL SALVADOR
14 Hernández Avila y Perera Valderrama (2014)	Sistema de monitoreo de la biodiversidad	Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba –SANP/GEF/PNUD, Cuba. 15 pp.	CUBA

Continuacion apéndice 35.

REFERENCIA	TITULO	PUBLICACION	PAÍS
15 Ice (2012)	Proyecto hidroeléctrico Reventazón: Estudios ambientales adicionales parte E: Plan de manejo de la biodiversidad	Ice/Inter American Development Bank. Costa Rica. 46 pp.	COSTA RICA
16 Kremen (1992)	Assessing the indicator properties of species assemblages for natural áreas monitoring	Ecol. Appl. 2(2), 203-217	MADAGASCAR
17 Kremen et. al. (1994)	Ecological Monitoring: A Vital Need for Integrated Conservation and Development Programs in the Tropics	ConservationBiology, 8(2), 388–397	MADAGASCAR
18 Latham et. al. (2014)	Manual de referencia: Monitoreo de la biodiversidad para REDD+	Sociedad Zoológica de Londres, Reino Unido. 96 pp.	BRASIL FILIPINAS INDONESIA MÉXICO MADAGASCAR
19 Ledesma. (2008)	Monitoreo Ambiental y preservación de la biodiversidad: un desafío de largo plazo	Ledesma excelencia argentina, Gestión Ambiental, Fundación ProYungas, Argentina. 13 pp.	ARGENTINA
20 Marín Cambroner y Nájera Gómez (2013)	Inventario de herpetofauna, aves y mamíferos de las fincas de Puro Verde Paraíso Forestal, S.A.	Costa Rica. 83 pp.	COSTA RICA
21 Ministerio de Ambiente. (2015)	Guía de inventario de la fauna silvestre	Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, 83 pp.	PERÚ
22 Ministerio del Ambiente. (2012)	Inventario y evaluación del patrimonio natural en los ecosistemas de selva alta Parque Nacional YanachagaChemillén	Ministerio de Ambiente/SERNANP/CANDES – CORBIDI, Editorial Súper Gráfica E.I.R.L., Perú. 139 pp.	PERÚ
23 MMA, CTCN, CATIE, ICRAF. (2016)	Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático	Ministerio de Ambiente de Chile, ClimateTechnology Centre and Network, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación, WorldAgroforestry Centre, Santiago-Chile. 172 pp.	CHILE
24 Muñoz et. al. (2001)	Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lenticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos	Gayana (Concepción) 65(2)	CHILE

Continuación apéndice 35.

REFERENCIA	TÍTULO	PUBLICACION	PAÍS
25 Noss (1990).	Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach	Cons. Bio. 4(4), 355-364	NA
26 Páramo Rocha et. al. (1997)	Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques del Pacífico medio y sur colombiano	Documento Metodológico y de Diseño del Programa elaborado por el Proyecto Estaciones de Monitoreo Ecológico y Socioeconómico en el Pacífico Medio y Sur. Proyecto de Investigación Ministerio del Medio Ambiente -CONIF Contrato FONADE -CONIF/975. Santafé de Bogotá, Colombia. 59 pp.	COLOMBIA
27 Pérez Munguia (2007)	Uso de los macroinvertebrados acuáticos en el monitoreo ambiental de ríos y arroyos	Simposico internacional de entomología acuática mexicana: estado actual del conocimiento y aplicación/ Novelo Gutierrez y Alonso Eguia Lis (editores)	MÉXICO
28 Pérez Munguia et. al. (2006)	Monitoreo ambiental del río "Cupatitzio", en la cabecera de la microcuenca y dentro del Parque Nacional "Barranca del Cupatitzio", en la Ciudad de Uruapan, Michoacán	BIOLÓGICAS 8, 18-30	MÉXICO
29 Perovic et. al. (2008)	Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad.	Programa de Monitoreo de Biodiversidad - Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provincial Copo, y Zona de Amortiguamiento. APN/GEF/BIRF. Salta, Argentina.	ARGENTINA
30 Pluspetrol/TgP. (2004)	Programa de Monitoreo de Biodiversidad Proyecto de Gas de Camisea Zona de Selva	Informe Final, Transportadora de Gas del Perú TgP y Pluspetrol Perú Corporation, Perú. 462 pp.	PERÚ
31 Polanía (2010)	Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia	Gestión y Ambiente 13 (3): 75-86	COLOMBIA
32 Portillo Reyes y Hernández (2011)	Densidad del Jaguar (Panthera onca) en Honduras: primer estudio con trampas-cámara en La Mosquitia hondureña	Revista Latinoamericana de Conservación ISSN 2027-3851 RLC Vol. 2 (1): 45 – 50	HONDURAS

Continuación apéndice 35.

REFERENCIA	TÍTULO	PUBLICACION	PAÍS
33 PROARCA/APM y LIDER. (2004)	Evaluación ecológica rápida: Península de Cosigüina, Nicaragua	Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Componente de Áreas Protegidas y Mercadeo Ambiental PROARCA/APM, Fundación Luchadores Integrados al Desarrollo de la Región LIDER, Proyecto USAIDCCAD, TheNatureConservancy (TNC). 69 pp	NICARAGUA
34 Programa de Monitoreo de la Biodiversidad (Ed.). (2014)	Metodologías para el monitoreo de la biodiversidad en la Amazonía.	Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea. 184 pp.	PERÚ
35 Puerta-Piñero et. al. (Editores). (2014).	Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá	Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP), Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Minera Panamá S.A. Panamá. 196 pp.	PANAMÁ
36 Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná (2008)	Propuesta binacional para el monitoreo biológico en el Volcán Tacaná México-Guatemala	Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Cacahoatán, Chiapas, México, 2008.	MÉXICO GUATEMALA
37 Rodríguez y Fuenmayor (2012).	Informe de monitoreo biológico para la conservación de la Cuenca Binacional del Río Sixaola	Proyecto de Gestión Integrada de Ecosistemas de la Cuenca Binacional del Río Sixaola", TheNatureConservancy. 40 pp.	COSTA RICA PANAMÁ
38 Sayre et. al. (2002)	Un enfoque en la naturaleza: Evaluaciones Ecológicas Rápidas	The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. 196 pp.	PANAMÁ EEUU PARAGUAY CUBA
39 Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda. (2005)	Proyecto monitoreo biológico en áreas naturales protegidas	Dirección Áreas Naturales y Vida Silvestre, Chiapas. 50 pp.	MÉXICO
40 Sobuj y Rahman (2011)	Assessment of plant diversity in Khadimnagar National Park of Bangladesh	International Journal of Environmental Sciences 2(1), 79-91	BANGLADESH

Continuación apéndice 35.

REFERENCIA	TÍTULO	PUBLICACION	PAÍS
41 Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad Grupo de Monitoreo de Biodiversidad. (2017)	"Monitoreo de Biodiversidad en la Estructura Ecológica Principal de Bogotá". Experiencias, resultados y aprendizajes en el seguimiento, evaluación y monitoreo de la biodiversidad urbana y de procesos de restauración ecológica en Bogotá D.C 2016	Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. 87 pp.	COLOMBIA
42 Tobler et. al. (2008)	An evaluation of camera traps for inventorying large- and médium-sized terrestrial rainforest mammals	Animal Conservation 11, 169-178	PERÚ
43 Tucker et. al. (2005)	Guidelines for Biodiversity Assessment and Monitoring for Protected Areas	KMTNC, Kathmandu, Nepal, 123 pp.	NEPAL
44 Universidad de Panamá (2005)	Resumen Ejecutivo: Recopilación y presentación del inventario biótico de vegetación, flora y fauna en las áreas dentro y aledañas al proyecto conceptual de la ampliación del Canal de Panamá	Autoridad del Canal de Panamá ACP/ Contrato No. 155779. Panamá. 12 pp.	PANAMÁ
45 Valle et. al. (2001)	Evaluaciones ecológicas rápidas en áreas costero marinas.	PROARCA/Costas, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), USAID, TheNatureConservancy (TNC), WorldWildlifeFund (WWF)	GUATEMALA
46 Vega Pardo (2015)	"Propuesta de monitoreo de la calidad ambiental de la microcuenca Guayzimi, Cantón Nangaritza, a través de indicadores faunísticos"	Tesis de Grado Universidad Nacional de Loja	ECUADOR
47 Velilla et. al. (2014)	Informe Monitoreo Biológico Colonia La Amistad y Reserva Kanguery San Rafael TekohaGuazu	Proyecto "Conservación de Bosques del Paraguay- REDD+", Guyra Paraguay, Paraguay. 62 pp.	PARAGUAY ARGENTINA BRASIL
48 Walker et. al. (2000)	Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos	Mastozoología Neotropical / J. Neotrop, Mammal 7(2), 73-80	ARGENTINA
49 Whitacre (1997)	Un Programa de Monitoreo Ecológico para la Reserva de la Biósfera Maya	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Consejo Nacional de Areas Protegidas de Guatemala (CONAP), Guatemala. 119 pp.	GUATEMALA
50 WWF-PROARCA-CATIE-Oregón State University. (2004)	Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación	WWF, Proarca, CATIE, Oregon State University. San José, Costa Rica. 116 pp.	CENTRO AMÉRICA

Fuente: elaboración propia.

Apendice 36. **Matriz factores de monitoreo biológico de literatura 1**

	PAÍS	LÍNEA BASE	DISEÑO EXPERIMENTAL	DISEÑO DE MUESTREO	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	ESTACIONES DE MUESTREO	INDICADORES ABIÓTICOS	AGUA
1	ECUADOR R	0	1	1	1	1	1	1
2	COLOMBIA A	1	1	1	1	1	1	1
3	GUATEMALA MÉXICO BELICE	1	1	1	1	1	0	0
4	ECUADOR R	1	1	1	1	1	0	0
5	GUATEMALA	1	1	1	1	1	0	0
6	MÉXICO	1	1	1	1	1	0	0
7	GUATEMALA	1	1	1	1	1	1	0
8	GUATEMALA	1	1	1	1	0	0	0
9	GUATEMALA	1	1	1	1	0	0	0
10	COSTA RICA	1	1	1	1	1	0	0
11	MÉXICO	1	1	1	1	0	0	0
12	GUATEMALA	1	1	0	1	0	0	0
13	EL SALVADOR R	1	1	1	1	1	0	0
14	CUBA	1	1	1	0	1	0	0
15	COSTA RICA	1	1	1	1	1	0	0
16	MADAGASCAR SCAR	1	1	1	1	1	0	0
17	MADAGASCAR SCAR	1	1	1	1	0	0	0
18	BRASIL FILIPINAS INDONESIA MÉXICO MADAGASCAR SCAR	1	1	1	1	1	0	0
19	ARGENTINA	1	1	1	1	1	0	0
20	COSTA RICA	1	1	1	1	1	0	0
21	PERÚ	1	1	1	1	1	0	0
22	PERÚ	1	1	1	1	1	1	1

Continuación apéndice 36.

	PAÍS	LÍNEA BASE	DISEÑO EXPERIMEN TAL	DISEÑO DE MUESTR EO	LOCALIZAC IÓN Y DESCRIPC IÓN DEL ÁREA	ESTACIO NES DE MUESTR EO	INDICADO RES ABIÓTI COS	AGUA
23	CHILE	1	1	1	1	1	1	1
24	CHILE	1	1	1	0	0	0	0
25	NA	1	1	1	1	1	1	0
26	COLOMBI A	1	1	1	1	1	0	0
27	MÉXICO	0	1	1	1	1	0	0
28	MÉXICO	0	1	1	1	0	1	1
29	ARGENTI NA	1	1	1	1	1	0	0
30	PERÚ	1	1	1	1	1	1	1
31	COLOMBI A	0	1	1	1	1	1	1
32	HONDUR AS	1	1	1	1	1	0	0
33	NICARAG UA	1	1	1	1	1	0	0
34	PERÚ	1	1	1	1	1	0	0
35	PANAMÁ	1	1	1	1	1	0	0
36	MÉXICO GUATEM ALA	1	1	1	1	1	1	1
37	COSTA RICA	0	1	1	1	1	1	1
38	PANAMÁ EEUU PARAGUA Y CUBA	1	1	1	1	1	0	0
38	PANAMÁ EEUU PARAGUA Y CUBA	1	1	1	1	1	0	0
39	MÉXICO BANGLAD	1	1	1	1	1	0	0
40	ESH	1	1	1	1	1	0	0
41	COLOMBI A	1	1	1	1	1	0	0

Continuación apéndice 36.

PAÍS	LÍNEA BASE	DISEÑO EXPERIMENTAL	DISEÑO DE MUESTREO	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	ESTACIONES DE MUESTREO	INDICADORES ABIÓTICOS	AGUA
42 PERÚ	0	1	1	1	1	0	0
43 NEPAL	1	1	1	1	1	0	0
44 PANAMÁ	1	1	1	1	1	1	1
45 GUATEMALA	1	1	1	1	0	0	0
46 ECUADOR	1	1	1	1	1	0	0
47 PARAGUAY Y ARGENTINA	1	1	1	1	1	0	0
48 BRASIL	0	1	1	1	1	0	0
49 ARGENTINA	1	1	1	1	1	0	0
50 GUATEMALA CENTRO AMÉRICA	1	1	1	1	1	0	0

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 37. **Matriz factores de monitoreo biológico de literatura 2**

PAÍS	AIRE	SUELO	INDICADORES BIOLÓGICOS	VEGETACIÓN: COBERTURA Y FRAGMENTACIÓN	PLANTAS	AVES	MAMIFEROS	REPTILES Y ANFIBIOS	PECES
1 ECUADOR	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2 COLOMBIA	0	1	1	0	0	0	0	1	0
GUATEMALA									
MÉXICO									
3 BELICE	0	0	1	1	1	1	1	1	0
4 ECUADOR	0	0	1	1	1	1	1	1	1
5 GUATEMALA	0	0	1	1	0	1	0	0	0
6 MÉXICO	0	0	1	1	1	0	1	0	0
7 GUATEMALA	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8 GUATEMALA	0	0	1	1	1	0	0	0	0
9 GUATEMALA	0	0	1	1	1	1	1	0	0
10 COSTA RICA	0	0	1	1	1	1	0	0	0
11 MÉXICO	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12 GUATEMALA	0	0	1	0	1	1	0	0	0
EL									
13 SALVADOR	0	0	1	1	0	0	0	1	0
14 CUBA	0	0	1	1	1	1	1	1	0
15 COSTA RICA	0	0	1	0	1	0	1	0	1
MADAGASCA									
16 R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MADAGASCA									
17 R	0	0	1	1	1	1	1	0	0
BRASIL									
FILIPINAS									
INDONESIA									
MÉXICO									
MADAGASCA									
18 R	0	0	1	1	1	1	1	1	0
19 ARGENTINA	0	0	1	0	1	1	1	1	0
20 COSTA RICA	0	0	1	0	0	1	1	1	0
21 PERÚ	0	0	1	0	0	1	1	1	0
22 PERÚ	0	1	1	1	1	1	1	1	1
23 CHILE	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24 CHILE	0	0	1	0	0	0	0	0	0
25 NA	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Continuación apéndice 37.

PAÍS	AIRE	SUELO	INDICADORES BIOLÓGICOS	VEGETACIÓN: COBERTURA Y FRAGMENTACIÓN	PLANTAS	AVES	MAMÍFEROS	REPTILES Y ANFIBIOS	PECES
26 COLOMBIA	0	0	1	1	0	0	0	0	0
27 MÉXICO	0	0	1	0	0	0	0	0	0
28 MÉXICO	0	0	1	1	0	0	0	0	0
29 ARGENTINA	0	0	1	1	1	1	1	1	0
30 PERÚ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31 COLOMBIA	0	0	1		1	0	0	0	0
32 HONDURAS	0	0	1	0	0	0	1	0	0
33 NICARAGUA	0	0	1	0	1	1	1	1	1
34 PERÚ	0	0	1	1	1	1	1	1	1
35 PANAMÁ	0	0	1	1	1	1	1	1	1
MÉXICO									
36 GUATEMALA	1	1	1	0	1	1	1	1	0
COSTA RICA									
37 PANAMÁ	0	1	1	1	1	1	1	1	0
PANAMÁ									
EEUU									
PARAGUAY									
38 CUBA	0	0	1	1	1	1	1	1	0
39 MÉXICO	0	0	1	1	1	1	1	1	0
BANGLADES									
40 H	0	0	1	1	1	0	0	0	0
41 COLOMBIA	0	0	1	0	1	1	1	1	0
42 PERÚ	0	0	1	0	0	0	1	0	0
43 NEPAL	0	0	1	0	0	0	0	0	0
44 PANAMÁ	0	1	1	1	1	1	1	1	1
45 GUATEMALA	0	0	1	0	1	1	1	1	1
46 ECUADOR	0	0	1	0	0	1	0	1	0
PARAGUAY									
ARGENTINA									
47 BRASIL	0	0	1	1	1	1	1	1	0
48 ARGENTINA	0	0	1	0	0	0	1	0	0
49 GUATEMALA	0	0	1	1	1	1	1	1	0
CENTRO									
50 AMÉRICA	0	0	1	1	1	1	1	0	0

Fuente: elaboración propia.

Apendice 38. **Matriz factores de monitoreo biológico de literatura 3**

	PAÍS	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	INSECTOS TERRESTRES	OTROS GRUPOS	MANEJO Y RESGUARDO APROPIADO DE DATOS	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	USO DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA	COLECCIONES DE REFERENCIA	CONCLUSIONES	COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS
1	ECUADOR	1	0	0	1	1	0	0	1	0
2	COLOMBIA	0	0	0	1	1	1	1	1	0
3	GUATEMALA MÉXICO BELICE	0	1	0	1	1	1	1	0	1
4	ECUADOR	1	0	0	1	1	1	0	0	1
5	GUATEMALA	0	0	0	1	1	1	0	1	0
6	MÉXICO	1	1	0	1	1	1	1	1	1
7	GUATEMALA	1	1	0	1	1	1	1	1	0
8	GUATEMALA	0	1	0	0	0	1	0	1	0
9	GUATEMALA	0	1	0	1	1	0	0	1	0
10	COSTA RICA	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	MÉXICO	0	0	0	1	1	1	0	1	1
12	GUATEMALA	0	0	1	0	0	1	0	0	0
13	EL SALVADOR	0	0	0	1	1	0	0	1	1
14	CUBA	0	0	1	1	1	1	1	1	1
15	COSTA RICA	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	MADAGASCAR	0	1	0	1	1	1	1	1	1
17	MADAGASCAR	0	1	1	1	1	1	0	1	1
18	BRASIL FILIPINAS INDONESIA MÉXICO MADAGASCAR	1	1	0	1	1	1	1	1	1
19	ARGENTINA	0	0	0	1	1	1	1	1	1
20	COSTA RICA	0	0	0	1	0	0	1	0	1
21	PERÚ	0	0	0	1	1	1	1	1	1
22	PERÚ	1	0	0	1	1	1	1	1	1
23	CHILE	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	CHILE	1	0	1	1	1	0	0	1	0
25	NA	0	0	0	1	1	1	1	1	1

Continuación apéndice 38.

	PAÍS	MACRO INVERTEBRAD OS ACUÁTICOS	INSECTOS TERRESTRES	OTROS GRUPOS	MANEJO Y RESGUAR DO APROPIAD O DE DATOS	ANÁLISIS ESTADÍSTI CO	USO DE HERRAMIE NTA INFORMÁTI CA	COLECCIO NES DE REFERENCI A	CONCLUSIO NES	COMUNICACI ÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS
26	COLOMBIA	0	0	0	1	1	1	1	1	1
27	MÉXICO	1	0	0	1	1	1	0	1	1
28	MÉXICO	1	0	0	1	1	0	0	0	0
29	ARGENTINA	0	0	0	1	1	1	1	1	1
30	PERÚ	1	1	0	1	1	1	1	1	0
31	COLOMBIA	1	0	0	0	0	0	0	1	1
32	HONDURAS	0	0	0	1	1	1	0	1	1
33	NICARAGUA	1	0	0	1	1	1	1	1	1
34	PERÚ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	PANAMÁ	0	0	0	1	1	1	1	0	1
36	MÉXICO GUATEMALA	0	0	0	0	0	1	0	0	1
37	COSTA RICA PANAMÁ	0	0	0	1	1	1	1	1	1
38	PANAMÁ EEUU PARAGUAY CUBA	0	0	0	1	1	1	1	1	1
39	MÉXICO	0	0	0	1	1	1	1	1	1
40	BANGLADESH	0	0	0	1	1	1	1	1	1
41	COLOMBIA	0	1	0	1	1	1	1	0	1
42	PERÚ	0	0	0	1	1	1	1	1	1
43	NEPAL	0	0	0	1	1	1	1	1	1
44	PANAMÁ	1	1	0	1	1	1	1	1	1
45	GUATEMALA	1	0	1	1	1	1	1	0	1
46	ECUADOR	1	0	0	1	1		1	1	0
47	PARAGUAY ARGENTINA BRASIL	0	0	0	1	1	1	1	0	1
48	ARGENTINA	0	0	0	1	1	1	1	0	1
49	GUATEMALA	0	1	0	1	0	0	1	1	0
50	CENTRO AMÉRICA	0	1	0	1	1	1	0	0	1

Fuente: elaboración propia.