

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA.**



**IDENTIFICACION DE ESPECIES DE HERPETOFAUNA COMO
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA CREACION DE UN SISTEMA DE
MONITOREO PARA EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA MAGDALENA, EL
SALVADOR, DURANTE EL AÑO 2009.**

**PRESENTADO POR:
DOUGLAS ALEXANDER MÜLLER GONZÁLEZ.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**COORDINADOR GENERAL DEL PROCESO DE GRADO:
MsC. RICARDO FIGUEROA CERNA.**

**DOCENTES DIRECTORES:
LIC. VLADLEN ERNESTO HENRIQUEZ CISNEROS.
MsC. JOSÉ SANTOS ORTEZ SEGOVIA.**

**MARZO, 2010.
SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA.**



**IDENTIFICACION DE ESPECIES DE HERPETOFAUNA COMO
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA CREACION DE UN SISTEMA DE
MONITOREO PARA EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA MAGDALENA, EL
SALVADOR, DURANTE EL AÑO 2009.**

**PRESENTADO POR:
DOUGLAS ALEXANDER MÜLLER GONZÁLEZ.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**COORDINADOR GENERAL DEL PROCESO DE GRADO:
MsC. RICARDO FIGUEROA CERNA.**

**DOCENTES DIRECTORES:
LIC. VLADLEN ERNESTO HENRIQUEZ CISNEROS.
MsC. JOSE SANTOS ORTEZ SEGOVIA.**

**MARZO, 2010.
SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA.**



**IDENTIFICACION DE ESPECIES DE HERPETOFAUNA COMO
INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA CREACION DE UN SISTEMA DE
MONITOREO PARA EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA MAGDALENA, EL
SALVADOR, DURANTE EL AÑO 2009.**

**PRESENTADO POR:
DOUGLAS ALEXANDER MÜLLER GONZÁLEZ.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

MsC. RICARDO FIGUEROA CERNA.

FIRMA: _____.

DOCENTES DIRECTORES:

LIC. VLADLEN ERNESTO HENRIQUEZ CISNEROS.

FIRMA: _____.

MsC. JOSE SANTOS ORTEZ SEGOVIA.

FIRMA: _____.

MARZO, 2010.

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

RECTOR:

ING. Y MSC. RUFINO QUEZADA SANCHEZ.

VICE-RECTOR ACADEMICO:

ARC. Y MASTER MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS.

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO:

LICDO. Y MASTER OSCAR NOE NAVARRETE.

SECRETARIO GENERAL:

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ.

FISCAL GENERAL:

DR. RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ.

MARZO, 2010.

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.

DECANO:

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA.

VICE-DECANO:

LICDO. Y MASTER ELADIO EFRAIN ZACARÍAS ORTEZ.

SECRETARIO:

LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA.

JEFE DE DEPARTAMENTO.

LICDO. Y MASTER RICARDO FIGUEROA CERNA.

MARZO, 2010.

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

DEDICATORIA.

Dedico esta investigación a:

- A mis padres Edmundo Hans Müller Linares (Q.D.D.G) y Mirna Elizabeth González.
- A mi abuelita Emilia Mercedes González.
- A mis hermanos Bryan Edilberto Müller González y Hans Steve Müller González.
- A mi novia Jazmín Del Carmen Medrano Ruíz.
- A toda mi familia.
- A todos los estudiosos de la herpetología, por sus esfuerzos dedicados al entendimiento y protección de estos interesantes animales.

AGRADECIMIENTOS.

- A Dios todo poderoso por darme la fortaleza para completar esta investigación y toda mi formación académica.
- A mi padre Edmundo Hans Müller Linares (Q.D.D.G) por darme la vida, consejos y cuidados mientras estuvo a mi lado.
- A mi madre Mirna Elizabeth González por darme la vida, brindarme todo su apoyo durante mi formación académica, por darme consejos, cuidados y depositar toda su fe y amor en mí.
- A mi abuelita Emilia Mercedes González por criarme desde pequeño, darme todo su apoyo, consejos, cuidados, amor y hacer de mí la persona que soy.
- A mi tía Carmen Delia Zeledón por criarme y cuidarme cuando pequeño, y brindarme todo su apoyo.
- A mi tío Oscar Alberto Girón por apoyarme y brindarme equipo para la realización de la fase de campo de esta investigación.
- A mis hermanos Bryan Edilberto Müller González y Hans Steve Müller González por brindarme todo su apoyo, su interés y por creer en mí.
- A mis primos Kevin Enrique Medina, Erick Stanley Medina y Carlos Raúl Medina por mostrar un interés especial por lo que hago y por creer en mí.
- A mi novia Jazmín Del Carmen Medrano Ruíz por compartir el interés por lo que hago, por brindarme su total apoyo, comprensión, amor y por creer en mí.

- A los docentes del Departamento de Biología por darme la formación académica como Biólogo.
- A mi asesor Licdo. Vladlen Henríquez por brindarme su amistad, su tiempo, consejos y apoyo desinteresado para la realización de esta investigación.
- A mi asesor MsC. José Ortéz por brindarme su apoyo y conocimiento para la realización de esta investigación.
- Al MARN - FIAES - ASAPROSAR por permitirme ingresar al Área Natural Protegida La Magdalena y por todo su apoyo.
- Al equipo de Guarda recursos del Área Natural Protegida La Magdalena (Fúlvia Nolasco, Armida G. Barrera, Sandra L. Barrera, Neftalí B. Lemus, Oscar H. Marroquín, Gustavo A. Barrera y Mauricio Torres), por brindarme su amistad y todo su apoyo durante la fase de campo de esta investigación.
- A los señores José Sayes y Ana de Sayes por brindarme su amistad, apoyo y alojamiento durante la ejecución de la fase de campo de esta investigación.
- A Licda. Patricia Quintana por brindarme sus consejos y apoyo para mejorar esta investigación.
- A mis amigos y compañeros Jorge Ramos, Adalberto Salazar, Jorge Valle, Roberto Martínez y Alexander Zaldaña por su apoyo brindado.
- A todos mis compañeros y compañeras que creyeron en mí y me brindaron su apoyo.

RESUMEN

La investigación realizada en el ANP La Magdalena consistió en una Evaluación de la composición de la herpetofauna utilizando transectos en ambas épocas del año, se registraron 41 especies de herpetofauna, equivalentes al 31% del total de especies registradas para el país, de igual manera se registraron 6 especies nuevas para el área y 5 nuevos registros para el departamento de Santa Ana, ubicando al área dentro de las primeras tres con mayor riqueza de especies de herpetofauna dentro del territorio nacional, también se registraron 7 especies prioritarias para la conservación y 7 especies categorizadas como amenazadas o en peligro de extinción para el país (MARN, 2009), de las cuales la *Dermophis mexicanus* se encuentra vulnerable a nivel mundial (UICN¹, 2009).

Para el análisis de resultados se utilizaron índices de riqueza de especies (Colwell 2009), los cuales brindaron un estimado del número de especies esperadas para el área, también se elaboró una lista de especies generalistas de hábitats, lo cual permitió estimar el porcentaje de finalización de inventarios, también se comparó la riqueza y equitatividad de los diferentes hábitats muestreados para el área.

Además se seleccionó, utilizando el conglomerado de especies y en base a criterios establecido y complementarios, la cantidad de 13 especies indicadoras y otras más como especies vulnerables, claves, modelo y sombrilla, para la creación de un sistema de monitoreo para el área, que permita la evaluación continua de la salud de los ecosistemas, se plantearon consideraciones especiales para la aplicación de este y se determinaron las tendencias poblacionales preliminares de las especies seleccionadas como indicadoras, lo cual se podrá utilizar como punto de partida para la ejecución del monitoreo.

¹ UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.

INDICE

Contenido	pág.
RESUMEN	9
1. INTRODUCCION.....	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	16
2.1. Objetivos.....	16
2.2. Situación problemática.	17
2.3. Pregunta de investigación.	17
2.4. Justificación.	17
3. MARCO TEÓRICO.....	20
3.1. Generalidades sobre los reptiles.	20
3.1.1. Características físicas.	21
3.2. Comportamiento.	23
3.2.1. Defensa y territorialidad.	23
3.2.2. Alimentación.....	24
3.2.3. Reproducción y ciclo de vida.	25
3.3. Generalidades sobre los anfibios.	27
3.3.1. Características físicas.....	27
3.3.2. Estructura interna.	28
3.3.3. Temperatura corporal.	28
3.3.4. Comportamiento.	29
3.4. ¿Qué es una especie indicadora?.....	29
3.5. Tipos de bioindicadores.....	30
3.5.1. Indicador ecológico:	30
3.5.2. Especie clave:	31
3.5.3. Especies Modelo:	31
3.5.4. Especie sombrilla:	31
3.5.5. Especie vulnerable:	31
3.6. Criterios para la selección de especies indicadoras.	32
3.7. Herpetofauna como bioindicadores.....	33
3.8. Los anfibios como bioindicadores	34

3.9.	Los reptiles como bioindicadores.	36
3.10.	Información del hábitat a tomar en cuenta en los estudios de herpetofauna.....	37
3.11.	¿Qué es una evaluación ecológica rápida?	41
3.12.	¿Qué es el monitoreo de indicadores biológicos?	41
3.13.	Antecedentes.....	42
4.	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.	43
4.1.	Ubicación geográfica.	43
4.2.	Clima.....	45
4.3.	Geología.	45
4.4.	Topografía.	46
4.5.	Suelos.	47
4.6.	Hidrología.	49
4.7.	Geomorfología	50
4.8.	Áreas críticas.	51
4.9.	Flora.....	52
4.10.	Fauna.....	53
5.	METODOLOGÍA	55
5.1.	Enfoque de la investigación.....	55
5.2.	Alcance de la investigación	55
5.3.	Diseño de la investigación.....	55
5.4.	Delimitación de la unidad de análisis.	56
5.4.1.	Universo:.....	56
5.4.2.	Población:	56
5.4.3.	Muestra:	56
5.5.	Obtención de información.....	56
5.6.	Diseño de los instrumentos de investigación.	57
5.7.	Método de muestreo.....	57
5.8.	Técnicas de muestreo.	58
5.9.	Materiales y equipo.....	59
5.10.	Manipulación de las especies de herpetofauna.	60
5.11.	Análisis de los datos.	60
5.11.1.	Tipo de procesamiento.....	60
5.11.2.	Modelo empleado en el análisis de datos.	63

5.11.3.	Selección de especies indicadoras.....	63
6.	RESULTADOS.....	64
6.1.	Especies de anfibios y reptiles registrados para el ANP La Magdalena.....	64
6.2.	Registros no confirmados.....	68
6.3.	Especies prioritarias para la conservación.....	69
6.4.	Especies amenazadas o en peligro de extinción registradas para el ANP La Magdalena.....	70
6.5.	Nuevos registros para el Área Natural Protegida La Magdalena.....	71
6.6.	Nuevos registros para el departamento de Santa Ana.....	72
6.7.	Comparación de la riqueza de especies del ANP La Magdalena con otros sitios.....	72
6.8.	Especies seleccionadas como indicadoras.....	73
7.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	76
7.1.	Estimadores de riqueza de especies de herpetofauna presentes en el Área Natural Protegida La Magdalena.....	76
7.2.	Especies generalistas esperadas para el ANP La Magdalena.....	77
7.4.	Estimadores de riqueza para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios del ANP La Magdalena.....	79
7.5.	Estimado del estado del inventario del grupo anfibios.....	80
7.6.	Estimado del estado del inventario del grupo de lacertilios.....	81
7.7.	Estimado del estado del inventario del grupo de ofidios.....	81
7.8.	Comparación de la riqueza y equitatividad de los diferentes hábitat muestreados.....	83
7.9.	Selección de especies indicadoras.....	87
7.10.	Consideraciones especiales para el monitoreo de las especies indicadoras.....	89
8.	CONCLUSIONES.....	93
9.	RECOMENDACIONES.....	96
10.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	99
	ANEXOS.	

LISTADO DE TABLAS.

Contenido	pág.
Tabla 1. Cuadro comparativo de las especies de anfibios registradas en los diferentes estudios de herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.	65
Tabla 2. Cuadro comparativo de las especies de reptiles registradas en los diferentes estudios de herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.....	66
Tabla 3. Especies de herpetofauna amenazadas o en peligro de extinción registradas en el ANP La Magdalena.	71
Tabla 4 Especies de anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en ANP La Magdalena.....	74
Tabla 5. Especies de reptiles seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en ANP La Magdalena.....	75
Tabla 6. Estimado generalista de riqueza de especies de herpetofauna esperadas para el ANP La Magdalena... ..	76
Tabla 7. Estimados de riqueza de especies para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios del ANP La Magdalena.....	79
Tabla 8. Calculo del índice de Simpson para los hábitats muestreados en el ANP La Magdalena.....	84

LISTADO DE MAPAS Y FIGURAS.

Contenido	pág.
Mapa 1. Ubicación Del ANP La Magdalena	42
Mapa 2. Zonas de vida, La Magdalena	43
Mapa 3. Formación Geológica, ANP La Magdalena	44
Mapa 4. Vista ave Topografía ANP La Magdalena	46
Mapa 5. Mapa de uso actual, ANP La Magdalena	47
Mapa 6. Delimitación de la Subcuenca del rio Pampe	48
Mapa 7. Geomorfología del ANP La Magdalena	49
Mapa 8. Áreas críticas identificadas, ANP La Magdalena	50
Mapa 9. Estratos de vegetación identificados para el ANP La Magdalena	52
Figura 1. Comparación del N° de registros de especies de herpetofauna en todos los estudios realizados en el ANP La Magdalena	68
Figura 2. Comparación del N° de registros de especies de herpetofauna en diferentes áreas ..	73
Figura 3. Curva de acumulación de especies de herpetofauna registradas en el presente estudio para el ANP La Magdalena	77
Figura 4. Curvas de acumulación para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios registrados en esta investigación para el ANP La Magdalena	79
Figura 5. Número de especies registradas por grupo de estudio y hábitats presentes en el ANP La Magdalena	83
Figura 6. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena	90
Figura 7. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena	91
Figura 8. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo lacertilios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena	91

1. INTRODUCCION

La importancia de los anfibios y los reptiles en los ecosistemas naturales es innegable, ya que ellos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas, ya que son alimento para muchas aves, mamíferos e incluso los mismos reptiles, además de esto, la herpetofauna conforma una alta proporción de los vertebrados de nuestro país.

Esta investigación, se realizó en el área natural protegida (ANP) La Magdalena ubicada en el departamento de Santa Ana, municipio de Chalchuapa, con el fin de evaluar y actualizar la composición de la herpetofauna e identificar especies de estos grupos consideradas como indicadoras para generar información que permita mantener la integridad ecológica del área. MARN, GEF & PNUD (2001: 12)². Afirman que, un indicador se identifica para ayudar a los investigadores a cuantificar, analizar y comunicar información sobre el estado de los componentes ecosistémico

Para lograr esta identificación, fue necesario realizar un estudio de la herpetofauna del área, para obtener información valiosa, como abundancia absoluta y relativa, índices de diversidad, dominancia, equitatividad y comparación de ecosistemas, la cual fue un factor clave para el establecimiento de las especies indicadoras.

También fue necesario tomar en cuenta la estructura horizontal y vertical de la vegetación de la zona, ya que es uno de los factores que afecta la distribución y uso del hábitat en reptiles y anfibios (Bruce 1986, citado en Manzanilla J. & Péfaur J. 2000: 18).

² MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
GEF: Fondo Mundial para el Medio Ambiente.
PNUD: Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. *Objetivos*

Objetivo General

- Establecer especies de herpetofauna como indicadoras que permitan la creación de un sistema de monitoreo para la evaluación continua de la salud de los componentes ecosistémicos presentes en el ANP La Magdalena.

Objetivos Específicos

- Realizar una Evaluación Ecológica Rápida (EER) para actualizar y aumentar el porcentaje de finalización del inventario de la herpetofauna presente en el Área Natural Protegida La Magdalena.
- Identificar especies de herpetofauna como indicadoras que mediante su aplicación permitan el monitoreo continuo para la evaluación de la salud de los componentes ecosistémicos presente en el Área Natural Protegida La Magdalena.

2.2. Situación problemática.

No contar con especies indicadoras para medir cambios en la salud de los ecosistemas y prevenir las problemáticas que afectan los procesos de conservación, manejo y protección de los ecosistemas presentes en el área natural.

2.3. Pregunta de investigación.

¿Cuáles son las especies de herpetofauna presentes en el Área Natural Protegida La Magdalena que pueden ser consideradas como indicadores biológicos?

2.4. Justificación.

Hasta hace pocos años los anfibios y los reptiles fueron objeto de poca atención en los proyectos de manejo de recursos naturales. A pesar de que muchas especies presentan importancia comercial, gastronómica, de uso medicinal, cinegética y como animales de compañía, como ranas, caimanes, culebras, iguanas y tortugas, se ha obviado su importancia en los ecosistemas naturales (Bruce, 1986 citado en Manzanilla J. & Péfaur J 2000: 18).

Según listados actualizados (Greenbaum & Komar, en prensa, 2009) (ver anexos 1), existen 33 especies de anfibios y 100 especies de reptiles reportadas para El Salvador de las cuales, 12 especies son de interés gastronómico, 71 bajo prejuicios culturales, 10 de uso medicinal, 16 de interés como animales de compañía, 4 con poca información y 48 prioritarias para conservación (con alto grado de deterioro), conformando 108 especies equivalentes a un 81% de la herpetofauna, dejando solamente el 19% fuera de las categorías de riesgo destructivo antes mencionadas (MARN, 2008).

Pero lo más preocupante, es que debido a la problemática descrita anteriormente, aunado al “desarrollo” de la humanidad y de sus actividades, se ha generado un ambiente hostil para los ecosistemas naturales de nuestro país y del mundo entero.

Muestra de ello, es que según el listado oficial de especies de vida silvestre, amenazadas o en peligro de extinción, el 41% de las especies de reptiles se encuentran categorizadas entre amenazadas y en peligro de extinción y el 45% de los anfibios se encuentran dentro de las mismas categorías (MARN, 2009). Y tomando en cuenta el fenómeno del cambio climático, la destrucción de hábitats y las infecciones micóticas (quitidriomicosis para el caso de anfibios) se esperaría en un período relativamente corto un aumento significativo y alarmante del número de especies que ingresen a esta lista roja.

Manzanilla y Péfaur (2000: 18), manifiestan que, actualmente los estudios para la toma de decisiones en materia ambiental utilizan la información concerniente a la herpetofauna ya que, por ejemplo los anfibios son buenos indicadores de calidad de hábitat de los sistemas acuáticos, siendo particularmente susceptibles a la contaminación y modificación del entorno. Dentro de estos esfuerzos de conservación se destaca la importancia de las áreas naturales protegidas ya que juegan un papel fundamental en la conservación de la diversidad de especies, pero además de esto, se hace necesario el estudio de la composición y estructura de los ecosistemas, y uno de los puntos importantes en este sentido es la constante evaluación de estos biotopos a través de un sistema de monitoreo de indicadores biológicos. Para ello es esencial identificar las especies bioindicadoras. MARN (2001: 110), manifiesta que las especies indicadoras son aquellas adaptadas a reaccionar de forma característica a cambios en condiciones ambientales, o su diversidad parece estar correlacionada con la de muchas otras especies, es decir, son especies que

evidencian los efectos de las perturbaciones en un número de otras especies que poseen requerimientos similares de hábitats.

Esta identificación de indicadores se realizó en este estudio con el objetivo de proponer especies que permitan visualizar e identificar el estado de los componentes ecosistémico y además de esto se generó información base para la elaboración de un sistema de monitoreo de indicadores que debe incluirse como un subprograma del plan de manejo del área. Otra de las aportaciones de este estudio fue el permitir que se pueda replicar en un futuro con el fin de medir las variaciones de las especies de herpetofauna y de los diferentes hábitats del lugar, además los resultados del estudio se pueden generalizar y se proporcionó información complementaria a la base de datos de la biodiversidad de El Salvador.

La obtención de esta información y la aplicación para su propósito además de beneficiar al ANP misma y a ASAPROSAR³ como encargado del co-manejo de ésta, beneficiará a la población en general, especialmente a las comunidades aledañas al área, ya que al proteger las especies de herpetofauna y la integridad de los ecosistemas, se garantizan los bienes y servicios generados por estos, y por ende, una mejor calidad de vida para las presentes y las futuras generaciones.

³ ASAPROSAR: Asociación Salvadoreña Pro salud Rural.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Generalidades sobre los reptiles.

Microsoft® Student (2006) [DVD]. Microsoft Corporation (2005), en referencia a los reptiles considera lo siguiente:

Reptil, nombre común de los miembros de la clase *Reptilia*, que engloba a las serpientes, los lagartos, las tortugas, los cocodrilos y numerosas especies extintas. Hay unas 7.000 especies vivas que se encuentran en una gran variedad de hábitats terrestres y acuáticos.

Los reptiles son vertebrados, es decir, animales con columna vertebral. A pesar de que comparten características con otros vertebrados como peces, anfibios, aves y mamíferos, los reptiles muestran una combinación única de características que les distingue de todos estos grupos. Los reptiles modernos, como los anfibios, son animales poiquilotérmicos o de “sangre fría”. Esto significa que no son capaces de regular su temperatura corporal, es decir, no pueden generar calor, por lo que dependen del que reciben del Sol.

Por eso, ajustan su comportamiento para adaptarse a los cambios de la radiación solar y, de esa manera, regular la temperatura de su cuerpo. Como las aves, la mayoría de los reptiles nacen de huevos con cáscara que la madre deposita sobre el terreno, en el caso de los ofidios pueden ser ovovivíparos y en raras ocasiones vivíparos. Respiran a través de pulmones, como la mayoría de los anfibios adultos, las aves y los mamíferos.

Además, como los anfibios y los mamíferos, la mayoría de los reptiles, con la excepción de las tortugas, tienen dientes. Su piel dura, seca y escamosa es única en el reino Animal. No es húmeda ni permeable, como la de los anfibios, ni con plumas, como la de las aves, ni cubierta con pelo, como la de los mamíferos.

Los reptiles habitan en casi todos los lugares del planeta, incluyendo la mayoría de los océanos del mundo. Los encontramos en un gran número de hábitats, desde el fondo de los estanques y lagos hasta en la vegetación arbórea de gran altitud. Sin embargo, son especialmente abundantes y diversos en los trópicos y en los desiertos. El único factor que parece limitar su distribución geográfica es su incapacidad para generar su propio calor corporal. Este es el motivo por el que no hay reptiles en la helada Antártida ni en los océanos polares, y sólo algunos en el círculo polar ártico.

3.1.1. Características físicas.

Su característica piel seca y escamosa impide que sus tejidos internos se sequen. En muchas especies también juega un papel importante en la defensa y el apareamiento. Las escamas de los reptiles están formadas principalmente por queratina y derivan de la capa exterior de la piel o epidermis, a diferencia de las escamas de los peces que son estructuras óseas y dérmicas. La capa interior de la piel o dermis contiene muchos vasos sanguíneos y nervios, además de células con pigmentación que proporcionan a muchas especies sus vistosos colores.

El color de la mayoría de los reptiles presenta matices verdes, pardos y grises, lo que permite a los animales adaptarse mejor a su entorno y

evadir depredadores. Sin embargo, muchas tortugas, lagartos y serpientes muestran marcas brillantes en azul, verde, amarillo, naranja o incluso púrpura, lo cual puede determinar ya sea un estado de ánimo en particular, la peligrosidad o una forma de comunicarse con otros de su especie.

A medida que crecen, los reptiles mudan regularmente la capa exterior de la piel, bien perdiendo trozos a intervalos o bien, como las serpientes, mudando la piel de una sola vez.

Los reptiles poseen un órgano olfativo especial, denominado órgano de Jacobson, situado en la parte superior de la boca. Se trata de una pequeña cavidad equipada con detectores sensoriales que reconoce las moléculas olorosas y permite a los reptiles localizar a sus presas, encontrar pareja y, en general, obtener información del medio que les rodea.

La serpiente, como la cascabel (*Crotalus durissus*) buscan sus presas utilizando las fosetas termosensitivas que tienen en la cabeza y que detectan el calor corporal. Por medio de esta extraordinaria capacidad las víboras de foseta pueden incluso perseguir y matar a sus presas en la oscuridad. Las boas y las pitones también tienen receptores térmicos.

El esqueleto de los reptiles está osificado casi en su totalidad (no es cartilaginoso). Su cráneo está unido a la columna vertebral por un único cóndilo, o superficie articular, como ocurre también en las aves. Las costillas torácicas están unidas al esternón y, cuando existe un hueso sacro (parte de la espina dorsal conectada a la pelvis), las costillas sacras se articulan con la cintura pélvica. Pueden tener dos juegos

completos de extremidades o haber perdido uno o ambos, como ocurre en las serpientes y algunos lagartos.

Tienen un sistema nervioso más avanzado que los anfibios. Respiran por medio de pulmones; carecen de branquias. En la mayor parte de las serpientes y algunos lagartos sólo hay un pulmón funcional; en otros reptiles, ambos pulmones están igualmente desarrollados. El tórax y el abdomen no están separados por un diafragma y la respiración se realiza con la ayuda de músculos de la pared del cuerpo. Presentan un corazón formado por tres cámaras: dos aurículas y un ventrículo. En los cocodrilos, no obstante, el ventrículo está casi totalmente dividido en dos cámaras por un septo o tabique.

El material procedente del intestino, del aparato urinario y del aparato reproductor se vierte a una cámara posterior que recibe el nombre de cloaca. Presentan sexos separados y la fecundación es interna. Los machos disponen de un órgano copulador para introducir el esperma en el sistema genital femenino.

3.2. *Comportamiento.*

3.2.1. Defensa y territorialidad.

Los reptiles son presas buscadas por muchos depredadores, como peces grandes, aves, mamíferos y otros reptiles. Muchas especies pueden morder si son amenazadas, aunque su primera iniciativa para defenderse es esconderse o escapar. Cuando la escapatoria no es posible, algunos pueden realizar elaborados sistemas de aviso para asustar o confundir al depredador, y otros pueden aparentar un tamaño mayor del que realmente tienen.

Muchos reptiles intentan aparentar el aspecto y el comportamiento de otras especies más peligrosas. Por ejemplo, las bandas brillantes en rojo, amarillo y negro de la falsa coral, una especie no venenosa, son similares a las de la serpiente coral, extremadamente venenosa. Para las serpientes venenosas un buen ataque puede ser la mejor defensa.

A menudo, los reptiles tienen conflictos con miembros de su propia especie sobre el control del territorio. En algunas especies de lagartos, los machos realizan ritos para poner de manifiesto sus derechos sobre un terreno.

3.2.2. Alimentación.

La mayor parte de los reptiles son carnívoros. Los lagartos se suelen alimentar de insectos mientras que las serpientes comen pequeños vertebrados, como pájaros, roedores, peces, anfibios e incluso otros reptiles. Para muchas serpientes, los huevos de aves y reptiles son un bocado succulento. Muchas tortugas, además de algunas especies de lagartos como la iguana común o iguana verde, son herbívoras y se alimentan de hojas y frutos. Otras tortugas, como la tortuga pintada, son omnívoras; es decir, se alimentan tanto de carne de otros animales como de materia vegetal.

Las especies carnívoras tienen formas muy diferentes de capturar a sus presas. Algunas tortugas acuáticas cazan a sus presas con un movimiento rápido de sus largos cuellos, a la vez que se meten agua en la boca para tragar mejor a la presa. Muchas serpientes pequeñas, además de especies grandes, como la boa (*Boa constrictor*), golpean y agarran a sus presas, enroscándose a su alrededor para asfixiarlas

antes de tragarlas. Casi todas las serpientes pueden dislocar sus mandíbulas para engullir presas más grandes que su propia cabeza.

Las serpientes venenosas muerden a sus presas y les inyectan veneno y, normalmente, en vez de luchar con ellas, las dejan marcharse mientras el veneno hace su efecto. Después, utilizan la lengua y el órgano de Jacobson para encontrar el cuerpo. Los cocodrilos comen peces pequeños aunque también son capaces de capturar grandes mamíferos, como ciervos o vacas que estén bebiendo agua en la orilla de un río o lago.

3.2.3. Reproducción y ciclo de vida.

La mayoría de los reptiles llevan a cabo ritos de apareamiento. Los lagartos acompañan su cortejo con cambios de color. Por ejemplo, las especie del genero *Anolis*, el macho infla su papada para impresionar a las hembras e intimidar a sus rivales. Las tortugas macho pueden incitar a las hembras agitando su cabeza o tocando la cara de la hembra con las uñas de sus extremidades.

Las serpientes hembra atraen a sus compañeros expulsando aromas químicos llamados feromonas. Cuando el macho encuentra a una hembra receptiva la corteja pasando por encima de ella varias veces y luego alinea su cola con la de ella de manera que se pueda producir la fecundación.

La fecundación de los reptiles es interna: los óvulos se unen con el esperma del macho dentro del cuerpo de la hembra. Las tortugas y los cocodrilos macho sólo tienen un pene pero los lagartos y las serpientes macho tienen dos, llamados hemipenes, que se encuentran protegidos

por pliegues y espinas que mantienen al pene en posición durante el apareamiento. Estos animales sólo utilizan un hemipene cada vez que se aparean. En las especies que se aparean sucesivamente, los machos alternan sus hemipenes.

La mayoría de los reptiles son ovíparos (ponen huevos), pero muchas especies de serpientes y lagartos son ovovivíparas (alumbran crías vivas). El número de huevos o de crías de los reptiles varía mucho de una especie a otra e incluso dentro de una misma especie.

Los reptiles normalmente depositan sus huevos en un nido excavado en la arena, en la tierra, sobre las hojas, troncos secos e incluso en bifurcaciones de ramas de árboles grandes, pero luego los abandonan y no se ocupan de las crías recién nacidas, pero hay excepciones.

Los reptiles se encuentran totalmente desarrollados y preparados para llevar una vida independiente desde que nacen. Sin embargo, las crías de los reptiles, en particular las crías de las tortugas marinas, tienen muy pocas posibilidades de sobrevivir durante los primeros meses de vida.

Estos animales son la presa favorita de muchas aves, serpientes, mamíferos e, incluso en el caso de las tortugas marinas, de tiburones. Son muy pocos los reptiles que sobreviven al primer año de vida, pero los que lo hacen suelen tener una larga existencia.

Por ejemplo, se cree que algunas tortugas viven hasta 120 años en condiciones de libertad, los caimanes viven cerca de 70 años, Por el contrario, algunos lagartos de pequeño tamaño sólo viven 4 o 5 años.

3.3. Generalidades sobre los anfibios.

Anfibio, nombre común de cualquier miembro de una de las clases de vertebrados que, en la escala evolutiva, se encuentra entre los peces y los reptiles. Cuando emergieron de los océanos, hace casi 400 millones de años, los anfibios se convirtieron en los primeros vertebrados (animales con espina dorsal) terrestres.

La clase, que contiene unas 4.000 especies existentes, abarca tres órdenes de anfibios vivos: los anfibios con cola, formados por las salamandras (también los tritones) y los anuros; anfibios sin cola, entre los que se encuentran los sapos y las ranas; y las cecilias, anfibios similares a gusanos, carentes de extremidades y ciegos.

Debido a sus cuerpos esbeltos y largas colas, es fácil confundir a algunos anfibios, como las salamandras, con los lagartos y otros reptiles. No obstante, al contrario que los reptiles, los anfibios carecen de escamas y tienen que permanecer en las inmediaciones del agua para sobrevivir.

3.3.1. Características físicas.

La piel de muchos vertebrados está cubierta de pelo, plumas o escamas, pero la mayoría de los anfibios carecen de cubierta alguna. En general son suaves y húmedos, a excepción de las cecilias, que tienen pequeñas escamas en los pliegues exteriores del cuerpo. La parte interior de la piel presenta abundantes vasos sanguíneos, que contribuyen a la respiración, y multitud de glándulas que segregan un fluido a menudo irritante o venenoso. Las células cromatóforas de la piel

pueden, por contracción o expansión, producir cambios en la coloración de ésta, como ocurre en el caso de algunas ranas arborícolas.

La parte exterior de la piel se renueva de forma continua y en ocasiones se desprenden grandes parches de la misma que el animal puede comerse. Además de desarrollar piel nueva, algunas salamandras pueden regenerar extremidades completas. Los anfibios macho y hembra difieren, por lo general, en tamaño y coloración, y los machos pueden contar con sacos resonadores, dedos hipertrofiados y repliegues dérmicos.

3.3.2. Estructura interna.

Dado que los sistemas esquelético, muscular, digestivo, nervioso y otros del anfibio típico son similares a los de los animales superiores, sin embargo, en el cerebro de los anfibios hay que señalar que el cerebelo es simplemente una banda conectora. El corazón del adulto está formado por un ventrículo musculoso y dos aurículas, pero durante la fase larvaria, en que la respiración se realiza por medio de branquias, la circulación es similar a la de los peces. Los dientes y la lengua varían en su forma y, en algunos casos, no existen.

3.3.3. Temperatura corporal.

Al igual que los reptiles, los anfibios son de sangre fría. Su temperatura corporal varía en función de la temperatura ambiental y es, por lo general, muy inferior a la de las aves y los mamíferos. Debido a que dependen de fuentes externas de calor, los anfibios que viven en regiones frescas hibernan durante los meses fríos y en condiciones de altas temperaturas pueden estivar.

3.3.4. Comportamiento.

En lo que se refiere a la obtención de comida y apareamiento, los anfibios son bastante activos durante la noche. La mayoría de ellos pasan al menos parte de su vida en ambientes húmedos y suelen poner sus huevos, frágiles y gelatinosos, en el agua. En la mayoría de las especies, de éstos salen larvas llamadas renacuajos, que respiran por medio de branquias y sufren una metamorfosis, es decir, sus cuerpos cambian y se transforman hasta convertirse en adultos que respiran en el medio aéreo.

Algunos anfibios, no obstante, maduran sexualmente durante la fase larvaria y jamás experimentan la metamorfosis. Los anfibios adultos son carnívoros y se alimentan sobre todo de insectos, babosas y gusanos; los renacuajos son básicamente herbívoros. La mayoría de los anfibios vive en regiones cálidas y húmedas, pero unos cuantos viven en la zona templada y la distribución de algunas ranas llega hasta regiones muy septentrionales.

3.4. ¿Qué es una especie indicadora?

Las especies indicadoras, son aquellas especies (o restos de las mismas) o grupos de éstas, que están adaptadas a reaccionar de forma característica a cambios en condiciones ambientales, o su diversidad parece estar correlacionada con la de muchas otras especies, es decir, ayudan a descifrar fenómenos o acontecimientos ya sean naturales o antropogénicos, actuales o pasados que evidencian los efectos en un número de otras especies que poseen requerimientos similares de hábitats. (MARN, 2001: 110)

Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos).

En general, cuando más estenóica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico.

El acercamiento mediante el uso de bioindicadores se ha propuesto ya que no es posible y/o práctico evaluar la respuesta individual de cada uno de los componentes de un sistema a las diferentes condiciones del ambiente.

En este sentido, se debe asumir que las respuestas de los indicadores reflejan las respuestas de muchos de los otros miembros del ensamblaje estudiado y que son una parte importante de la integridad ecológica de los hábitats (Feinsinger 2001, citado en Arcila & Lozano, 2003: 159).

3.5. Tipos de bioindicadores.

Noss (1990, citado por Henríquez, 2004) reconoce cinco categorías de especies que pueden garantizar los esfuerzos especiales de conservación. Estas son:

3.5.1. Indicador ecológico:

Especies que indican el efecto de perturbaciones sobre un número de otras especies con similar requerimiento de hábitat. Se utilizan para medir los niveles de contaminación de un área, basándose en la evaluación del número de individuos y especies antes y después de un cambio en el ambiente.

3.5.2. Especie clave:

Especie cuya presencia contribuye a una diversidad de vida y cuya pérdida podría consecuentemente, llevar a la extinción de otras formas de vida. Las especies clave ayudan a mantener el ecosistema del cual ellas son parte, si se identifican las especies clave de un ecosistema y el mecanismo que produce que ellas tengan un amplio impacto, se podría derivar esta información sobre el funcionamiento del ecosistema entero para utilizarla en su manejo (Simberloff, 1998; Anónimo 2, 2002, citado en Henríquez 2004).

3.5.3. Especies Modelo:

Especies populares, carismáticas, las cuales se utilizan como símbolo y para lograr mejoras en las iniciativas de conservación (Simberloff, 1998 citado en Henríquez, 2004).

3.5.4. Especie sombrilla:

Especie con grandes requerimientos de área, las cuales si se les da suficiente protección a su área de hábitat podría proteger a otras especies. Los científicos nombran a ciertas especies como sombrillas con la esperanza de salvar a plantas y animales que habitan en el área, la idea es que al proteger la especie sombrilla y su hábitat, también se protege a otro número de especies que dependen del mismo hábitat (Noss, 1990; Anónimo 3, 2002, citado en Henríquez, 2004).

3.5.5. Especie vulnerable:

Especies raras, genéticamente empobrecidas, de baja fecundidad, dependiente de recursos impredecibles, extremadamente variables en su densidad

poblacional, perseguidas o si no, propensas a la extinción en los hábitats humanos (Noss, 1990, citado en Henríquez, 2004).

3.6. Criterios para la selección de especies indicadoras.

Noss 1990, Debinski & Brussard (1992, citado en MARN, 2001: 12), sostienen que Idealmente un indicador (ya sea un grupo o una especie) debe cumplir con los parámetros siguientes:

- Suficientemente sensible para proveer una alerta temprana de los cambios.
- De amplia distribución, o distribuido uniformemente en el área que quiere monitorearse.
- Capaz de proveer una evaluación continua sobre un amplio rango de perturbaciones.
- Relativamente independiente del tamaño de la muestra
- De medición económica y sencilla (poder ser medidos por no expertos).
- Capaz de diferenciar entre ciclos naturales y antropogénicos.
- Relacionado con fenómenos ecológicos importantes que se dan en los distintos niveles de organización.
- No sujeto de aprovechamiento.
- De ecología bien conocida.
- Con taxa de corto tiempo de regeneración.
- Con taxa perteneciente a diferentes gremios o grupos funcionales.

Noss (1990, citado en MARN, 2001: 12), afirma que, debido a que no existe un único indicador que posea todas estas características, es necesario generar un juego de indicadores complementarios. Así mismo el juego de indicadores debería involucrar no sólo especies sino también parámetros de composición,

estructura y función en todos los niveles de organización desde los que se aborda la biodiversidad.

Algunos de los criterios complementarios que se pueden tomar en cuenta para la elección de las especies indicadoras son:

- Endemismo de la especie.
- Especie prioritaria para la conservación.
- Especie amenazada o en peligro de extinción a nivel nacional.
- Vulnerable a nivel mundial.
- Vulnerabilidad en sitios habitados por el hombre.
- Especialista de hábitat.
- Especie indicadora ya establecida en hábitats con condiciones similares.

3.7. Herpetofauna como bioindicadores.

Köhler (2003, citado en Alemán, 2008: 4) indica que la herpetofauna Centroamericana está formada por géneros originarios de esta región (géneros autóctonos) y de otros que evolucionaron de especies emigrantes de Norteamérica y Sudamérica.

Los anfibios y reptiles, aunque distribuidos en todo el mundo, presentan una mayor diversidad en los trópicos. Los miembros de estos grupos son inusualmente sensibles a las condiciones ambientales y generalmente están estrechamente ligados a un hábitat particular, lo que los hace más vulnerables que otros grupos de vertebrados a los cambios en el hábitat. Houlahan et al. (2000, Citado en Anónimo, 2008: 8), afirma que el aumento en las amenazas a la biodiversidad causadas por los seres humanos en general, tiene un marcado impacto negativo sobre los reptiles y especialmente sobre los anfibios.

Savage (2002, citado en Alemán, 2008: 4) explica que los anfibios y reptiles tienen similares demandas de hábitat por lo que son abundantes en áreas específicas y a la vez es lo que determina su vulnerabilidad ambiental. En general, se sabe que la mayoría de anfibios, son específicos de los hábitats húmedos o acuáticos, al menos en su fase reproductiva, y los reptiles no necesariamente están limitados a determinado ambiente ya que se adaptan a diferentes hábitats.

3.8. Los anfibios como bioindicadores.

Los anfibios se consideran como muy buenos indicadores biológicos debido a: sus peculiaridades anatómicas, con piel muy permeable a los gases y líquidos del ambiente (incluso a los agentes químicos); sus ciclos de vida que combinan estados larvales acuáticos con estadios adultos terrestres (únicos entre los vertebrados); su extrema especialización ecológica y marcadas preferencias en cuestión de hábitat.

Blaustein & Wake (1990), Stebbins & Cohen (1995), (citados en Anónimo, 2008: 8). Afirman que además, constituyen una importante parte de la biomasa en la mayor parte de los ecosistemas, cumpliendo múltiples funciones dentro de los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo que los transforma en valiosos indicadores de la calidad ambiental

Entre los vertebrados, los anfibios son afectados fundamentalmente por los cambios que ocurren en los ambientes acuáticos y terrestres (incluso cambios atmosféricos, donde la permeabilidad de la piel aumenta la exposición), algunas veces imperceptibles para los seres humanos. Existe la posibilidad de utilizar como indicadores diferentes especies, ya sea totalmente acuáticas o terrestres, o la fase larval (generalmente acuática) y/o la fase adulta, (generalmente terrestre) de la misma especie.

Las mediciones de riqueza y abundancia de la especie son importantes para estudiar y posteriormente monitorear a los anfibios. Un patrón recurrente de las consecuencias de la contaminación de los ambientes acuáticos es el número decreciente de especies y la creciente predominancia de algunas de ellas (en otras palabras, una desviación de la distribución logarítmica normal, (esto aplica de igual forma para los reptiles).

Aunque los estudios de anuros adultos son esenciales para comprender la dinámica de la población, los estudios de huevos y larvas pueden ser útiles para determinar el tipo y la ubicación de un agente causal de la disminución de la población, sin dejar de lado la utilización de esta fase como indicadora de otros elementos del ecosistema.

No es posible estudiar todas las especies de anfibios porque muchas de ellas (especialmente las salamandras y las cecilias) son evasivas y se encuentran en cantidades tan bajas que es imposible calcular las tendencias de sus poblaciones. Los anuros (sapos y ranas) en cambio, son indicadores adecuados por las siguientes características:

- Muy diversos.
- Generalmente abundantes.
- Relativamente bien conocidos taxonómicamente.
- Activos durante horas predecibles.

Mitchell (1997, citado en Anónimo, 2008: 9), afirma que, además, es factible utilizar a los anuros en evaluaciones o proyectos de monitoreo posteriores que incorporen a personal técnico o local sin experiencia previa en este tipo de tareas.

De acuerdo con Duellman y Trueb (1986, citado en Anónimo, 2008: 10), los anuros son apropiados cuando se aplican técnicas de muestreo basadas en dos características principales:

- La mayoría de las especies son activas por la noche, lo que las hace fácilmente distinguibles con la ayuda de iluminación adecuada; y
- Los machos de casi todas las especies emiten sonidos característicos y únicos, que una vez identificados pueden ser fácilmente reconocidos incluso por personal no especializado. Esto permite hacer un censo de anuros incluso sin hacer contacto visual con el espécimen. Como alternativa, dichas vocalizaciones pueden ser grabadas y verificadas con posterioridad.

3.9. Los reptiles como bioindicadores.

Los reptiles son más herméticos y por lo tanto representan un desafío mayor que los anfibios cuando se realizan muestreos, en parte como consecuencia de su forma endotérmica de vida. A pesar de esta limitación, se deben incluir los reptiles en los proyectos de evaluación y monitoreo debido a su importante papel en los ecosistemas y a su creciente atractivo comercial.

Además, estos son pieza fundamental en las relaciones de los ecosistemas, ya que son a la vez depredadores y presas de otros animales. Debido a su estrecha vinculación con el medio terrestre y/o acuático y su limitada capacidad de desplazamiento (ya que están estrechamente ligados a sus biotopos de reproducción), son animales muy sensibles a las alteraciones locales del hábitat.

Dichas alteraciones son muy sensibles para estas especies, ya que estos son muy dependientes de la estructura horizontal y vertical de la vegetación la cual les brinda una abundancia de sitios de reproducción, alimentación y refugio, y la destrucción de estos hábitats y microhábitats por fenómenos naturales o antropogénicos acelera la pérdida de la diversidad de reptiles.

Por ende, los reptiles son buenos indicadores de las perturbaciones en los ecosistemas, otra característica, que no debe dejar de mencionarse es que otras especies de reptiles como los lacertilios o lagartijas y algunas serpientes se adaptan fácilmente aprovechando cualquier cambio en su hábitat, y en lugar de disminuir sus poblaciones por dichos cambios, aumentan considerablemente.

Esta situación amerita ponerse de manifiesto cuando de especies indicadoras se trata, ya que ese aumento refleja dicha perturbación y permite tomar acciones rápidas para mantener la integridad de los ecosistemas.

3.10. Información del hábitat a tomar en cuenta en los estudios de herpetofauna.

En los estudios herpetológicos es indispensable que el investigador recopile información acerca del hábitat. Tanto el conocimiento del clima, como del suelo, de la vegetación, de los cuerpos de agua y del resto de la fauna de una región, esta información ayudará a incrementar la calidad del estudio. En particular, la estructura vertical y horizontal de la vegetación son factores importantes que afectan la distribución y uso del hábitat en reptiles y anfibios.

Deben detallarse los componentes del microhábitat que proveen las condiciones ambientales necesarias para una amplia variedad de funciones ecológicas. El uso y disponibilidad de los recursos refugio, alimentación y sitios

de reproducción, son factores importantes a considerar. Es necesario tener en cuenta que los anfibios y reptiles son animales ectotérmicos y por lo tanto, sus temperaturas corporales no derivan de procesos metabólicos sino más bien del medio ambiente. Así, las adaptaciones de comportamiento y uso de los diferentes microhábitats por los anfibios y reptiles son diversos.

Estos animales muestran frecuentemente una alta dependencia a ciertos microhábitat para lograr la termorregulación. La remoción o reducción de los microhábitats necesarios para la termorregulación pueden afectar en forma negativa a todas las demás funciones ecológicas, debido a que la regulación de la temperatura interna determina la intensidad de todos los patrones de actividad.

Las variaciones diarias del tiempo atmosférico pueden también afectar la actividad de los anfibios y reptiles. La temperatura y la radiación son factores determinantes en los ritmos de actividad de los reptiles, especialmente en las zonas frías, mientras que para los anfibios la humedad relativa juega quizá el peso más predominante.

Especies con un estrecho rango de preferencias de temperatura ambientales tienden a ser más activas durante un pequeño intervalo de tiempo. Así las muestras pueden ser variables durante una misma semana donde se registren grandes diferencias de temperatura. También pueden ser considerables las diferencias estacionales o diarias debido a las diferencias de movimiento entre diferentes edades, clases de edades y sexos.

La hora del día seleccionada para efectuar las observaciones, así como el tipo de vegetación del área de estudio también afecta la precisión del muestreo al influir sobre la visibilidad.

Aún cuando, la mayoría de los especialistas en herpetología reconocen el significado que tiene la estructura de la vegetación sobre la fauna silvestre, muchos abarcan tan solo el componente florístico, proveyendo escasa información sobre la estructura del bosque, relacionada con la disponibilidad de los recursos refugios y sitios de reproducción.

Además, muchos investigadores obvian la información sobre la hojarasca, el suelo, las raíces y la estructura horizontal y vertical de de la vegetación dentro de sus estudios. Los datos sobre el hábitat en las observaciones de campo de los ejemplares depositados en colecciones y museos, son escasos o sencillamente no existen.

El subsistema suelo-hojarasca provee regímenes adecuados de humedad para el desarrollo de anfibios terrestres, pero además provee superficie y espacios subterráneos frescos. Frecuentemente este es un microhábitat con temperaturas ambientales moderadas en regiones secas y calientes. Además, este microambiente provee un sustrato para la alimentación, refugio y reproducción de diversos anfibios y reptiles.

Manzanilla y Péfaur (2000: 20), afirman que la pérdida de la hojarasca y árboles puede reducir drásticamente las poblaciones de lagartijas. Visbal *et al.* (2000, Citado en Manzanilla y Péfaur: 20), advierten sobre el impacto de los incendios periódicos en la hojarasca de los ecosistemas sobre las poblaciones de anfibios y reptiles terrestres.

El tipo, profundidad y textura del suelo son extremadamente importantes en la determinación de la densidad y distribución de la herpetofauna en un área. Por

ejemplo, la profundidad y textura, determinan la tasa de percolación y pérdida de humedad del suelo.

En algunas áreas de suelos arcillosos pesados, el agua se acumula sobre la superficie, especialmente durante la época lluviosa, debido a que el agua superficial puede estar disponible por varias semanas en forma de charcos temporales, muchos anfibios semiacuáticos pueden reproducirse aceleradamente allí y ocuparlos.

Aunque la humedad y los suelos arcillosos permiten la presencia de ciertos anfibios en una región, los suelos arenosos o lugares rocosos, por su parte pueden favorecer la presencia de otras especies que construyen galerías en el suelo, incluso en suelos de zonas áridas o semiáridas, los anfibios y reptiles epígeos pueden ser abundantes.

Bruce (1986, citado en Manzanilla y Péfaur, 2000: 21), sostiene que, la diversidad de interfaz del suelo, rocas y otras estructuras, frecuentemente determinan la riqueza de anfibios y reptiles, esto provee más nichos para la colonización y existencia de la herpetofauna.

La estructura de las raíces de las plantas también contribuye grandemente a la riqueza de reptiles y anfibios al proveer entradas que actúan como refugios y corredores entre los espacios superficiales.

La estructura horizontal de la vegetación ejerce una importante influencia sobre la composición de la herpetofauna, especialmente en lagartijos en los ecosistemas con vegetación menos compleja, como en el caso de los páramos. Esto se explica porque la termorregulación y el forrajeo principalmente son llevados a cabo sobre la superficies del suelo.

Esta relación cambia en la compleja estructura de las selvas nubladas, donde algunos reptiles y anfibios lo hacen en árboles incluida su copa y dosel, o debajo de la superficie aprovechando la hojarasca y el entramado de raíces.

3.11. ¿Qué es una evaluación ecológica rápida?

The Nature Conservancy (TNC) (1992:1), afirma que una Evaluación Ecológica Rápida (EER) es un proceso flexible que se utiliza para obtener y aplicar, en forma acelerada, información biológica y ecológica para la toma eficaz de decisiones conservacionistas.

Uno de los principales propósitos de la EER es generar información para el Diseño del Sistema de Monitoreo y Evaluación de Indicadores Biológicos, por lo tanto las metodologías de muestreo se caracterizan por su facilidad y rapidez con que se realizan, el área total a muestrear va del 1% al 10% (MAG, DGRNR, PAES, CATIE, 2002:57)⁴.

3.12. ¿Qué es el monitoreo de indicadores biológicos?

Según MARN (2001: 12), es el seguimiento o evaluación periódica para conocer tendencias del comportamiento de un sistema a través del tiempo. El monitoreo de la biodiversidad es necesario para describir la dinámica de las comunidades y ecosistemas naturales, las consecuencias de la influencia humana, así como predecir o prevenir cambios no deseados. De este modo el monitoreo de la biodiversidad biológica debe medir y analizar tanto la dinámica natural como la antropogénica (Galindo Leal, 1999, citado en MARN, 2001: 12).

⁴ MAG: Ministerio de Agronomía y Agricultura.
DGRNR: Dirección General de Recursos Naturales Renovables.
PAES: Programa Ambiental de El Salvador.
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

3.13. *Antecedentes.*

El Área Natural Protegida La Magdalena, cuenta con una serie de estudios previos, de los cuales se retomó cierta información que fue útil para esta investigación, y además permitió validar, completar y comparar los resultados obtenidos en este estudio, los cuales se mencionan a continuación:

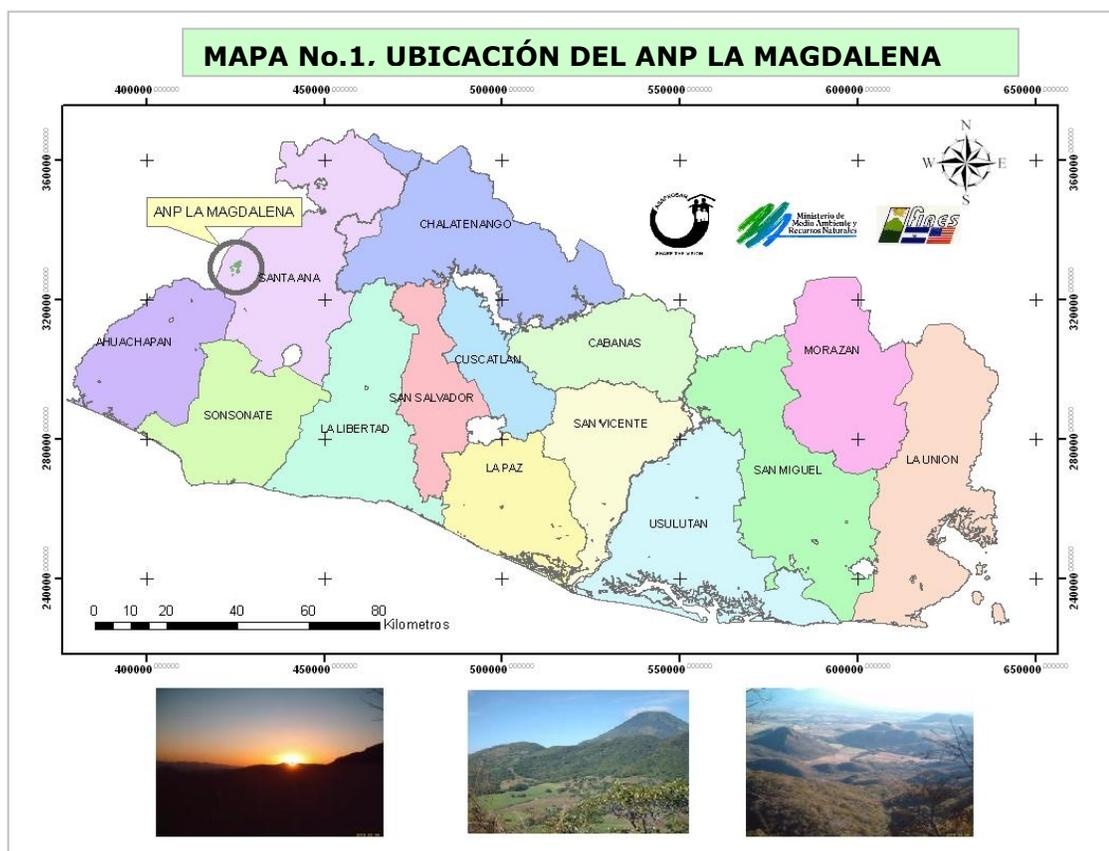
- **Rodríguez y Dueñas 2001**, en los resultados de su estudio de fauna del Área Natural Protegida La Magdalena, reportan 7 especies de anfibios de cuatro familias diferentes, y un total de 20 especies de reptiles dentro de ocho familias distintas
- **Pérez R. et al. 2005**, en su estudio básico de fauna vertebrada, se reportan 8 especies de anfibios de cinco familias, los cuales representan el 25% del total de registros para El Salvador, y 16 especies de reptiles de nueve familias distintas las cuales representan el 16% de los registros para nuestro país.
- **Caceros 2008**, en su estudio sobre la composición y estructura de la herpetofauna del ANP La Magdalena, reportó 12 especies de anfibios de tres órdenes y siete familias, los cuales representan el 7% del total de especies reportadas para el país.

En el caso de reptiles, reportó un total de 24 especies de dos órdenes y ocho familias, las cuales representan un 24% de las especies reportadas para el territorio nacional.

4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

4.1. Ubicación geográfica.

El Área Natural Protegida La Magdalena se encuentra ubicada en el Municipio de Chalchuapa, el cual pertenece al Departamento de Santa Ana, específicamente en los cantones de El Tanque, La Criba y El Coco. Está ubicado al Nor-Occidente de San Salvador y al Norte de la Ciudad de Santa Ana. La Magdalena es un Área Natural Protegida que tiene una extensión de 726 Has, 05 As, 79.60 Cas⁵, (en la actualidad consta de 776 Has) y es parte del Área de Conservación Volcán El Chingo.

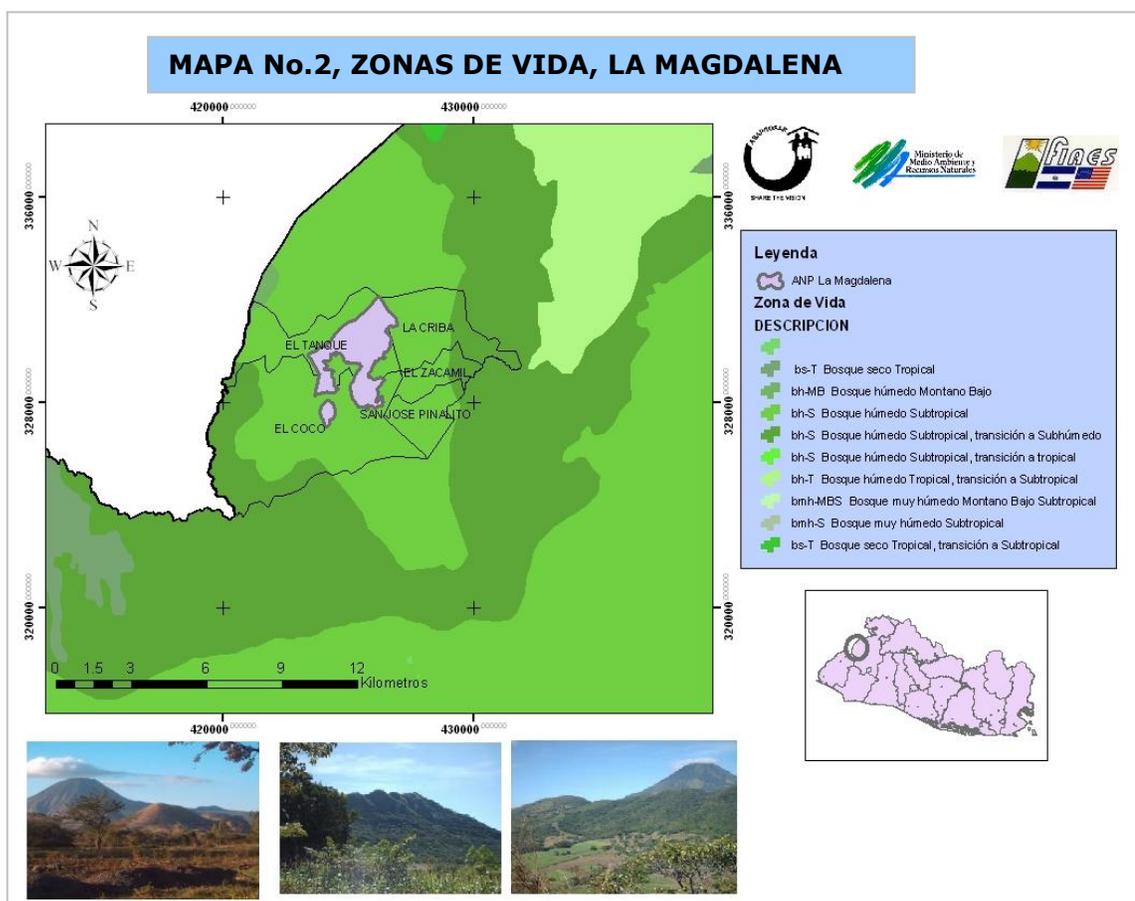


Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

⁵ según acta de transferencia del ISTA al Estado, año 2000.

El Área Natural se encuentra en el cantón La Magdalena, Municipio de Chalchuapa, departamento de Santa Ana, situado 6.5 Km. de la Ciudad de Chalchuapa, en las coordenadas LN 14° 01' 47" y LO 89° 42' 02"

En esta zona se pueden encontrar vestigios de los ecosistemas formados principalmente por vegetación Cerrada Tropical Ombrófila semidecidua de tierras bajas, vegetación Abierta Predominantemente Decidua en época seca (matorral y arbustal) y en su mayoría zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos.



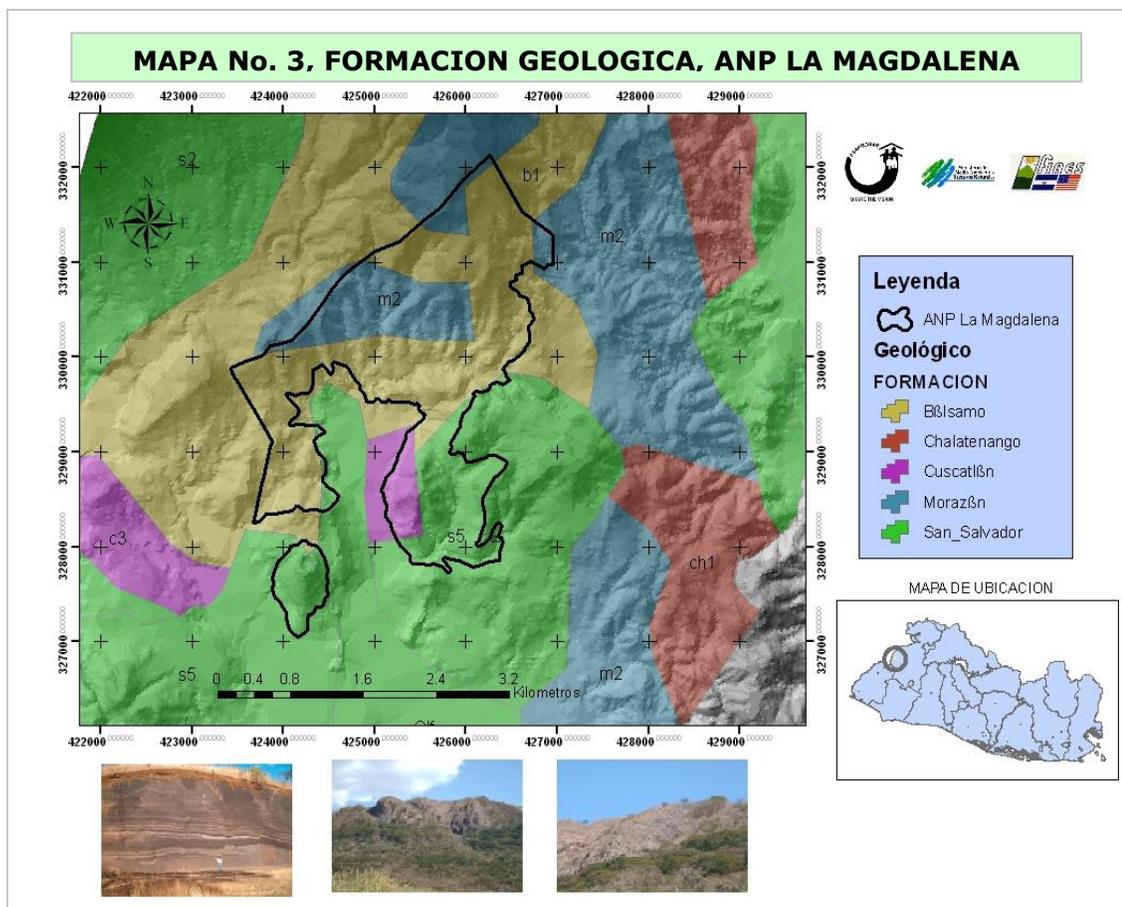
Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

4.2. Clima.

El Área Natural Protegida, se clasifica dentro de la zona de Bosque Húmedo Subtropical, y se establece como tal. El clima predominante es cálido, con temperatura promedio anual de 24.2°C., con una precipitación pluvial anual entre 1750 y 1950 mm.

4.3. Geología.

El Área Natural Protegida La Magdalena está conformado por cuatro formaciones como se observa en el mapa No. 3, estas cuatro formaciones son de origen volcánico y de acuerdo a esto se clasifica en:



Formación Morazán: la cual es una formación efusiva básica intermedia hasta intermedias ácidas, principalmente son piroclásticos y epiclásticos volcánicos.

Formación Bálsamo: es una formación de epiclásticas volcánicas y piroclásticas, formadas de corrientes de lava intermedia.

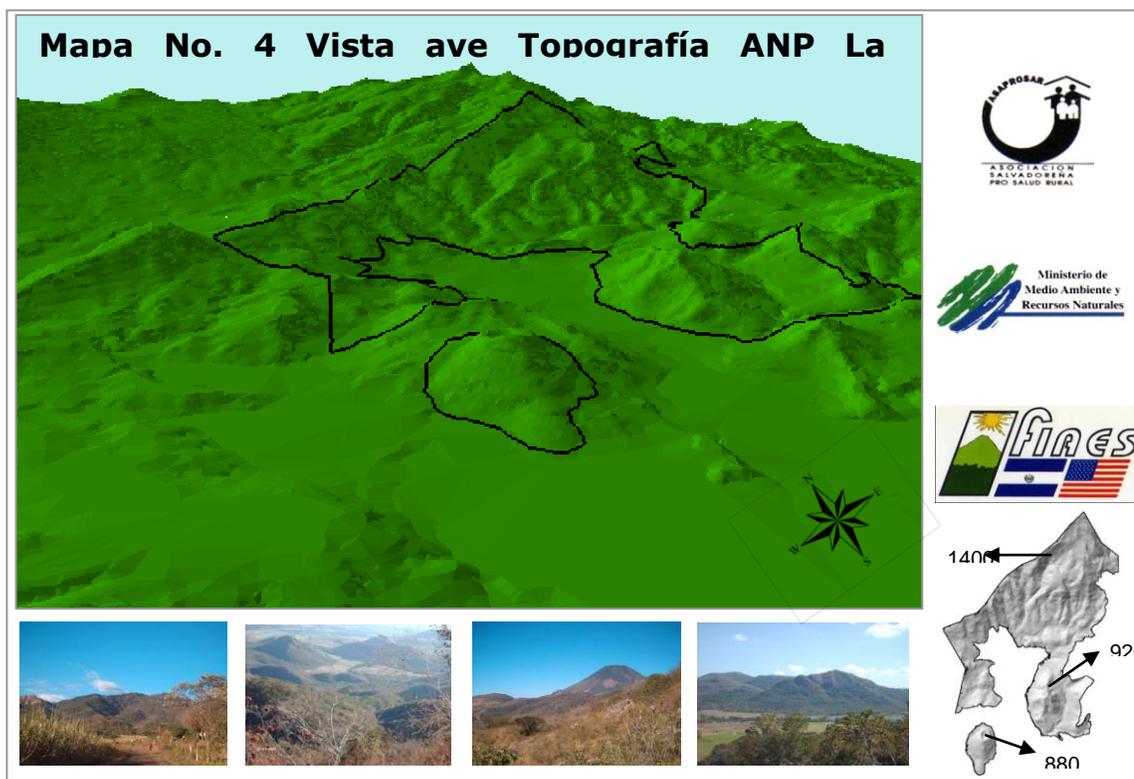
Formación San Salvador: son efusivas basálticas, aluviones, localmente con interacciones de piroclásticas.

Formación Cuscatlán: es una formación de tipo efusiva andesita y basáltica.

4.4. Topografía.

Esta área presenta una topografía accidentada en la mayor parte con diversos puntos elevados, donde se pueden observar tres lugares con mayor altitud, de 880 *msnm*, 920 *msnm* y el de mayor de 1400 *msnm*; siendo los 700 metros la menor altitud.

La mayor parte del Área Natural Protegida La Magdalena es la que presenta mayor grado de pendiente y en donde existe un historial de incendios que degradan la cobertura boscosa y por ende los demás recursos naturales del sector.



Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

Al sur se observa un menor grado de pendientes y es el sector donde se han localizado las parcelas productivas de la cooperativa, por lo que se observa un mayor grado de intervención humana debido a las actividades antropogénicas que en ese sector se llevan a cabo.

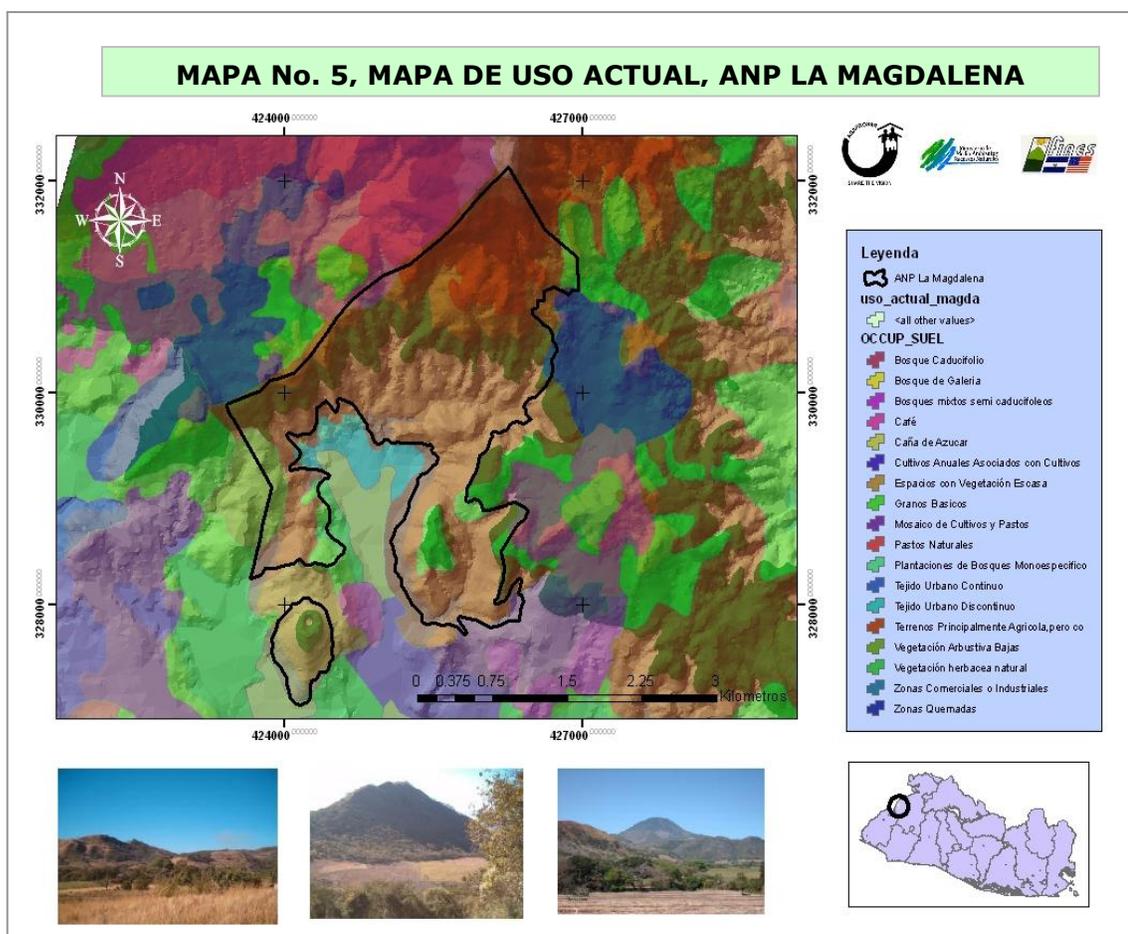
4.5. Suelos.

Básicamente en el área natural protegida La Magdalena podemos encontrar dos tipos de suelos de acuerdo a su origen, así podemos ver:

- **Latosoles arcillo - rojizos:** Los cuales se caracterizan por ser suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque

algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión.

- **Andisoles:** son suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial anca y estructura granular. De acuerdo al tipo de suelo y el grado de pendiente, se puede ubicar en la clase VII, con baja pedregosidad.



Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

4.6. Hidrología.

La hidrología de la zona está conformada por diversas quebradas estacionarias y nacimientos de agua que son aprovechados por las comunidades aledañas como fuentes de agua potable. Entre los ríos más importantes del ANP se tienen El Naranjal y El Jute, los cuales pertenecen a la sub cuenca del río Pampe.

Por tener una conformación de roca volcánica posee una excelente infiltración lo que la hace una micro cuenca de importancia local, ya que contribuye a que los mantos acuíferos tanto superficiales como subterráneos sean abundantes y aprovechables.

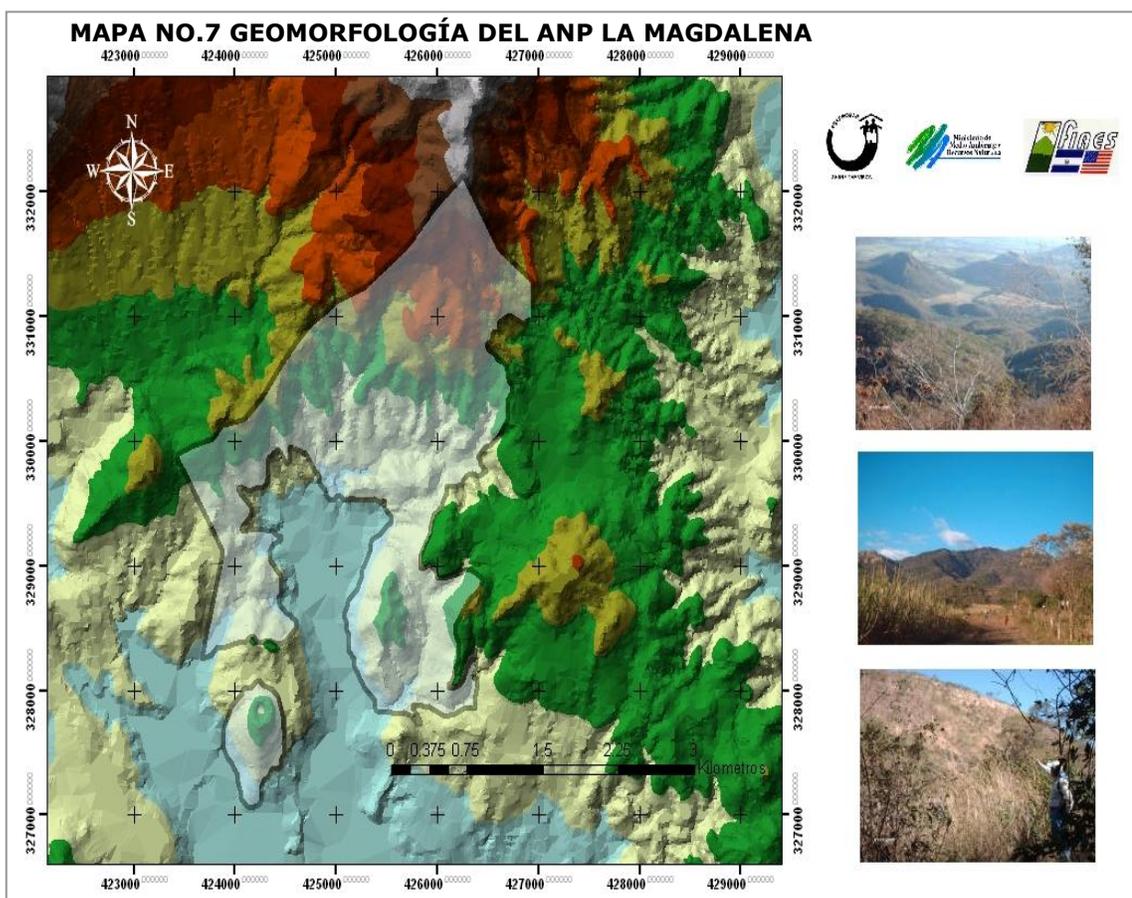


Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

En el interior del ANP se forma una escorrentía conocida por la localidad como El Jute además en el ANP se identifican diversas vertientes de donde se abastecen las comunidades de la parte baja del área por lo que se considera una zona de recarga hídrica importante, dentro de la cuenca del río Paz.

4.7. Geomorfología.

El ANP La Magdalena, morfológicamente pertenece a la Cadena Volcánica Reciente con volcanes no activos y a la Unidad de Paisaje Volcán Chingo. Pertenece a las formaciones volcánicas antiguas de reducida permeabilidad, los materiales son efusivos intermedios de la formación Morazán, existen además epiclastitas volcánicas de la formación Bálsamo.

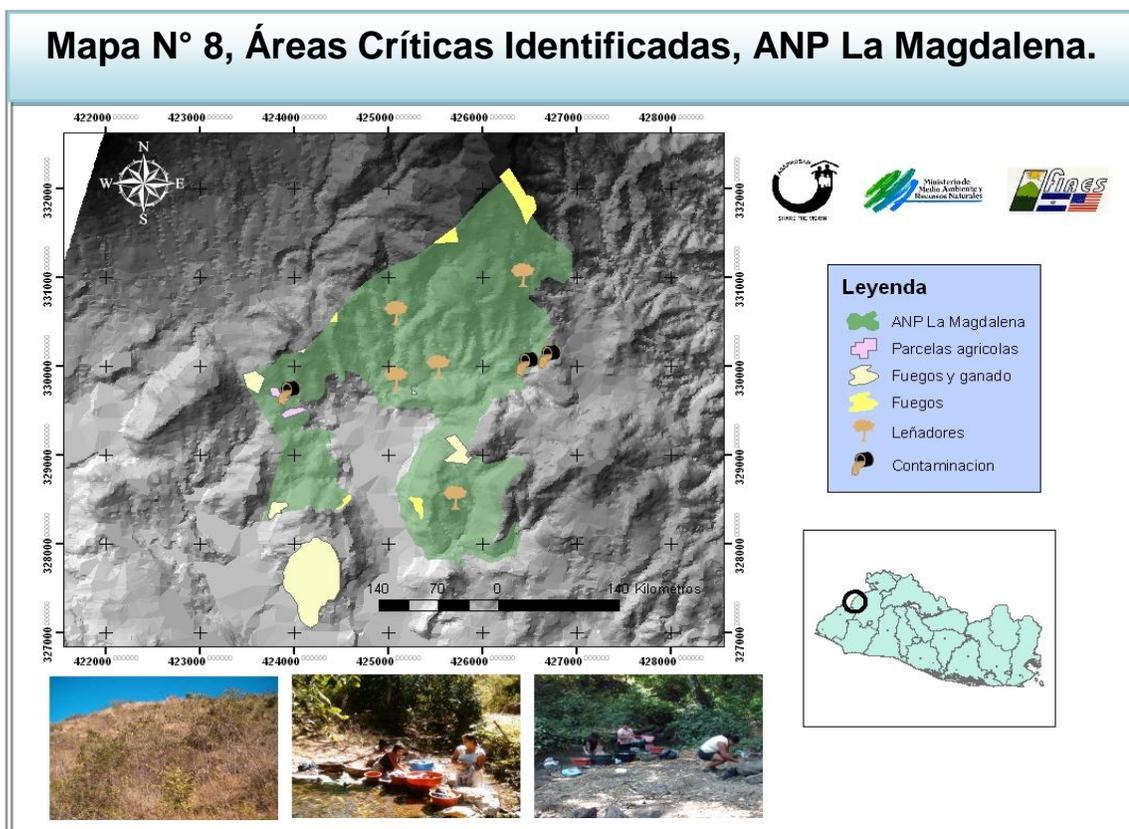


Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora

En algunos sectores de los cerros Cimarrón y Mala Cara, presentan farallones verticales con formaciones pétreas, se ubica dentro del Gran Paisaje de la Cadena Volcánica Reciente.

4.8. Áreas críticas.

Según todos los datos obtenidos en campo en el estudio de zonificación y en base a la información recabada y sistematizada del área se identificaron las áreas críticas, mostrando fuegos, intromisión de ganado al ANP, contaminación en cercanías de cuerpos de agua, sectores de recolección de Leña y parcelas agrícolas invasoras dentro del Área (FIAES⁶-ASAPROSAR, 2006).



⁶ FIAES: Fondo de la Iniciativa para las Américas El Salvador.

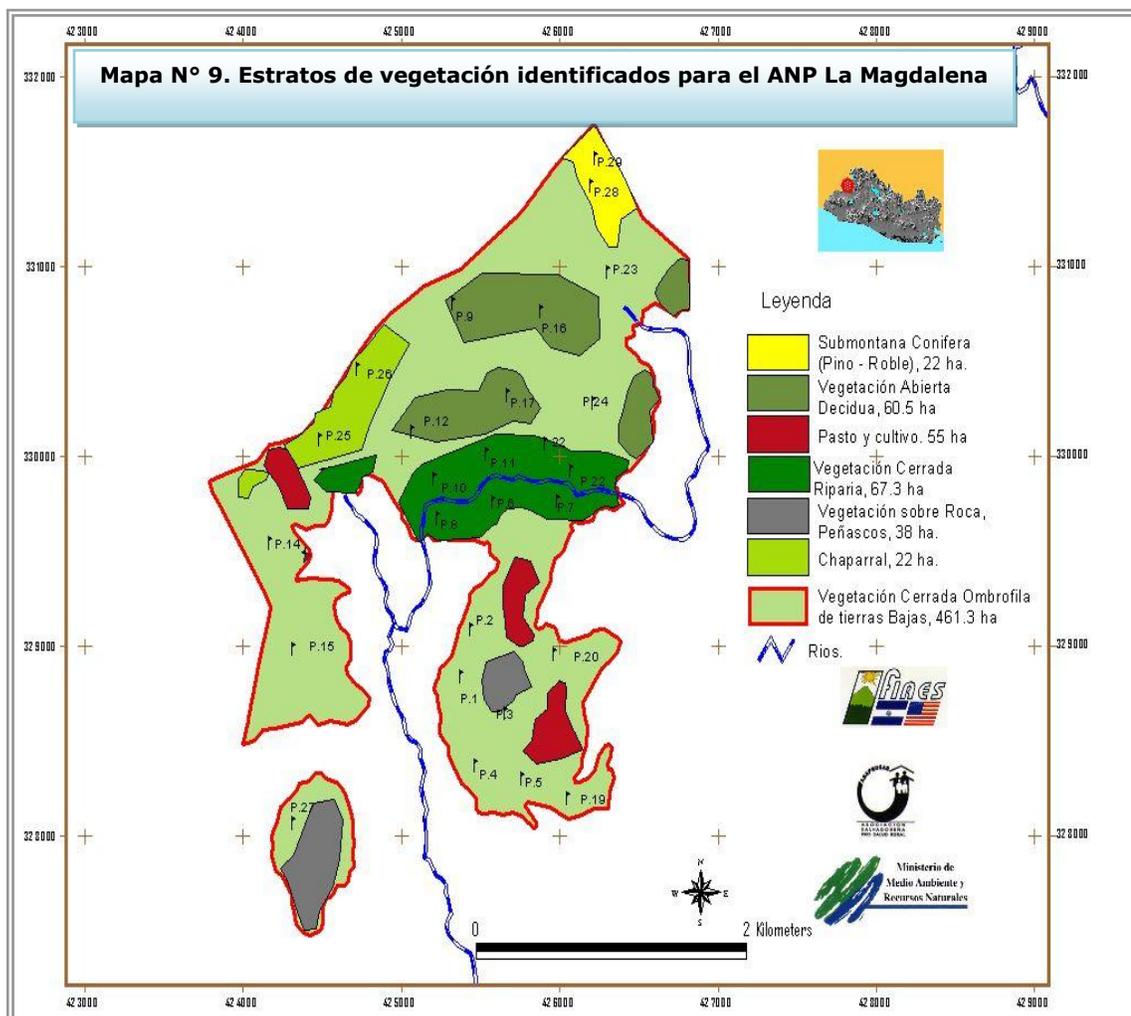
4.9. Flora.

El Área Natural Protegida La Magdalena, es una porción de nuestro territorio nacional que representa un área de 726 Has, 05 As, 79.60 Cas. La misma representa importancia debido a las características biofísicas, representativas de la vegetación cerrada tropical ombrófila semidecidua de tierras bajas, equivalente a un bosque húmedo subtropical.

El ANP actualmente presenta una diversidad de ecosistemas en los cuales se alberga gran cantidad de especies de flora, las cuales fueron reportadas durante el estudio realizado en el ANP La Magdalena (Marquez & Turcios 2006), en donde se identificaron siete categorías de vegetación según se muestra en el Mapa No. 9, por lo que se considera necesario, hacer el análisis tomando en cuenta las características de cada una.

Según el mapa resultado del estudio de vegetación las diferentes categorías son las siguientes:

- Vegetación cerrada tropical Ombrófila semidecidua de tierras bajas.
- Vegetación cerrada principalmente siempre verde Riparia.
- Vegetación abierta arbustiva predominantemente Decídua en época seca (matorral y arbustal).
- Vegetación abierta predominantemente siempre verde Latifoliada Esclerófila (chaparral).
- Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas (asociación pino-roble).
- Áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas,
- Sistemas productivos mixtos.



Fuente: Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora.

4.10. Fauna.

Según el estudio básico de fauna del ANP La Magdalena, se reportan 4 taxones, de los cuales se registraron un total de 158 especies de vertebrados, 8 anfibios, 16 reptiles, 122 aves y 12 mamíferos, las cuales fueron encontradas en 7 tipos de hábitat identificados en el ANP. Esto comprende el 19.30% del total de especies registradas en El Salvador.

A pesar que el área sufre constante perturbación, se registran especies de particular importancia, principalmente debido a la carencia de registros en el país y su capacidad de ser indicadores de la salud del hábitat. Así se puede mencionar la ranita hojarasquera común (*Eleutherodactylus rhodopsis*), el falso coral (*Sybon anthracops*), el milano de pico ganchudo (*Chondrohierax uncinatus*) y el búho de cachos (*Buho virginianus*).

5. METODOLOGÍA.

5.1. Enfoque de la investigación.

El enfoque en el cual se basó la investigación, fue el enfoque cuantitativo, ya que fue una investigación delimitada, se siguió un proceso estructurado y para obtener los resultados, se colectaron datos numéricos de las unidades de análisis, que se introdujeron en formulas de índices ecológicos, se analizaron y describieron mediante procedimientos de la estadística descriptiva (Sampieri *et. al.*, 2006)

5.2. Alcance de la investigación.

Es importante mencionar, que el alcance de la investigación fue descriptiva, ya que el objetivo de ésta, fue colectar datos de la composición de la herpetofauna del área Natural Protegida La Magdalena, sin relacionar ni manipular variables, con el propósito (valga la redundancia) de describir lo que se investigó (Sampieri *et. al.*,2006)

5.3. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, porque no se manipularon variables independientes para observar su efecto sobre otras variables, sino que; se observaron fenómenos tal y como se dieron en su contexto natural (ya existentes) para analizarlos y describirlos, además, la investigación fue longitudinal, de evolución de grupo, ya que se examinaron cambios a través del tiempo (épocas del año y tiempos de muestreo) en subpoblaciones o grupos específicos (herpetofauna en cada hábitat). La atención se centró en los grupos de individuos que fueron objeto de estudio en esta investigación, a través de características propias de cada grupo (en este

caso los anfibios y reptiles que se diferenciaron e identificaron por sus características específicas) (Sampieri *et. al.*,2006).

5.4. Delimitación de la unidad de análisis.

5.4.1. Universo:

Reptiles y Anfibios presente en los diferentes ecosistemas a nivel nacional.

5.4.2. Población:

Reptiles y anfibios (adultos) presentes en el área natural protegida La Magdalena, Santa Ana, Municipio de Chalchuapa.

5.4.3. Muestra:

Reptiles y anfibios (adultos) presentes en los diferentes hábitats evaluados en el ANP La Magdalena, Santa Ana, Municipio de Chalchuapa.

5.5. Obtención de información.

Para la obtención de la información, referente a la temática de investigación se realizó de la siguiente manera:

- Recopilación y revisión de fuentes primarias referentes a la problemática que se investigó.
- Recopilación y revisión de fuentes secundarias relacionadas con la temática que se investigó.
- Recopilación, revisión y análisis de resultados de investigaciones realizadas con anterioridad en el área de estudio, así como el análisis de mapas temáticos y datos biofísicos del área.

5.6. Diseño de los instrumentos de investigación.

La creación de instrumentos para una mejor recolección de datos durante la ejecución de la investigación, se basó en criterios básicos, referentes a la composición de la herpetofauna y estructura del área, así como en la metodología planteada para este estudio, según la información básica que se pretendió obtener, modificado de (CATIE⁷ - FIAES, 2004) (ver anexo 2).

Algunos de los aspectos que se incluyeron en los instrumentos fueron; información de anfibios y reptiles encontrados (nombre del sitio, investigador, acompañante, número de transecto y su longitud, nombre común y científico de la especie, etc.) y datos ambientales y georeferenciación del sitio de muestreo (estacionalidad, topografía, altitud, tipo de hábitat, departamento, municipio, latitud, longitud, etc.).

5.7. Método de muestreo.

Para la obtención de datos de las unidades de análisis y componentes de su ambiente, el método de muestreo que se aplicó fue el muestreo aleatorio estratificado, ya que se basó en tres hábitats diferentes (bosque seco subcaducifolio, bosque ripario y zonas perturbadas las cuales incluyeron asentamientos humanos, zonas de cultivo y pastizales)

CATIE *et. al.* (2002:41), establecen que el efecto de la estratificación es una reducción de error de estimación para la población, como resultado de una menor variabilidad entre individuos dentro de los estratos, en comparación con la varianza entre individuos de la población sin estratificar.

⁷ CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza.

5.8. Técnicas de muestreo.

Las técnicas de muestreo que se aplicaron en este estudio fue la de transectos por búsqueda intensiva, identificación a través de encuentro visuales, captura de especies y búsqueda en micro hábitats conocidos de ciertos reptiles y anfibios, esto durante 29 días de muestreo, lo cual brindó información importante sobre las especies, su composición, demografía, preferencias de hábitat, abundancia relativa, diversidad y equitatividad dentro de cada sitio muestreado.

Se realizaron 18 transectos (ver anexo 5) con su respectiva repetición, totalizando 36 transectos, esto durante la época lluviosa (agosto a octubre) y la época seca (noviembre y diciembre), esto consistió en recorrer un área de cada hábitat, con un número igual de transectos, con un número de personal de campo estandarizado y a una velocidad de más o menos 1Km/h, buscando en micro hábitat, y observar individuos de la herpetofauna presentes en los diferentes hábitats muestreados,

También se capturaron temporalmente en caso necesario, con bolsas de manta y un gancho serpiente de construcción artesanal para disminuir el riesgo de mordedura de algunas especies de serpientes venenosas, esto para el caso de los ofidios y bolsas plásticas para el caso de anfibios, esto cuando las condiciones ambientales y topográficas no permitieron la toma de datos de la mejor manera, siendo trasladadas hacia un lugar que lo permitió, para la clasificación de la especies a través de claves taxonómicas, toma de anotaciones del número de individuos por especie y por día de muestreo, altitud, presión atmosférica, preferencia de hábitat, hora de detección de las especies así como de inicio y finalización de cada transectos y las respectivas observaciones para cada individuo. Los recorridos por estos transectos se realizaron en horas en la cual la herpetofauna está más activa, por la mañana

de 8:00am a 12:00am, por la tarde de 1:00pm a 5:00pm y por la noche de 7:00pm a 12:00pm.

Fue necesario que cada uno de los transectos se repitiera, tanto por el día como por la noche, con el fin de detectar especies de distintos hábitos de actividad, pero con el cuidado de no sobre estimar las poblaciones de las especies de herpetofauna, así, que no se tomó en cuenta el avistamiento de individuos de especies ya registradas en el mismo punto del mismo transecto, a menos que se tratase de poblaciones no registradas anteriormente o de nuevas especies. Además, para que la información fuera más representativa y significativa, se tomó en cuenta la época seca (agosto, septiembre y octubre) y lluviosa (noviembre y diciembre).

Esto se realizó de manera de causar la menor perturbación posible en los ecosistemas; y debido a que el área presenta cierto grado de pendiente, esta se tomó en cuenta para compensar la disminución de longitud de terreno por la inclinación y así evitar errores y sesgos durante el muestreo.

5.9. Materiales y equipo.

Para la colecta de datos en campo, se utilizaron diversos materiales y equipo, los cuales facilitaron la ejecución del estudio, como boletas de campo, para recoger información respecto a la especie y su hábitat (ver anexo 2), un GPS de precisión métrica (Garmin GPS Map60csx) para toma de puntos satelitales, medición de la longitud de transecto, altitud (*msnm*)⁸, dirección y determinación de la pendiente.

Se utilizaron bolsas de manta de 20 x 30cm y un gancho serpentero de construcción artesanal, para captura y almacenamiento temporal de algunos ofidios y, para el caso de anfibios, se utilizaron bolsas de 5lb.

⁸ *msnm*: Metros sobre el nivel del mar

Para evidenciar la presencia de las especies en el área y facilitar su identificación, se utilizaron claves taxonómicas con fotografías (Köhler *et al*, 2006 y Köhler 2008), para la identificación de las especies de herpetofauna encontradas en el área, y una cámara fotográfica digital (CASIO EX – S10 de 10.1 mega pixeles) para respaldar con fotografías las especies encontradas, lo cual le dio mayor realce a la investigación.

5.10. Manipulación de las especies de herpetofauna.

Los individuos observados en el caso de anfibios se manipularon de forma manual, capturándolos y almacenándolos en bolsas plásticas de cinco libras (si fue necesario) para su traslado, identificación, toma de datos requeridos para el estudio y toma de fotografías, luego se procedió a su liberación, las especies de lacertilios se manipularon de forma manual para la identificación y toma de datos.

Para el caso de los ofidios, en especial las especies que representan un riesgo alto para el personal involucrado en la investigación, su manipulación se realizó con ayuda de un gancho serpentero (en el caso que lo ameritara), solo en casos donde su identificación y toma de datos no pudo realizarse en el mismo lugar donde se encontró la especie, esta fue depositada en una bolsa de manta para llevarla a un lugar en donde fue más manejable y pudieran tomarse los datos de una mejor manera y luego se procedió a su liberación en las cercanías del lugar de captura.

5.11. Análisis de los datos.

5.11.1. Tipo de procesamiento.

El análisis de datos obtenidos durante la ejecución de la fase de campo, se realizó de manera electrónica y manual, con ayuda del programa Stimates 8.2

(Colwell 2009) se calcularon los estimadores de riqueza ACE (Abundance-based Coverage Estimator), ICE (Incidence-based Coverage Estimator), Chao 1, Chao 2, Jack-knife 1 y Jack-Knife 2 para el análisis estadístico de riqueza de especies, para calcular los porcentajes estimados de finalización de los inventarios se realizó de forma manual tomando en cuenta el número de especies registradas que estaban en la lista de especies esperadas, luego este número se divide entre el número de todas las especies esperadas y se multiplica por 100, de la siguiente manera:

$$I = \frac{R1}{R2} * 100$$

Donde:

I = Porcentaje de finalización del inventario

R1 = N° de registros de especies esperadas.

R2 = N° de especies esperadas.

Para la representación gráfica de los datos se utilizó el programa Excel 2007, los softwares Google Earth Pro 4.2, Map Source 6.15 y ArcGis 9.3 para la representación en mapas de las unidades de muestreo, distribución de las especies y otra información necesaria. Para el caso del análisis de equitatividad y riqueza de hábitats se utilizó el índice ecológico de Simpson D, calculado de manera manual, este índice toma en cuenta la distribución de las especies en la muestra, el cual se calculó con la formula siguiente.

$$D = \sum Pi.Pi$$

Donde: *D = Índice de Simpson D*

Pi = ni/N (abundancia relativa de la especie i).

ni = Numero de individuos de la especie i.

N = Numero total de individuos.

Este índice toma valores entre 0 y 1, entre más equitativa sea una comunidad, el valor de D disminuye (más cercano a 0) y entre menos equitativa sea la comunidad, D aumenta (más cercano a 1), pero, con el fin de darle una mejor interpretación, queremos un índice que aumenta con la equitatividad en vez de disminuir, sería mejor si podemos interpretar el índice en una forma directa en este sentido, entonces se utilizó el recíproco del índice de Simpson.

$$Rec.D = 1/D$$

Donde:

Rec. D = Recíproco del índice de Simpson.

D = Índice de Simpson D.

En este caso D , puede tomar un valores entre 1 y una valor máximo ($D_{Max.}$) igual a la riqueza de especies, esto en el caso que los individuos estén distribuidos totalmente uniformes entre las especies.

En caso contrario, la comunidad que obtenga un valor de $Rec. D$ mayor, es la comunidad más equitativa. Y si su valor es más cercano a 1, la comunidad es menos equitativa, o sea, existe dominancia de una o varias especies dentro de esta, y puede interpretarse como la probabilidad de que si se tomara un individuo de la comunidad, no importando su especie, al tomar un segundo individuo este sea de la misma especie que la primera que se tomó.

Debe tomarse en cuenta ambos conceptos, equitatividad y diversidad, ya que estos tienen una relación directamente proporcional, a mayor equitatividad, mayor diversidad y viceversa. También puede calcularse la diversidad de la comunidad con este mismo índice, utilizando su inverso así.

$$Inv.D = 1 - D$$

Donde:

Inv. D = Inverso del índice de Simpson.

D = Índice de Simpson D.

En este caso el índice de Simpson toma valores entre 0 y 1, entre más cercano a 1 esté el valor de *Inv. D*, la comunidad es más diversa y entre más cercano a 0, la comunidad es menos diversa.

5.11.2. Modelo empleado en el análisis de datos.

El modelo que se utilizó en el análisis de datos fue el de la estadística descriptiva, ya que se utilizaron cuadros y gráficas para la representación de resultados y estas se describieron de manera que los datos fueran más comprensibles.

5.11.3. Selección de especies indicadoras.

Para la selección de las especies indicadoras se utilizó el conglomerado de especies registradas en todos los estudios realizados, evaluando si cumplían los criterios de selección de especies indicadoras propuestos (Noss, 1990; Debinski & Brussard, 1992, citado en MARN, 2001: 12) y criterios complementarios.

Se elaboró una matriz en Excel (ver anexo 3) con las especies de herpetofauna registradas para el área y los 18 criterios de selección, cuando la especie cumplía uno de los criterios se le asignó un valor de 1 y si no cumplía el criterio, no se le asignaba ningún valor, luego se procedió a hacer la sumatoria y si la especie obtenía un puntaje igual o mayor que 10 se seleccionaba como especie indicadora.

6. RESULTADOS.

6.1. Especies de anfibios y reptiles registrados para el ANP La Magdalena.

Durante la realización de esta investigación se registraron 41 especies de herpetofauna, de las cuales se tienen 9 especies de anfibios de 6 familias diferentes y 32 especies de reptiles de 13 familias diferentes, lo cual demuestra la importancia de esta Área Natural Protegida, ya que la riqueza de especies de Herpetofauna registrada equivale al 31% del total de especies registradas para el país.

Tomando en cuenta los estudios anteriores y con el fin de poder comparar se les aplicó las modificaciones taxonómicas recientes para la Herpetofauna (ver tabla 1), se obtiene un total de 54 especies de herpetofauna que representan el 41% del total de especies registradas para el país, esto posiciona al ANP La Magdalena dentro de las más ricas en lo que a especies de herpetofauna se refiere.

Debe resaltarse que el mayor número de especies de reptiles fue registrada en la presente investigación, siendo un total de 32 especies, superando por 8 especies y 3 familias al estudio que realizó Caceros Monzón (2008), pero no se puede decir lo mismo en el caso de anfibios, ya que reportó 12 especies y en este estudio se reportan 9, estas diferencias pueden deberse a aspectos como el esfuerzo, el tipo y la época de muestreo, la desaparición de las especies y a la experiencia del investigador, o simplemente esto se puede justificar a que en ningún inventario se puede registrar la riqueza total de especie y por ello es bueno establecer estimados de riqueza los cuales se analizaran más adelante.

Tabla 1: Cuadro comparativo de las especies de anfibios registradas en los diferentes estudios de herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.

CLASE ANFIBIA					
Estudios sobre Herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.		2001 (Rodríguez y Dueñas)	2005 (Pérez R. et al.)	2008 (Caceros)	2009 (Müller)
Orden Gymnophiona					
Familia Caeciliidae	<i>Dermophis mexicanus</i> (tepelcua).	X		X	X
Orden caudata					
Familia Plethodontidae	<i>Oedipina taylori</i> (salamandra lombriz)		X	X	
Orden Anura.					
Familia Bufonidae	<i>Incilius coccifer</i> (sapo enano)	X	X	X	X
	<i>Incilius luetkenii</i> (sapo amarillo)	X	X	X	X
	<i>Rhinella marina</i> (sapo sabanero)	X	X	X	X
Familia Hylidae	<i>Trachycephalus venulosus</i> (rana lechosa)			X	X
	<i>Smilisca baudinii</i> (rana arbórea común)		X	X	X
	<i>Agalychnis moreletii</i> (escuerzo)	X			
	<i>Scinax staufferi</i> (ranita de Stauffer)			X	
Familia Craugastoridae	<i>Craugastor loki</i> (rana de bosque)		X	X	X
Familia Leiuperidae	<i>Engystomops pustulosus</i> (sapito túngara)		X	X	X
Familia Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fragilis</i> (ranita de charco labio blanco)			X	
Familia Ranidae	<i>Lithobates maculatus</i> (rana manchada)	X	X	X	X
	<i>Lithobates forreri</i> (rana leopardo)	X			
TOTAL	14	7	8	12	9

Tabla 2: Cuadro comparativo de las especies de reptiles registradas en los diferentes estudios de herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.

CLASE REPTILIA					
Estudios sobre Herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.		2001 (Rodríguez y Dueñas)	2005 (Pérez R. et al.)	2008 (Caceros)	2009 (Müller)
Orden Testudines					
Familia Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i> (tortuga candado, de caja)			X	X
Orden Squamata					
Familia Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes albogularis</i> (cantíl)	X			X
Familia Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus tuberculatus</i> (lagartija llorona, geko casero)		X	X	X
Familia Iguanidae	<i>Basiliscus vittatus</i> (tenguereche)	X	X	X	X
	<i>Corytophanes percarinatus</i> (tenguereche bobo, cotete)	X		X	X
	<i>Ctenosaura similis</i> (garrobo)	X	X	X	X
	<i>Iguana iguana</i> (iguana verde)	X			
Familia Polychrotidae	<i>Anolis sericeus</i> (lagartija amarilla, bebeleche)			X	X
	<i>Anolis serranoi</i> (anolis de serrano)		X	X	
Familia Phrynosomatidae	<i>Sceloporus malachiticus</i> (talconete)	X	X	X	X
	<i>Sceloporus squamosus</i> (viejita)		X	X	X
	<i>Sceloporus olloporus</i> (lagartija espinosa común, viejita)		X		X
Familia Scincidae	<i>Mabuya unimarginata</i> (salamanqueza)	X	X	X	X
	<i>Sphenomorphus assatus</i> (escíncido del bosque)		X		X
Familia Teiidae	<i>Ameiva undulata</i> (cochosa)	X	X	X	X
	<i>Aspidoscelis deppii</i> (corredor rayado)	X	X	X	X
	<i>Aspidoscelis motaguae</i> (corredor grande)	X	X	X	X
Familia Boidae	<i>Boa constrictor</i> (mazacuata)	X	X	X	X
	<i>Coniophanes piceivittis</i> (cotina de 3 rayas)				X

CLASE REPTILIA						
Estudios sobre Herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.		2001 (Rodríguez y Dueñas)	2005 (Pérez R. et al.)	2008 (Caceros)	2009 (Müller)	
Familia Colubridae	<i>Conophis concolor</i> (cotina común)			X	X	
	<i>Mastigodryas dorsalis</i> (lagartijera lisa de montaña)		X	X	X	
	<i>Mastigodryas melanolomus</i> (lagartijera lisa olivácea)			X	X	
	<i>Masticophis mentovarius</i> (zumbadora)	X				
	<i>Drymobius margaritiferus</i> (petatilla, ranera salpicada)				X	
	<i>Imantodes gemmistratus</i> (culebra hilo)	X				
	<i>Lampropeltis triangulum</i> (falsa coral roja)	X			X	
	<i>Leptodeira annulata</i> (ranera, escombrera común)			X	X	
	<i>Leptodymus pulcherrimus</i> (bejuquilla rayada)				X	
	<i>Ninia sebae</i> (gargantilla de cafetal)			X	X	
Familia Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i> (bejuquilla café)	X		X		
	<i>Oxybelis fulgidus</i> (bejuquilla verde)	X			X	
	<i>Senticolis triaspis</i> (ratonera tropical común)			X		
	<i>Sibon anthracops</i> (falso coral)		X	X		
	<i>Spilotes pullatus</i> (chichicua)	X		X		
	<i>Stenorrhina freminvillii</i> (alacranera, gargantilla rayada)	X	X		X	
	<i>Tantilla armillata</i> (traga cienpiés cabeza negra)				X	
	<i>Trimorphodon quadruplex</i> (zorcuata, serpiente lira)				X	
	Familia Elapidae	<i>Micrurus nigrocinctus</i> (coral verdadero, coralillo)	X		X	X
	Familia Leptotyphlopidae	<i>Leptotyphlops phenops</i> (culebra lombriz)				X
Familia Viperidae	<i>Crotalus simus</i> (cascabel)	X			X	
TOTAL	40	20	16	24	32	

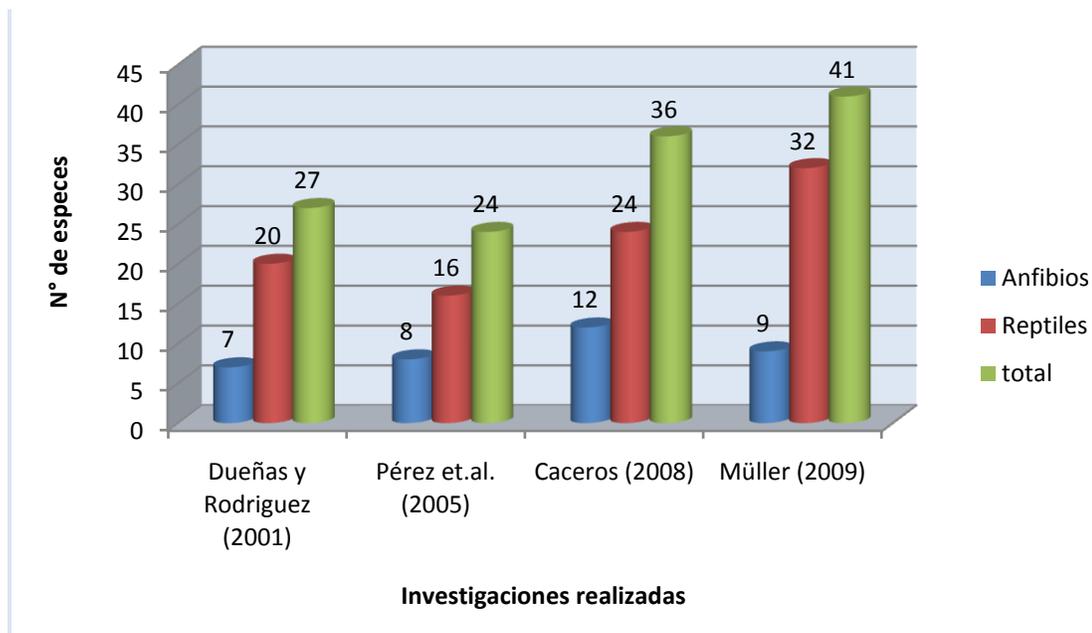


Figura 1. Comparación del N° de registros de especies de herpetofauna en todos los estudios realizados en el ANP La Magdalena.

6.2. Registros no confirmados.

En los resultados de especies de Herpetofauna registradas en los estudios anteriores, hay tres especies reportadas que llaman la atención, el escuerzo (*Agalychnis moreletii*), la rana leopardo (*Lithobates forreri*) y la iguana verde (*Iguana iguana*). Estas especies sólo fueron registradas por Rodríguez y Dueñas en 2001 y no se tiene ningún otro registro, estas especies no fueron clasificadas a través de claves taxonómicas por los investigadores, sino sólo de manera visual, y no pudieron ser confirmadas con fotografías, debido a la carencia de estas (Dueñas, *Com. Pers.*)⁹.

Debido a lo anterior estos reportes se consideran dudosos, ya que pudieron ser confundidas, en el caso de *Agalychnis moreletii*, pudo ser confundida con la rana arbórea común (*Smilisca baudinii*), ya que esta presenta una fase verde y

⁹ Dueñas, Celina (2010); Técnico del Ministerio de Medio ambiente y Recursos Naturales.

puede ser fácilmente confundida, la especie *Lithobates forreri*, pudo confundirse (aunque sus diferencias son más marcadas que en el caso anterior), con la rana manchada (*Lithobates maculatus*) y la especie *Iguana iguana*, pudo confundirse con el garrobo (*Ctenosaura similis*), ya que esta especie en la etapa juvenil es de color verde y es fácilmente confundida, más aún si es de manera visual.

Pero, para estas especies se está otorgando el beneficio de la duda, entonces no se puede descartar el caso de que estas especies estuvieron presentes en el área, pero ya desaparecieron, a causa de alguna perturbación (ver anexo 7) como las enfermedades infecciosas (quitridiomicosis para el caso de anfibios), la pérdida de sus hábitats, el cambio climático, la introducción de nuevas especies, su uso gastronómico y comercial y la contaminación.

Durante la ejecución de esta investigación se pudieron observar la mayoría de las perturbaciones mencionadas, y es de resaltar que en una ocasión en el fondo del río El Jute, a no más de 5 metros uno del otro se encontraron 3 cadáveres de anfibios, pero sólo sus huesos, por lo que no pudieron ser identificados, no mostraban señales de ataque, entonces no se puede descartar la invasión de agentes infecciosos como el hongo quítrido que está eliminando las poblaciones de anfibios no resistentes a este patógeno.

Por otra parte, estas especies aún pueden existir en el área, pero en poblaciones muy bajas, y sería necesario utilizar la información existente de su biología reproductiva para aumentar el esfuerzo de muestro en ese periodo, así aumentar las posibilidades de encontrar dichas especies, si es que ocurrieran en el área.

6.3. Especies prioritarias para la conservación.

De las especies registradas, la tortuga candado (*Kinosternon scorpioides*) y el garrobo (*Ctenosaura similis*) son especies prioritarias para la conservación, ya

que son perseguidas y asesinadas por interés gastronómico y supuestas propiedades medicinales, además, esta tortuga, la mazacuata (*Boa constrictor*), especie prioritaria para la conservación y la gargantilla de cafetal (*Ninia sebae*) son extraídas de su medio silvestre para ser utilizada como mascota. La cascabel (*Crotalus simus*), es una especie prioritario para la conservación, ya que es asesinada para ser usada como medicina para el ganado, venta y por simple temor, esto último sucede para todo el grupo de ofidios. La salamanqueza (*Mabuya unimarginata*) y la tepalcua (*Dermophis mexicanus*), son asesinadas por prejuicio cultural (MARN (2008) y observación personal.

6.4. Especies amenazadas o en peligro de extinción registradas para el ANP La Magdalena.

Según listado oficiales de especies amenazadas y en peligro de extinción MARN (2009), existen 56 especies de herpetofauna entre estas categorías, de las 133 especies registradas para el país, durante la realización de esta investigación se registraron 7 especies categorizadas como amenazadas o en peligro de extinción, pero tomando en cuenta todos los registro de los estudios anteriores, el número aumenta de 7 a 10 especies dentro de estas categorías, entre las cuales se encuentran 3 anfibios, 1 lacertilio y 6 ofidios (ver tabla 3).

Según la lista roja de especies amenazadas UICN¹⁰ (2009), la tepalcua (*Dermophis mexicanus*) se encuentra categorizada como especie vulnerable a nivel mundial.

¹⁰ UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.

Tabla 3: Especies de herpetofauna amenazadas o en peligro de extinción registradas en el ANP La Magdalena.

Especies		Categoría según listados oficiales MARN 2009.	Categoría según lista roja de UICN 2009.
Orden Gymnophiona			
Familia Caeciliidae	<i>Dermophis mexicanus</i>	Amenazada	Vulnerable
Orden Caudata			
Familia Plethodontidae	<i>Oedipina taylori</i>	Amenazada	Preocupación menor
Orden Anura			
Familia Hylidae	<i>Agalychnis moreletii</i>	Amenazada	En peligro crítico
Orden Squamata			
Familia Iguanidae	<i>Corytophanes percarinatus</i>	Amenazada	No evaluado
Familia Colubridae	<i>Mastigodryas melanolomus</i>	Amenazada	Preocupación menor
	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Amenazada	No evaluado
	<i>Tantilla armillata</i>	Amenazada	No evaluado
	<i>Sibon anthracops</i>	Amenazada	No evaluado
Familia Elapidae	<i>Micrurus nigrocinctus</i>	Amenazada	No evaluado
Familia Viperidae	<i>Crotalus simus</i>	Amenazada	No evaluado

6.5. Nuevos registros para el Área Natural Protegida La Magdalena.

De los 41 registros de especies de herpetofauna para el ANP La Magdalena y en base a la revisión de estudios anteriores, la cotina de tres rayas (*Coniophanes piceivittis*), la petatilla (*Drymobius margaritiferus*), la bejuquilla rayada (*Leptodrymus pulcherrimus*), la traga cienpiés cabeza negra (*Tantilla armillata*), la serpiente lira (*Trimorphodon quadruplex*) y la culebra lombriz (*Leptotyphlops phenops*) son nuevos reportes para el área, lo que demuestra que el inventario de la herpetofauna sigue avanzando, en este caso fue en el grupo de ofidios, posteriormente se analizarán los estimados de riqueza para cada grupo (anfibios, tortugas, lacertilios y ofidios) y el estado de la finalización de sus inventario.

6.6. Nuevos registros para el departamento de Santa Ana.

Cinco nuevos reportes para el departamento de Santa Ana fueron obtenidos con los resultado de esta investigación, según consulta de literatura (Köhler 2006) y registros publicados (Herrera *et. al* 2007), de acuerdo a estos, la cotina de tres rayas (*Coniophanes piceivittis*), la bejuquilla rayada (*Leptodrymus pulcherrimus*), la petatilla (*Drymobius margaritiferus*) y la serpiente lira (*Trimorphodon quadruplex*) son primeros registros compartidos con el Área Natural Protegida San Diego - La Barra, pero aún no son publicados (Henríquez Cisneros y Ortez Segovia, 2007), la gargantilla de cafetal (*Ninia sebae*) si es un registro único para el departamento de Santa Ana que también fue reportada por Caceros Monzón (2008), pero aún no son publicados.

6.7. Comparación de la riqueza de especies del ANP La Magdalena con otros sitios.

Comparando el inventario del Área Natural Protegida La Magdalena con los inventarios de otras Área Naturales Protegidas, (tomando en cuenta el esfuerzo de muestreo) esta se posiciona en una de las área más ricas en lo que a herpetofauna se refiere, ya que incluyendo las especies no registradas en esta investigación, pero si en estudios anteriores, se obtiene un total de 54 especies de herpetofauna registrada durante 71 días de muestreo.

Dentro del bosque del Área Natural Protegida (ANP) Montaña de Cinquera se ha registrado la cantidad de 61 especies de herpetofauna con 87 días de esfuerzo de muestreo (Henríquez 2004; Herrera 2006; Henríquez Aquino, 2007, citado en Henríquez & Ortéz 2007).

Durante 120 días de muestreo (incluyendo los estudios de Henríquez y Ortéz 2007 y Vaquerano 2006, citado en Henríquez & Ortéz 2007) en el ANP San Diego – La Barra se registraron 58 especies de herpetofauna. En el caso del

bosque seco del ANP Colima se ha registrado la cantidad de 28 especies, sin embargo en esta área únicamente se han dedicado 8 días de muestreo (Henríquez 2005, citado en Henríquez & Ortéz 2007).

En el Parque Nacional Los Volcanes, durante 90 días de muestreo se han registrado 43 especies (Henríquez & Komar, 2006 citado en Henríquez & Ortéz 2007). En el Parque Nacional El Imposible se ha registrado la cantidad de 52 especies (Leenders 2003, citado en Henríquez & Ortéz 2007), en el ANP Laguna El Jocotal con más o menos 45 días de muestreo se registraron 44 especies (Müller 2010; Ibarra 1998) y en el ANP Paraje Galán se reportan 13 especies (Müller, 2009) solo con 6 días de muestreo. Por lo tanto es importante reconocer el Área Natural Protegida La Magdalena como uno de los sitios con mayor diversidad de anfibios y reptiles en El Salvador.

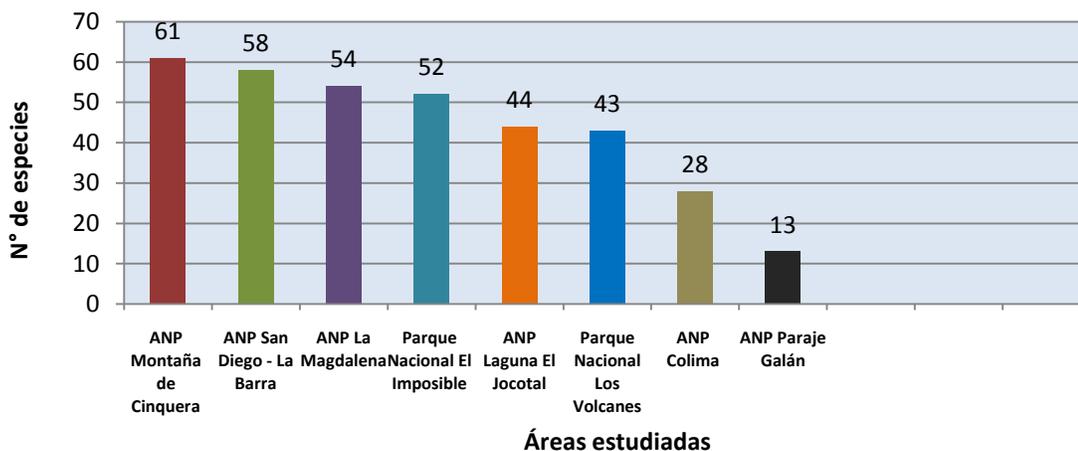


Figura 2. Comparación del N° de registros de especies de herpetofauna en diferentes áreas.

6.8. Especies seleccionadas como indicadoras.

Se seleccionaron trece especies de herpetofauna como indicadoras de acuerdo a los criterios de selección utilizados, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 4. Especies de anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo y sus criterios de selección más importantes.

CLASE ANFIBIA		
ESPECIES DE ANFIBIOS SELECCIONADOS COMO INDICADORAS.		CRITERIOS DE SELECCIÓN.
Orden Gymnophiona		
Familia Caeciliidae	<i>Dermophis mexicanus</i> (tepelcua).	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Especie amenazada de extinción a nivel nacional. • Especie vulnerable de extinción a nivel mundial. • Especialista de hábitat subterráneo. • Indicador de suelo poco alterado.
Orden caudata		
Familia Plethodontidae	<i>Oedipina taylori</i> (salamandra lombriz)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Especie endémica. • Especie amenazada de extinción a nivel nacional. • Especialista de hábitat húmedo. • Indicador de agua, aire y suelo poco alterados.
Orden Anura.		
Familia Bufonidae	<i>Incilius coccifer</i> (sapo enano)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Proporciona una evaluación continua. • Corto tiempo de regeneración. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales. • Indicador de perturbación.
	<i>Incilius luetkenii</i> (sapo amarillo)	
	<i>Rhinella marina</i> (sapo sabanero)	
Familia Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i> (rana arbórea común)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Corto tiempo de regeneración. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales. • Indicador de perturbación.
Familia Craugastoridae	<i>Craugastor loki</i> (rana de bosque)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Proporciona una evaluación continua. • Corto tiempo de regeneración. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales • Indicador de agua, aire y suelo poco alterados.
Familia Leiuperidae	<i>Engystomops pustulosus</i> (sapito túngara)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Corto tiempo de regeneración. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales. • Indicador de perturbación.
Familia Ranidae	<i>Lithobates maculatus</i> (rana manchada)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible para alertar cambios. • Medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Proporciona una evaluación continua. • Corto tiempo de regeneración. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales • Indicador de agua, aire y suelo poco alterados.

Tabla 5. Especies de reptiles seleccionadas como indicadoras para el monitoreo y sus criterios de selección más importantes.

CLASE REPTILIA		
ESPECIES DE REPTILES SELECCIONADOS COMO INDICADORAS.		CRITERIOS DE SELECCIÓN.
Orden Squamata		
Familia Iguanidae	<i>Corytophanes percarinatus</i> (tenguereche bobo, cotete)	<ul style="list-style-type: none"> • De ecología bien conocida. • De medición económica y sencilla. • Perteneciente a diferentes grupos funcionales • Especialista de hábitat de bosque pino-roble. • Especie endémica. • Especie amenazada de extinción a nivel nacional. • Vulnerable en sitios habitados por el hombre. • Indicador de mantenimiento y regeneración de bosque.
Familia Phrynosomatidae	<i>Sceloporus squamosus</i> (viejita)	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliamente distribuida en el área. • De medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Con taxa de corto tiempo de regeneración. • Especialista de hábitats abiertos. • Indicador de perturbación.
Familia Teiidae	<i>Ameiva undulata</i> (cochosa)	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliamente distribuida en el área. • De medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Con taxa de corto tiempo de regeneración. • Especialista de hábitat de bosque. • Indicador de mantenimiento y regeneración de bosque.
	<i>Aspidoscelis motaguae</i> (corredor grande)	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliamente distribuida en el área. • De medición económica y sencilla. • De ecología bien conocida. • Especie endémica. • Con taxa de corto tiempo de regeneración. • Especialista de hábitats abiertos. • Indicador de perturbación.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

7.1. *Estimadores de riqueza de especies de herpetofauna presentes en el Área Natural Protegida La Magdalena.*

Debido a que en los estudios de fauna es imposible determinar la totalidad de especies que ocurren en un área en un solo estudio, determinar estimadores de riqueza nos da una idea del posible número de especies que ocurren en el área de estudio y el estado de sus inventarios.

Durante esta evaluación de la herpetofauna del Área Natural Protegida La Magdalena, estos estimadores demuestran que la riqueza de especies esperadas para el taxón de herpetofauna no está cerca de ser completada, ya que en este estudio se registraron 41 especies de herpetofauna y dichos estimadores presentan un rango de riqueza de 56 – 67 especies esperadas.

Tomando en cuenta los estudios anteriores (incluyendo los registros no confirmados) el número de especies registradas para el área aumenta a 54 especies, acercándose a la estimación más baja calculada por los estimadores de riqueza de especies que es de 56.

Tabla 6: Estimado generalista de riqueza de especies de herpetofauna esperadas para el ANP La Magdalena.

Estimador	Especies de Herpetofauna estimadas
ACE	67
ICE	67
Chao 1	58
Chao 2	56
Jack-knife 1	68
Jack-knife 2	57

Analizando la curva de acumulación de especies de herpetofauna, se puede observar que aún no tiene una tendencia a estabilizarse, y por ende, faltan especies por registrar, lo cual se podrá lograr con la realización de nuevas investigaciones tomando en cuenta las 2 épocas del año en los meses más copiosos para el caso de anfibios y los meses más secos para el caso de reptiles, para así aumentar el número de registros para el área y complementar el análisis de resultados de esta investigación.

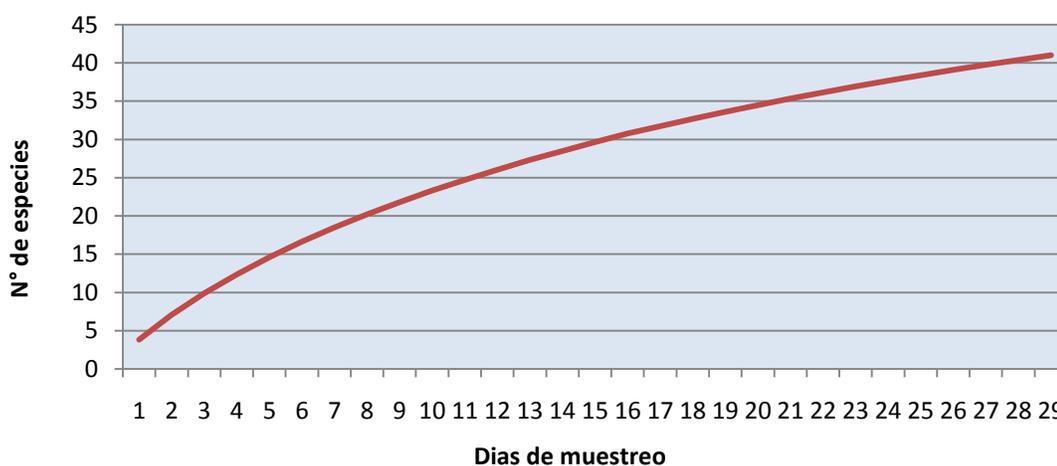


Figura 3. Curva de acumulación de especies de herpetofauna registradas en el presente estudio para el ANP La Magdalena.

7.2. Especies generalistas esperadas para el ANP La Magdalena.

Antes de la realización de la evaluación de la herpetofauna del ANP La Magdalena, se elaboró un listado generalista de 40 especies esperadas (ver anexo 8), las cuales fueron seleccionadas tomando en cuenta la amplia distribución en los diferentes hábitats del país, las condiciones específicas del área de estudio, la experiencia del investigador y consultas a expertos en el tema, para determinar si las especies generalistas cumplían estas características se utilizó bibliografía referente a la temática (Köhler et al, 2006 y Köhler 2008).

7.3. Estimado del estado del inventario de la herpetofauna del ANP La Magdalena.

Basándose en las 41 especies de herpetofauna registradas para el área y el listado de 40 especies generalista esperadas, se puede estimar el porcentaje de finalización del inventario aplicando la fórmula para su cálculo, los resultados obtenidos en esta investigación, fue un 75% de finalización del inventario.

Aún faltan por registrar 10 especies entre los grupos de anfibios, lacertilios, ofidios y tortugas, este último grupo se encuentra incompleto, ya que se consideraron sólo 2 especies de tortugas como esperadas para el área, de las cuales sólo una especie *Kinosternon scorpioides* fue registrada, faltando registrar la tortuga pintada (*Rhinoclemmys pulcherrima*), así, se puede decir, que el inventario de este grupo se encuentra finalizado en un 50%.

Tomando en cuenta estudios anteriores el número de registros de especies generalistas esperadas pasa de 30 a 37 registros, utilizando la fórmula anterior, se obtiene una estimación del 93% de finalización del inventario, faltando registrar 3 especies generalistas, como ya se mencionó, del grupo de las tortugas se esperaría la presencia de la especie *Rhinoclemmys pulcherrima*, además del grupo de los anfibios la ranita de charco común (*Leptodactylus melanonotus*) y del grupo de los ofidios la zumbadora de pestañas (*Drymarchon melanurus*), debe tomarse en cuenta que aumentando el esfuerzo de muestreo y el estudio de la herpetofauna, además de registrarse estas especies generalistas, podrían registrarse nuevas especies, los estimadores de riqueza para cada grupo se analizan a continuación.

7.4. Estimadores de riqueza para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios del ANP La Magdalena.

Para poder analizar los estimados de riqueza de forma más específica estos se calcularon por cada grupo, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 7. Estimados de riqueza de especies para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios del ANP La Magdalena.

Estimador	Anfibios	Lacertilios	Serpientes
ACE	11	15	46
ICE	10	17	46
Chao 1	10	14	33
Chao 2	10	15	32
Jack-knife 1	11	17	30
Jack-knife 2	12	17	38

Los estimadores de riqueza nos indican que para el grupo de anfibios pueden existir de 10 a 12 especies, para el grupo de lacertilios pueden ocurrir de 14 a 17 especies y en el caso de los ofidios de 30 a 46 especies, estos datos se analizan a continuación.

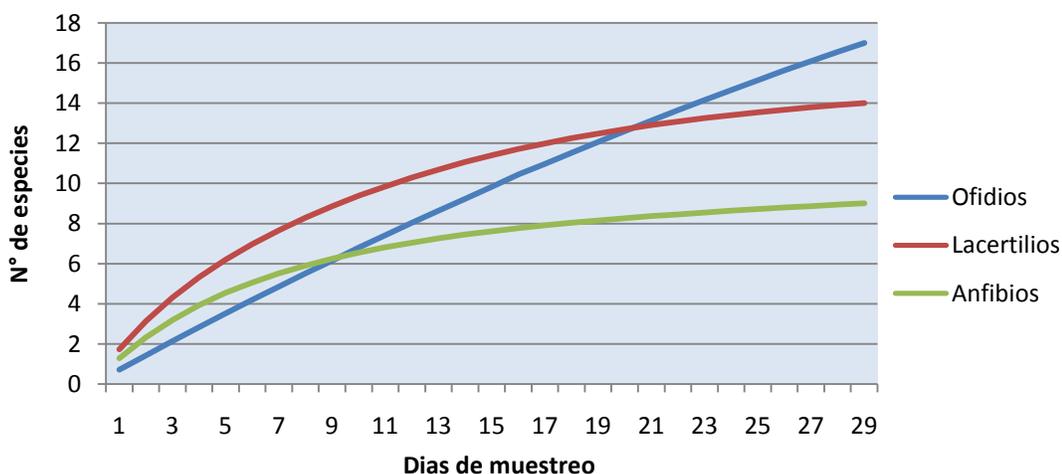


Figura 4. Curvas de acumulación de especies para los grupos de anfibios, lacertilios y ofidios registrados en esta investigación para el ANP La Magdalena.

7.5. Estimado del estado del inventario del grupo anfibios.

Para el caso del grupo de anfibios, su curva de acumulación de especies lleva una tendencia a estabilizarse, ya que los estimadores de riqueza indican que su número puede oscilar entre 10 a 12 especies, de las cuales, se registraron 9 especies durante este estudio, 8 de estas, están dentro de las especies generalistas esperadas, y ya que para este grupo se propuso la cantidad de 11 especies generalistas esperadas, el estimado del porcentaje de finalización del inventario para este grupo es del 73%.

Faltarían registrar 3 especies, la ranita de Stauffer (*Scinax staufferi*), la ranita labio blanco (*Leptodactylus fragilis*) y la ranita de charco común (*Leptodactylus melanonotus*), concordando con el rango de riqueza calculado, por lo tanto se necesita más investigación y aumentar el esfuerzo de muestreo para este grupo, para lograr su complemento total.

Tomando en cuenta el estudio de Caceros, en el cual se registró el mayor número de especies de anfibios, dentro de los cuales están dos más de las especies generales esperadas, la ranita de Stauffer (*Scinax staufferi*) y la ranita labio blanco (*Leptodactylus fragilis*), pasando entonces de 8 a 10 registros de las 11 especies generalistas esperadas, y un total general de 12 registros entre ambos estudios, aumentando así, el estimado de finalización del inventario a un 91%, dejando casi finalizado el inventario de este grupo, faltando el registro de la ranita de charco común (*Leptodactylus melanonotus*).

Pero no por eso se asume que sea la última especie que falte por registrar, (hay que tener presente que solo es un estimado), y que debe interpretarse diciendo que si aún no se ha registrado una especie generalista, al hacer más estudios o aumentar el esfuerzo de muestreo se puede registrar esta y también posibles nuevos registros.

7.6. Estimado del estado del inventario del grupo de lacertilios.

La riqueza estimada calculada para el grupo de lacertilios oscila entre 14 a 17 especies esperadas, de las cuales en este estudio se registraron 14 y por ende se puede decir que su curva de acumulación tiende a la estabilización, ya que para este grupo se propuso una lista generalista de 13 especies esperadas, de las cuales se registraron 12, obteniendo un estimado del porcentaje de finalización del inventario del 93%, haciendo falta el registro de una especies generalistas, el anolis de serrano (*Anolis serranoi*).

Pero utilizando los datos de lacertilios registradas durante estudio anteriores, específicamente los inventarios realizados durante el 2001 por Rodríguez y Dueñas, y en el 2008 por Caceros Monzón, se registraron dos especies más de lacertilios, y una de ellas fue incluida en el listado previo de especies generales esperadas, el anolis de serrano (*Anolis serranoi*), haciendo un total de 13 especies generalistas registradas de las 13 propuestas y un total general de 16 registros entre las tres investigaciones, obteniendo así, el estimado de finalización del inventario del 100%, dejando finalizado el inventario de este grupo.

Pero no dejando de lado que el cálculo de los estimadores de riqueza de especies para este grupo nos dice que pueden ocurrir hasta 17 especies en el área, no se descarta la posibilidad de encontrar una o dos especie más para este grupo recordando que la *Iguana iguana* es un registro no confirmado y no fue incluida en el listado generalista, es más; es considerada como un registro no confirmado.

7.7. Estimado del estado del inventario del grupo de ofidios.

La curva de acumulación para el grupo de ofidios, le hace falta mucho para estabilizarse, debido a que este grupo es sumamente escurridizo y nada fácil

de detectar, los datos colectados en este estudio no alcanzan para hacer un análisis más exacto, ya que entre más datos de número de individuos y especies, se obtiene un estimado menos sesgado, por esto se recomienda hacer estudios enfocados a este grupo aumentando el esfuerzo de muestreo para recabar más datos útiles para un análisis más completo.

La riqueza estimada calculada para este grupo oscila entre 30 a 46 especies, siendo este último estimado considerado como exagerado, (que resulta a causa de los registros insuficientes para este grupo) ya que ningún área del país tiene esta cantidad de registros para este grupo y además el número total de especies de ofidios registradas para el país es de 58, por ende, el estimado de 46 especies queda fuera de lógica, por ello se utilizará para el análisis de datos el estimado más bajo que es de 30 especies.

En este estudio se registraron 17 especies, siendo 9 esperadas de una lista de 14 especies generalistas, adjudicando un porcentaje estimado de finalización del inventario del 64%, faltando el registro de 5 especies generalistas esperadas, la zumbadora de pestañas (*Drymarchon melanurus*), la zumbadora (*Masticophis mentovarius*), la bejuquilla café (*Oxybelis aeneus*), la ratonera tropical común (*Senticolis triaspis*) y la chichicua (*Spilotes pullatus*).

en estudios anteriores, el número de especies de ofidios registradas para el área aumenta en 6 especies, pasando de 17 a 23 registros, de esos 6 registros, 4 estaban incluidas en la lista de 14 especies generalistas esperadas, pasando así, de 9 a 13 registros incluidos en la lista, obteniendo una estimado de finalización del inventario del 93%, faltando registrar la zumbadora de pestañas (*D. melanurus*), siempre teniendo en cuenta que el número estimado de la riqueza para el área es de 30 especies y que al esforzarse en la búsqueda de esta especie, pueden encontrarse nuevos registros.

7.8. Comparación de la riqueza y equitatividad de los diferentes hábitats muestreados.

Durante esta investigación, se tomaron en cuenta los hábitats más representativos del área, el bosque seco subcaducifolio, el bosque ripario y las zonas perturbadas (asentamientos humanos, zonas de cultivo y pastizales), en los cuales la herpetofauna se distribuye de acuerdo a la adaptabilidad de las especies.

Haciendo una comparación del número de especies registradas para cada hábitat, sin tomar en cuenta la equitatividad de las especies en las muestras, los datos nos dicen que el hábitat con mayor riqueza son las zonas perturbadas, ya que en estas se registraron 24 especies, el segundo hábitat con mayor número de especies es el bosque seco subcaducifolio con 17 registros y el menos rico, pero no menos importante fue el bosque ripario en el cual se registraron 15 especies de herpetofauna.

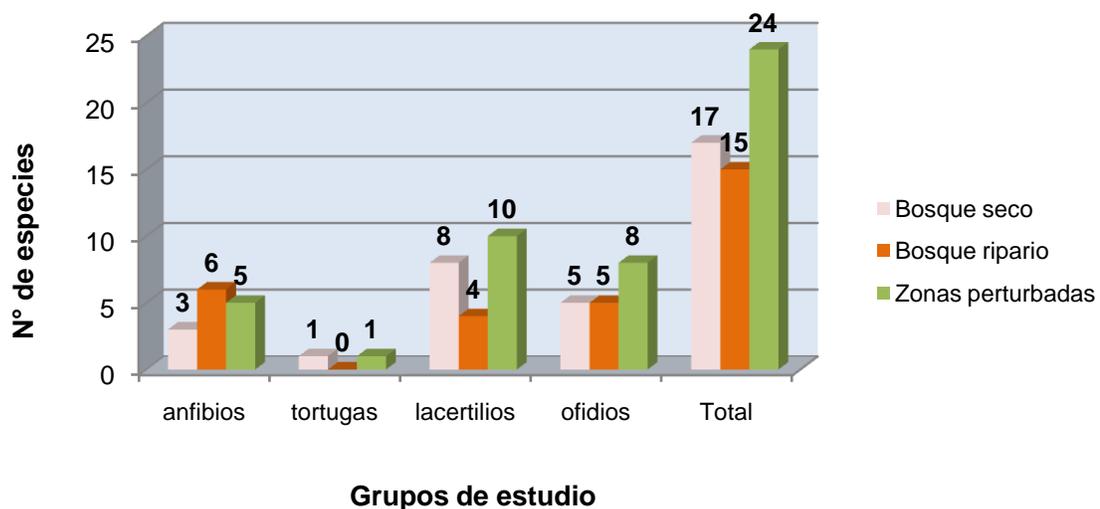


Figura 5. Número de especies registradas por grupo de estudio y hábitats presentes en el ANP La Magdalena.

Con estos resultados, llama la atención que las zonas perturbadas tengan una mayor riqueza de especies que el bosque seco subcaducifolio y el bosque ripario, dichas diferencias pueden ser debido a varios factores, pero antes de discutirlos debemos tomar en cuenta los resultados que arroja el índice de equitatividad de Simpson D, que si toma en cuenta la equitatividad de las especies en la muestra. Para esta investigación los valores obtenidos con este índice para cada hábitat se muestran a continuación.

Tabla 8. Calculo del índice de Simpson para los hábitats muestreados en el ANP Laguna El Jocotal.

Hábitats \ Simpson	D	1/D	1- D
Bosque seco	0.1638	6	0.84
Bosque ripario	0.0082	122	0.99
Zonas perturbadas	0.0600	17	0.94

Estos resultados nos demuestran, que la primera afirmación que se hizo observando la grafica de distribución de las especies en los diferentes hábitats muestreados (ver Figura 5), referente a que el hábitat más diverso era las zonas perturbadas, es falso, ya que el índice de Simpson D, nos demuestra que el hábitat con mayor equitatividad es el bosque ripario ($D= 0.0082$), según el reciproco de Simpson ($_{Rec.} D= 122$), la probabilidad, de que si se tomaran dos individuos de la comunidad sean de la misma especie, es de 1 en 122, y su diversidad es la más alta (más cercano a 1) según el inverso de Simpson ($_{Inv.} D= 0.99$).

El hábitat que le sigue son las zonas perturbadas respecto a su mayor diversidad y equitatividad es las zonas perturbadas, ya que el índice de

Simpson D, nos demuestra que este hábitat tiene una equitatividad alta ($D=0.0600$), según el recíproco de Simpson ($_{Rec.} D=17$), la probabilidad, de que si se tomaran dos individuos de la comunidad sean de la misma especie, es de 1 en 17, y su diversidad es alta según el inverso de Simpson ($_{Inv.} D=0.94$).

El hábitat con los resultados más bajos respecto a su equitatividad y diversidad es el bosque seco, debido a que el índice de Simpson D, nos demuestra que este hábitat tiene una equitatividad media - alta ($D=0.1638$), según el recíproco de Simpson ($_{Rec.} D=6$), la probabilidad, de que si se tomaran dos individuos de la comunidad sean de la misma especie, es de 1 en 6, y su diversidad es media-alta según el inverso de Simpson ($_{Inv.} D=0.84$).

Analizando los resultados, es llamativo que el hábitat de zonas perturbadas supere en riqueza, diversidad y equitatividad al hábitat de bosque seco que es la zona núcleo del ANP La Magdalena, pero estas diferencias pueden explicarse tomando en cuenta diversos factores que afectaron a que se obtuviera este resultado.

Factores físicos: Como factores geográficos, la altitud, la productividad del ambiente y la época por el efecto de la variabilidad climática, este último factor se considera como uno de los que más intervención tuvo para hacer que las zonas perturbadas tuvieran mayor riqueza, equitatividad y diversidad que el bosque seco, debido a que los reptiles necesitan del calor solar para mantener su actividad y temperatura corporal, y por eso prefieren las zonas abiertas como parcelas de cultivo, asentamientos humanos o pastizales, en el caso de algunos anfibios aprovechan la abundancia de alimento y formación de charcas temporales para su reproducción.

Esta investigación se realizó tomando en cuenta la época lluviosa (agosto a octubre), donde el dosel del bosque es más denso y por ende no permite la entrada de luz solar como en las zonas abiertas, además las especies

encontradas en estas zonas perturbadas están adaptadas a bordes de bosque y utilizan las zonas para tomar el sol, buscar alimento o reproducirse. De la época seca se tomaron los primeros meses (noviembre y diciembre) en donde el dosel del bosque aún no perdía el follaje y puede ser que al suceder esto, las especies (mayormente reptiles) entren al bosque seco, ya que las condiciones de hábitat se vuelven más favorables para estas.

Factores biológicos: Como la cantidad de depredación, competencia, disponibilidad de refugios y adaptabilidad de las especies, la herpetofauna registrada para las zonas perturbadas, encuentra una gran cantidad de refugios lo cual disminuye la posibilidad de la presa de ser depredada, pero aumenta la posibilidad de encontrar alimento para depredadores más especializados como el caso de los ofidios.

Factores externos: Principalmente la intervención humana, como el grado de perturbación del ambiente debido a la sobreexplotación de recursos o contaminación, afectan directamente la riqueza, diversidad y equitatividad, causando por lo general su disminución, aunque puede darse el caso contrario. En este sentido, uno de los factores que intervino, es la introducción de especies como ganado, el cual destruye el sotobosque, compacta el suelo y depredan algunas especies de herpetofauna, aplastándolas, por eso estas son obligadas a salir del bosque hacia las áreas más seguras como las zonas de cultivo, pastizales o casas de habitación, en busca de refugio.

Henríquez¹¹ (*Com. Pers*), menciona que en la réplica de uno de sus estudios, observó el aumento de algunas especies en zonas perturbadas a causa de la introducción de ganado en los bosques, otras especies como por ejemplo algunos ofidios, solo utilizan las zonas agrícolas como puente para desplazarse de un lugar a otro del bosque seco.

¹¹ Vladlen Henríquez Cisneros: Licenciado en Biología del Departamento de Ciencias para la Conservación, *SalvaNATURA*.

7.9. Selección de especies indicadoras.

Debido a que los anfibios son las especies más sensibles a los cambios, se consideran las más adecuadas para el monitoreo y evaluación de la salud de los ecosistemas, lo cual se confirma con el mayor número de especies y los puntajes más altos obtenidos por este grupo.

Las especies de anfibios seleccionadas como indicadoras de perturbación, están adaptadas a estas condiciones y su monitoreo consistirá en evaluar sus poblaciones para determinar variaciones no naturales, con el fin de detectar aumentos de estas dentro del bosque, lo cual nos indicaría que está sucediendo algún tipo de perturbación dentro de este ecosistema.

El monitoreo para el caso de los anfibios indicadores de hábitat poco alterado, de igual forma deberá ser enfocado en sus poblaciones y las variaciones no naturales que presenten, ya que una disminución de estas dentro del bosque nos indicaría que algo negativo está ocurriendo en el ecosistema.

Para el caso de las especies de lacertilios es un poco más complicada la selección de indicadores, ya que este grupo es más adaptable a las modificaciones de hábitats, pero de igual forma se seleccionaron las especies con el mayor puntaje.

El monitoreo de este grupo se debe realizar de la misma manera que los anfibios, o sea dirigido a evaluar sus poblaciones y variaciones no naturales, para el caso de las especies indicadoras de perturbación, un aumento de estas dentro del bosque nos indicará que se está dando algún tipo de problemática. Por el contrario, para el caso de las especies indicadoras del mantenimiento y regeneración del bosque, una disminución de sus poblaciones nos indicaría que está ocurriendo alguna problemática.

Por ende al monitorear estas especies indicadoras brindarán una alerta temprana cuando se presente alguna problemática ya sea natural o antropogénica y para evitar conclusiones erróneas deben acatarse algunas consideraciones, las cuales se describirán más adelante.

Para el grupo de ofidios no se seleccionaron especies indicadoras ya que ninguna alcanzó el puntaje requerido para ser seleccionada, pero no queriendo decir con esto que no son importantes, ya que todos los ofidios y algunas otras especies como la *Dermophis mexicanus*, *Kinosternon scorpioides*, *Corytophanes percarinatus*, *Ctenosaura similis*, *Mabuya unimarginata* son catalogados como especies vulnerables en sitios habitados por el hombre y por eso se proponen para ser utilizadas como indicadoras de la efectividad de manejo del ANP.

Esto puede lograrse llevando un registro año con año de las especies de ofidios encontradas muertas, con el fin de por ejemplo, evaluar la efectividad y eficacia de la educación ambiental impartida a los pobladores aledaños y actores locales, la cual debe ser un eje transversal en todo proceso de manejo de un Área Natural Protegida.

Para el caso de las especies clave, no se considera contar con la información suficiente sobre la interacción de las especies de herpetofauna con otros taxones de fauna, ni con la suficiente información del funcionamiento del ecosistema para seleccionar una o unas especies dentro de esta categoría.

Como especies modelo se proponen las especies *Corytophanes percarinatus*, *Craugastor loki* y la *Ninia sebae*, considerando que son las más populares, atractivas y carismáticas dentro de todas las especies registradas y además la especie *C. percarinatus*, es una especie endémica.

Como especies sombrilla es complicado establecer especies, ya que las registradas no requieren grandes cantidades de área ni amplios requerimientos de hábitats, pero pueden considerarse, de manera de proteger hábitats o especies con similares requerimientos, esto a nivel de la herpetofauna, a las especies *Craugastor loki* y *Lithobates maculatus* por ser especialistas de bosque ripario e indicadoras de hábitat poco alterado, las especies *Ameiva undulata*, *Sibon anthracops* y *C. percarinatus* por ser especialistas de hábitat de bosque e indicadoras de su mantenimientos y regeneración, además la especie *S. anthracops* es considerada endémica; y protegiendo a estas especies, se protegen a otras con similares requerimientos de hábitat.

7.10. Consideraciones especiales para el monitoreo de las especies indicadoras.

- La primera etapa del monitoreo de las especies indicadoras debe realizarse por lo menos durante dos años (tomando toda la época lluviosa y toda la época seca), con el propósito de determinar las tendencias poblacionales naturales de las especies seleccionadas como indicadoras y su preferencia de hábitats, esto para no caer en conclusiones erróneas durante el monitoreo de las poblaciones de estas especies.
- Para lograr lo anterior, debe tomarse en cuenta el número de avistamientos de individuos de cada especie monitoreada por día de muestreo (si se observan individuos fuera de la muestra tomada, se deben incluir dentro del día de muestreo, haciendo las respectivas observaciones de donde se encontró y su georeferenciación) para obtener así su frecuencia absoluta y calcular su frecuencia relativa (ver anexo 9), las precipitación y la temperatura promedio mensual.

- El método y la técnica de muestreo para el monitoreo debe estandarizarse y deben utilizarse transectos replicados por búsqueda intensiva y por hábitats, teniendo el cuidado de no sobre estimar las poblaciones, deberán tomarse datos como nubosidad, viento, fase lunar, puntos y marcación de transectos con GPS, etc. Para hacer un análisis más completo.
- Si por alguna razón no se pudiera realizar esta primera etapa, a continuación se muestra una tendencia natural preliminar de las poblaciones de las especies indicadoras seleccionadas, que se determinó durante la presente investigación, lo cual puede ser tomado como punto de partida para la elaboración y ejecución del sistema de monitoreo de indicadores biológicos para el ANP La Magdalena.

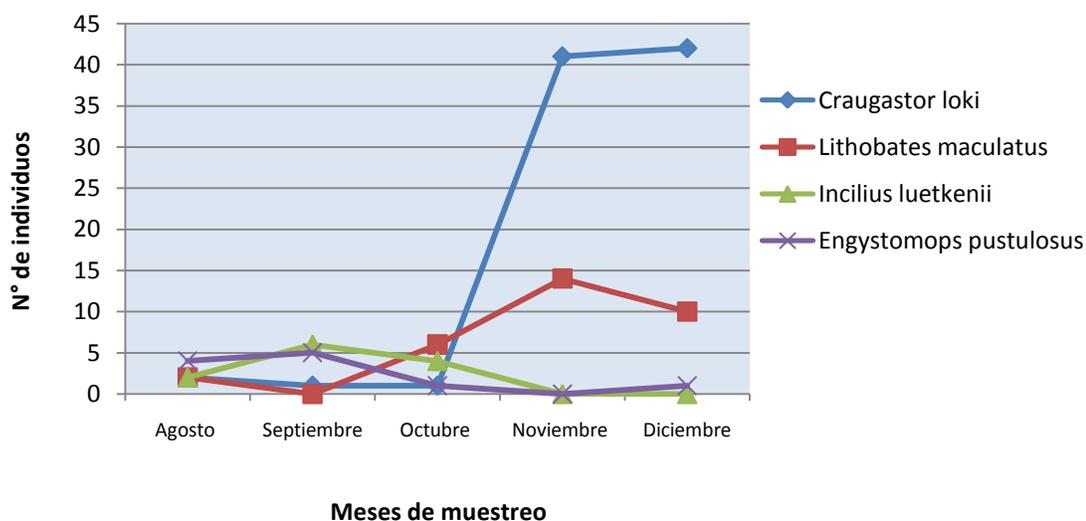


Figura 6. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena.

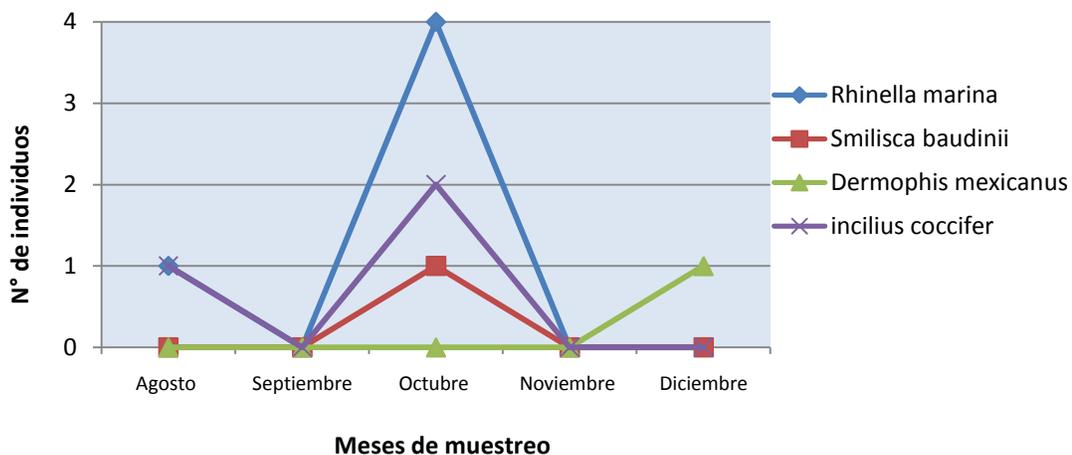


Figura 7. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo anfibios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena.

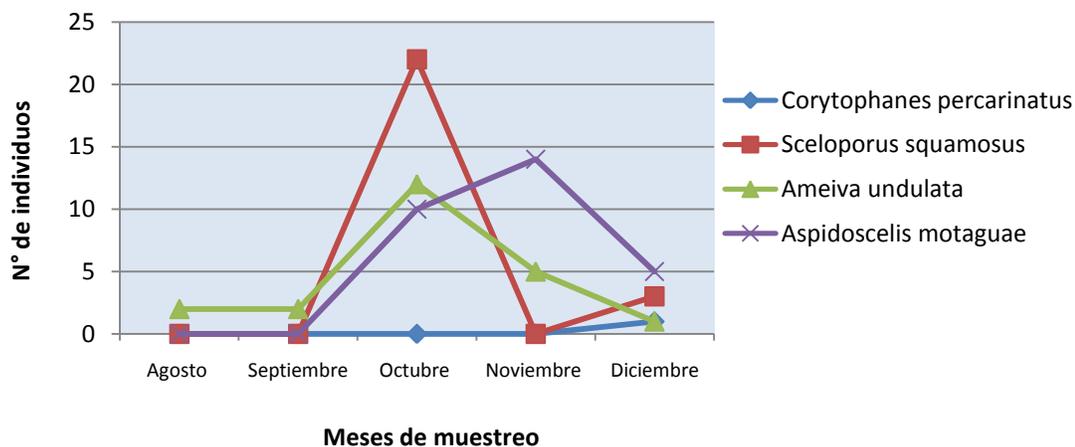


Figura 8. Tendencia natural preliminar de las poblaciones de especies del grupo lacertilios seleccionadas como indicadoras para el monitoreo en el ANP La Magdalena.

- Para la selección de las rutas de monitoreo deben tomarse en cuenta los criterios de selección de las especies indicadores, las características propias de cada una de ellas y la distribución de las especies determinada en esta investigación (ver anexo 3 y 4).
- Debe capacitarse al equipo de guarda recursos antes y durante la ejecución del monitoreo para lograr que ellos reconozcan las especies de herpetofauna (enfocándose en las especies indicadoras), tomen los datos respectivos de forma correcta y monitoreen el grupo ofidios para determinar la efectividad de la educación ambiental enfocada a la herpetofauna.
- Todas las etapas del monitoreo de indicadores biológicos, desde su elaboración hasta su ejecución, debe realizarse tomando en cuenta la opinión del equipo de guarda recursos y por lo menos debe estar a cargo un técnico especialista en herpetofauna, de igual manera si se incluirán otros taxones de fauna vertebrada.

8. CONCLUSIONES.

Basándose en los resultados obtenidos en esta investigación se concluye lo siguiente:

- Se registraron 41 especies de herpetofauna, que equivale al 31% del total de especies registradas para el país, tomando en cuenta los estudios previos la cantidad de registro de especies para el área sube a 54 equivalente a un 41% de las especies registradas para el país, lo cual posiciona al ANP La Magdalena entre las 3 áreas más ricas en especies de herpetofauna a nivel nacional.
- En estudios anteriores se registraron especies que no pudieron ser confirmadas ni registradas desde 2001, el escuerzo (*Agalychnis moreletii*), la rana leopardo (*Lithobates forreri*) y la iguana verde (*Iguana iguana*).
- Durante la fase de campo en un muestreo en el río El Jute se observaron casos de muerte de anfibios por causas desconocidas sin evidencia de algún ataque físico.
- En el ANP La Magdalena se observaron numerosas problemáticas causadas mayormente por la acción antropogénica, algunas por acción natural y otras debido a la falta de capacitación y creencias erróneas de los actores locales, siendo las más sobresalientes, contaminación de cuerpos de agua, cacería furtiva, avance de la frontera agrícola y falta de educación ambiental.
- En esta investigación se registraron 7 especies amenazadas de extinción a nivel nacional y una de estas se encuentra vulnerable de extinción a nivel mundial, lo cual aumenta la importancia de la protección de esta Área

Natural Protegida, además se reportan 6 especies nuevas para el área y 5 especies que son nuevos registros para el departamento de Santa Ana.

- De acuerdo a los estimadores de riqueza pueden ocurrir de 56 a 67 especies de herpetofauna, en la presente investigación se registraron 41, de las cuales 30 se esperaban para el área, faltando por registrar 10 especies generalistas esperadas, lo cual indica que al aumentar las investigaciones y el esfuerzo de muestreo pueden registrarse muchas más especies.
- Retomando el total de especies registradas para el área, se calculó el porcentaje de finalización del inventario de la herpetofauna, obteniendo como resultado un 93%, faltando por registrar 3 especies generalistas, la *Rhinoclemmys pulcherrima*, la *Leptodactylus melanonotus* y la *Drymarchon melanurus*, asumiendo que en búsqueda de estas especies puede registrarse muchas más.
- Retomando el total de especies registradas para el área, el porcentaje de finalización del inventario del grupo de las tortugas es del 50%, para el grupo de los anfibios es del 91%, el del grupo de los lacertilios es del 100%, pero aún pueden registrarse nuevas especies para este grupo ya que los estimadores de riqueza dicen que pueden ocurrir hasta 17 especies y para el grupo de ofidios es del 93%.
- Sin tomar en cuenta la equitatividad de las especies se observa que el hábitat con mayor riqueza de especies es las zonas perturbadas, pero aplicando el índice de equitatividad y riqueza de Simpson se obtuvo un resultado diferente ya que el hábitat más equitativo y por ende más rico pasa a ser el bosque ripario, le sigue las zonas perturbadas y por último el bosque seco.

- Como especies clave no se seleccionaron especies, ya que no se considera tener la información suficiente de las interacciones entre las especies de herpetofauna con otros taxones de fauna ni del funcionamiento del ecosistema.
- Como especies modelos se proponen 3 especies por ser las más populares, atractivas y carismáticas.
- Como especies sombrilla se proponen 5 especies de herpetofauna con el fin de proteger a otras más con similares requerimientos de hábitat.
- Como especies vulnerables se seleccionaron la *D. mexicanus*, *K. scorpioides*, *C. percarinatus*, *C. similis*, *M. unimarginata* y todo el grupo de ofidios, ya que todas estas especies son vulnerables en sitios habitados por el hombre.
- Se seleccionaron 13 especies de herpetofauna como indicadoras para el monitoreo, tomando en cuenta los criterios de selección establecidos y criterio complementario. Del grupo de los ofidios no se seleccionaron especies debido a que no alcanzaron el puntaje requerido para seleccionarse como especies indicadoras, con lo cual no se quiere decir que no son importantes ya que pueden ser utilizadas de otra manera útil.
- Se plantearon consideraciones especiales para el monitoreo de las especies indicadoras, esto con el fin de optimizar la creación y ejecución del sistema de monitoreo.

9. RECOMENDACIONES.

Basándose en los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda lo siguiente:

- Poner de manifiesto al momento de promover el área o gestionar proyectos para la conservación, la alta riqueza de especies de herpetofauna que tiene el área y la importancia de las especies a nivel ecosistémico, del país y mundial.
- Para posteriores estudios sobre herpetofauna en el área, se recomienda hacer un esfuerzo enfocado a la detección de las especies *Agalychnis moreletii*, *Lithobates forreri* y la *Iguana iguana*, para confirmar su ocurrencia en el área.
- A quien corresponda, gestionar fondos o investigaciones enfocadas hacia la problemática de muertes de anfibios por causas desconocidas evidenciada en esta investigación y se lleve un registro de especímenes encontrados muertos, esto para confirmar o descartar el ataque del hongo quitridio u otro agente infectocontagioso hacia estas especies presentes en el ANP La Magdalena.
- Para lograr una disminución representativa de las problemáticas, es necesario implementar programas integrales de educación ambiental específicos por cada problemática, intensivos y significativos. Buscar la solución más viable para cada problemática sin aislar las necesidades de la población hasta un punto aceptable. Formar alianzas con organizaciones locales y coordinar con la PNC para una protección más eficaz y con

cualquier otro de los actores locales involucrados en la restauración, protección y manejo del Área Natural Protegida la Magdalena.

- Llevar un registro año con año de las especies amenazadas de extinción, para conocer sus variables poblacionales y el estado de las mismas.
- De acuerdo con los nuevos registros para el área y para el departamento, los estimados de riqueza para los grupos de anfibios, tortugas, lacertilios y ofidios y sus porcentajes de finalización de los inventarios, es necesario gestionar y realizar más investigación sobre la herpetofauna para aumentar o finalizar sus inventarios y estabilizar sus curvas de acumulación.
- Para próximos estudios tomar en cuenta muestrear en ambas épocas del año, en los meses donde sus puntos sean más lluviosos y más secos respectivamente tomando en cuenta los factores físicos, biológicos y externos que puedan afectar la riqueza, abundancia y equitatividad de especies de herpetofauna en los hábitats muestreados, para confirmar o reajustar los resultados obtenidos en esta investigación aplicando el índice de equitatividad y riqueza de Simpson para cada uno de estos hábitats.
- Para obtener mayor información sobre la interacción de las especies y el ecosistema, se recomienda realizar más investigación en el ámbito del funcionamiento del ecosistema, de la biología de las especies de los diferentes taxones y de su composición, para así poder determinar cuáles son las especies claves para el ecosistema.
- Darle mayor realce a las especies propuestas como modelo en la promoción del ANP La Magdalena, esto si llegaran a utilizarse como tal.

- Utilizar las especies sombrillas para proteger muchas otras especies y sus hábitats a nivel de la herpetofauna.
- Realizar un registro de individuos asesinados año con año de las especies seleccionadas como vulnerables en sitios habitados por el hombre, con el fin de medir la eficacia de la educación ambiental y del manejo del ANP La Magdalena.
- Para la elaboración y ejecución del sistema de monitoreo de especies indicadoras, se recomienda tomar en cuenta las consideraciones especiales propuestas en esta investigación.
- Si por alguna razón, el/los encargados de la elaboración o ejecución del sistema de monitoreo plantean algún cambio de especies indicadoras o sobre la aplicación de estas, se recomienda consultar al ejecutor de esta investigación para discutir la validez de la justificación del cambio y evitar sesgos en el monitoreo.

10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

Alemán J. (2008). Caracterización de reptiles y percepción local hacia las serpientes en fincas ganaderas de la subcuenca del Río Copán, Honduras. En Programa de educación para el desarrollo y la conservación escuela de postgrado, extraído el 12 de marzo del 2009 desde <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2574e/A2574e.pdf>

Anónimo (2008). Protocolo detallado del monitoreo de indicadores biológicos Programa de monitoreo de biodiversidad zona de selva, Proyecto de Gas de Camisea-Upstream Pluspetrol Perú Co, extraído el 22 de marzo del 2009 desde <http://www.camisea.com.pe/downloads/BID2/08Protocolos%20detallados%20de%20Monitoreo%20de%20Indicadores%20Biologic.PDF>

Arcila, A. M. & F. H. Lozano-Zambrano (2003). Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. En introducción a las hormigas de la región neotropical Cap. 9, extraído el 8 de marzo del 2009, desde http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/cap_09_hormigas.pdf

Caceros Monzón E. (2008). Informe sobre la composición y estructura de la herpetofauna del ANP La Magdalena.

CATIE, MAG, DGRNR, PAES (2002). Protocolo de Investigación Para los Estudios Biológicos del Área Natural San Diego La Barra y Parque Nacional Montecristo en el Marco de la Formulación de los Planes de Manejo.

- CATIE-FIAES (2004). Diseño y operativización del Sistema de Monitoreo de Indicadores Biológicos del complejo Los Volcanes, en estudio de la herpetofauna del complejo Los Volcanes.
- Colwell, R. K. (2009). Estimación: estimación estadística de la riqueza de especies y las especies compartidas de las muestras. Versión 8.2. Guía del usuario y la aplicación publicado en: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- FIAES-ASAPROSAR (2006). Estudio de zonificación del Área Natural Protegida La Magdalena.
- Greenbaum, E. & O Komar, en prensa, (2009). Evaluación de los Anfibios y Reptiles de El Salvador.
- Henríquez Cisneros V. (2004). Propuesta de monitoreo de especies indicadoras; anfibios y reptiles en sector Los Andes, del Complejo Los Volcanes, departamento de Santa Ana, El Salvador.
- Henríquez V. & Ortíz J. (2007). Herpetofauna del Área Natural Protegida San Diego-La Barra.
- Herrera N., Henríquez V. & Greenbaum E. (2007). New Country and Department Records for Amphibians and Reptiles from El Salvador, by Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Herpetological Review, 38(2), 222-226.
- Ibarra R. (1998). Anfibios y reptiles del Complejo El Jocotal, IDEA-FIAES.
- Köhler G., Veselý M. & Greenbaum E. (2006). The Amphibians and Reptiles of El Salvador, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 238 páginas.

- Köhler G. (2008). Reptiles of Central America 2nd Edition, Offenbach, Alemania, Herpeton Verlag, 345 páginas.
- Manzanilla J. & Péfaur J (2000). Consideraciones sobre métodos y técnicas para el estudio de anfibios y reptiles, extraído el 7 de marzo del 2009, desde www.fororeptiles.org/foros/attachment.php?attachmentid=41858&d=1234590716
- MARN, PNUD & GEF (2001). Manual de inventarios de la Biodiversidad (MIB).
- MARN (2008). Listado de anfibios y listado de reptiles reportados para El Salvador, extraído el 19 de marzo del 2009 respectivamente desde <http://www.marn.gob.sv/uploaded/content/article/651378688.pdf>
<http://www.marn.gob.sv/uploaded/content/article/281624576.pdf>
- MARN (2009). Listado oficial de especies de fauna silvestre amenazadas o en peligro de extinción en El Salvador, diario oficial N° 103, tomo 383, extraído el 19 de enero del 2010 desde <http://www.marn.gob.sv/uploaded/content/article/1852162048.pdf>
- Márquez H. & M. Turcios (2006). Estudio básico de flora del ANP La Magdalena, Asociación Salvadoreña Pro-Salud Rural (ASAPROSAR)-FIAES. Santa Ana, El Salvador, págs. 14-17.
- Microsoft® Student 2006 [DVD]. Microsoft Corporation, 2005. Artículo " Reptil.", y artículo "Anfibio."
- Müller González D. (2009). Evaluación Ecológica Rápida, estudio de Herpetofauna del Área Natural Protegida Paraje Galán.

- Müller González D. (2010). Evaluación Ecológica Rápida, estudio de Herpetofauna del Área Natural Protegida Laguna El Jocotal, en el marco del diseño del sistema de monitoreo de indicadores biológicos.
- Pérez R. *et al.* (2005). Estudio básico de fauna del área natural protegida La Magdalena, págs. 3-10.
- Rodríguez & Dueñas C. (2001). Estudio de la fauna vertebrada del área natural protegida La Magdalena. Fundación para el Desarrollo Empresarial Comunitario (FUDEMCO). San Salvador, El Salvador. 27p.
- Sampieri R., Collado C., Lucio P. (2006). Metodología de la investigación, 4^{ta} ed. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de S.V. México.
- The Natural Conservancy (TNC) (1992). Evaluación Ecológica Rápida, Un Manual Para Usuarios De América Latina y el Caribe, edición preliminar, en Programa de Ciencias Para América Latina.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales UICN (2009). Lista Roja de Especies Amenazadas versión 2009.2. Descargado el 09 de febrero 2010 desde www.iucnredlist.org.

ANEXOS

Anexo 1: Listado 2009 (en prensa) de anfibios y reptiles registrados a nivel nacional

ANFIBIOS				
CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	
Amphibia	Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Dermophis mexicanus</i>	
	Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa heiroreias</i>	
			<i>Bolitoglossa salvinii</i>	
			<i>Bolitoglossa synoria</i>	
			<i>Oedipina taylori</i>	
			<i>Incilius canaliferus</i>	
	Anura	Bufonidae	<i>Incilius coccifer</i>	
			<i>Incilius ibarraii</i>	
			<i>Incilius luetkenii</i>	
			<i>Incilius valliceps</i>	
			<i>Rhinella marina</i>	
			Centrolenidae	<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>
			Craugastoridae	<i>Craugastor loki</i>
				<i>Craugastor rupinius</i>
			Hylidae	<i>Agalychnis moreletii</i>
				<i>Dendropsophus robertmertensi</i>
		<i>Plectrohyla guatemalensis</i>		
		<i>Plectrohyla psiloderma</i>		
		<i>Plectrohyla sagorum</i>		
		<i>Ptychohyla euthysanota</i>		
		<i>Ptychohyla salvadorensis</i>		
		<i>Scinax staufferi</i>		
		<i>Smilisca baudinii</i>		
		<i>Trachycephalus venulosus</i>		
		Leiuperidae		<i>Engystomops pustulosus</i>
		Leptodactylidae		<i>Leptodactylus fragilis</i>
			<i>Leptodactylus melanonotus</i>	
		Microhylidae	<i>Gastrophryne usta</i>	
	<i>Hypopachus barberi</i>			
	<i>Hypopachus variolosus</i>			
Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>			
	<i>Lithobates maculatus</i>			
Rhinophrynidae	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>			
REPTILES				
CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	
Reptilia	Crocodylia	Alligatoridae	<i>Caiman crocodilus</i>	
		Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	
	Testudines	Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i>	
			<i>Eretmochelys imbricata</i>	
			<i>Lepidochelys olivacea</i>	
	Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i>		
		Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	
			<i>Trachemys emolli</i>	
		Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	

		Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>
			<i>Staurotypus salvinii</i>
	Squamata		<i>Abronia montecristoi</i>
		Anguidae	<i>Celestus bivitatus</i>
			<i>Mesaspis moreletii</i>
		Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>
			<i>Coleonyx mitratus</i>
		Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>
		Gymnophthalmidae	<i>Gymnophthalmus speciosus</i>
			<i>Basiliscus vittatus</i>
		Iguanidae	<i>Corytophanes percarinatus</i>
			<i>Ctenosaura flavidorsalis</i>
			<i>Ctenosaura similis</i>
			<i>Iguana iguana</i>
		Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus tuberculatus</i>
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus malachiticus</i>
			<i>Sceloporus olloporus</i>
			<i>Sceloporus squamosus</i>
		Polychrotidae	<i>Anolis crassulus</i>
			<i>Anolis heterophilodotus</i>
			<i>Anolis macrophallus</i>
			<i>Anolis sericeus</i>
			<i>Anolis serranoi</i>
			<i>Anolis tropidonotus</i>
		Scincidae	<i>Mabuya unimarginata</i>
			<i>Mesoscincus managuae</i>
			<i>Sphenomorphus assatus</i>
		Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes albogularis</i>
			<i>Sphaerodactylus glaucus</i>
		Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>
			<i>Aspidoscelis deppii</i>
			<i>Aspidoscelis motaguae</i>
		Xantusiidae	<i>Lepidophyma smithii</i>
		Boidae	<i>Boa constrictor</i>
		Colubridae	<i>Coniophanes fissidens</i>
			<i>Coniophanes picievittis</i>
			<i>Conopsis concolor</i>
			<i>Crisantophis nevermanii</i>
			<i>Drymarchon melanurus</i>
			<i>Drymobius chloroticus</i>
			<i>Drymobius margaritiferus</i>
			<i>Enulius flavitorques</i>
			<i>Geophis fulvoguttatus</i>
			<i>Geophis rhodogaster</i>
			<i>Imantodes gemmistratus</i>
			<i>Lampropeltis triangulum</i>
			<i>Leptodeira annulata</i>
			<i>Leptodeira nigrofasciata</i>
			<i>Leptodeira septentrionalis</i>

			<i>Leptodrymus pulcherrimus</i>
			<i>Leptophis mexicanus</i>
			<i>Leptophis modestus</i>
			<i>Masticophis mentovarius</i>
			<i>Mastigodryas dorsalis</i>
			<i>Mastigodryas melanolomus</i>
			<i>Ninia espinali</i>
			<i>Ninia sebae</i>
			<i>Oxybelis aeneus</i>
			<i>Oxybelis fulgidus</i>
			<i>Pliocercus elapoides</i>
			<i>Rhadinaea godmani</i>
			<i>Rhadinaea kinkelini</i>
			<i>Rhadinaea montecristi</i>
			<i>Rhadinaea pilonaorum</i>
			<i>Scaphiodontophis annulatus</i>
			<i>Scolecophis atrocinctus</i>
			<i>Senticolis triaspis</i>
			<i>Sibon anthracops</i>
			<i>Sibon carri</i>
			<i>Sibon nebulatus</i>
			<i>Spilotes pullatus</i>
			<i>Stenorrhina freminvillii</i>
			<i>Tantilla armillata</i>
			<i>Tantilla brevicauda</i>
			<i>Tantilla taeniata</i>
			<i>Tantilla vermiformis</i>
			<i>Thamnophis fulvus</i>
			<i>Thamnophis proximus</i>
			<i>Trimorphodon quadruplex</i>
			<i>Tropidodipsas fischeri</i>
			<i>Tropidodipsas sartorii</i>
			<i>Micrurus nigrocinctus</i>
		Elapidae	<i>Pelamis platura</i>
		Leptotyphlopidae	<i>Leptotyphlops phenops</i>
		Loxocemidae	<i>Loxocemus bicolor</i>
		Typhlopidae	<i>Ramphotyphlops braminus</i>
			<i>Agkistrodon bilineatus</i>
		Viperidae	<i>Atropoides occiduus</i>
			<i>Cerrophidion godmani</i>
			<i>Crotalus simus</i>
			<i>Porthidium ophryomegas</i>

Anexo 2B. Boleta 2. Datos Ambientales y Georeferenciación del Sitio de Muestreo.

Información Ambiental				
Estacionalidad				
Topografía general	Montaña	Pie de Monte	Llanura	Otro
Topografía de sitio	Cima	Falda arriba	Falda abajo	Base
Altitud (msnm)				
Pendiente (%)				
Humedad				
Tipo de Vegetación				
Ambiente	Tipo			
	Hábitat			
	Microhábitat			
Información de Georeferenciación				
Departamento:			Fuente:	
Municipio:			Precisión/escala:	
Cantón:			Observaciones:	
Caserío:				
Latitud:				
Longitud:				
Sistema de referencia:				

Anexo 3. Matriz de selección de las especies indicadoras registradas en todos los estudios de herpetofauna realizados en el ANP La Magdalena.

	18 - Especie utilizada en otras áreas con condiciones ecológicas similares.	17 - Especialistas de hábitat.	16 - Vulnerable en sitios habitados por el hombre.	15 - vulnerable a nivel mundial.	14 - amenazada o en peligro de extinción a nivel nacional.	13 - Especie prioritarios para la conservación.	12 - Endemismo de la especie.	11 - Con taxa perteneciente a diferentes gremios o grupos funcionales.	10 - Con taxa de corto tiempo de regeneración.	9 - De ecología bien conocida.	8 - No sujeto de aprovechamiento.	7 - Relacionado con fenómenos ecológicos importantes (Indicador ecológico).	6 - Capaz de diferenciar entre ciclos naturales y antropogénica.	5 - De medición económica y sencilla (fácil de medir, coleccionar y calcular por no expertos)	4 - Relativamente independiente del tamaño de la muestra.	3- Que proporcione una evaluación continua de un amplio rango de perturbaciones.	2 - Ampliamente distribuida en el área a monitorear.	1 - suficientemente sensible para proveer una alerta temprana de los cambios.	especies	Total
<i>Dermophis mexicanus</i>	1		1	1	1	1		1		1	1	1	1	1		1		1	14	
<i>Incilius coocifer</i>	1		1					1	1	1		1	1	1		1			10	
<i>Incilius luetkenii</i>	1	1	1					1	1	1		1	1	1		1			12	
<i>Rhinella marina</i>	1	1	1					1	1	1		1	1	1		1			12	
<i>Trachycephalus venulosus</i>	1		1					1	1	1		1	1	1		1		1	10	
<i>Smilisca baudinii</i>	1		1					1	1	1		1	1	1		1			10	

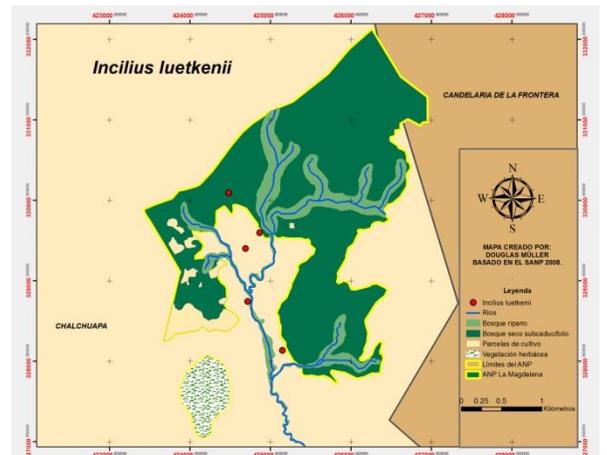
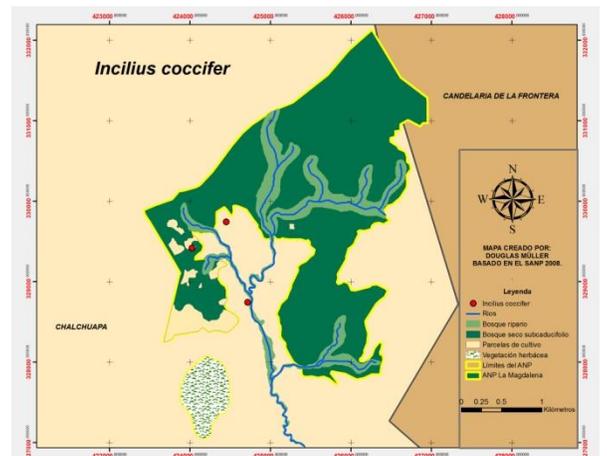
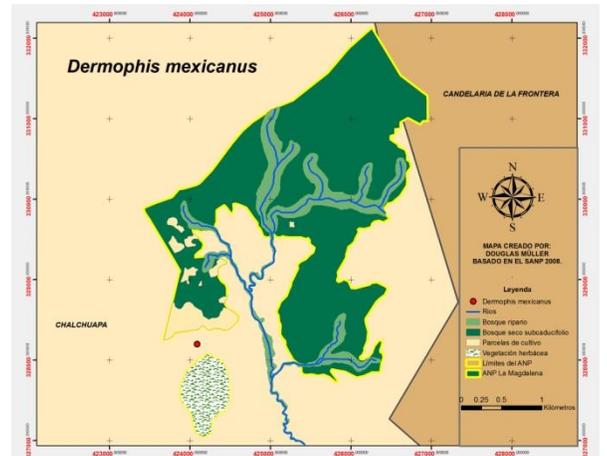
<i>Craugastor loki</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	13
<i>Engystomops pustulosus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	12
<i>Lithobates maculatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	13
<i>Kinosternon scorpioides</i>					1				1		1		1			1	1		6
<i>Gonatodes albogularis</i>					1		1	1	1		1								5
<i>Phyllodactylus tuberculatus</i>		1		1	1			1	1	1	1								7
<i>Basiliscus vittatus</i>		1		1	1		1	1	1	1	1						1		9
<i>Corytophanes percarinatus</i>	1				1			1	1		1	1	1	1		1	1		10
<i>Ctenosaura similis</i>					1		1		1		1		1		1				6
<i>Anolis sericeus</i>		1		1	1			1	1	1	1		1						8
<i>Sceloporus malachiticus</i>					1		1	1	1		1							1	6
<i>Sceloporus squamosus</i>		1		1	1		1	1	1	1	1						1	1	10
<i>Sceloporus olloporus</i>					1		1	1	1	1	1						1		7
<i>Mabuya unimarginata</i>		1		1	1			1	1		1					1			7
<i>Sphenomorphus assatus</i>	1						1	1	1		1						1		6
<i>Ameiva undulata</i>		1		1	1		1	1	1	1	1						1	1	10
<i>Aspidoscelis deppii</i>		1		1	1		1	1	1		1						1		8
<i>Aspidoscelis motaguae</i>		1		1	1		1	1	1		1	1					1	1	10
<i>Boa constrictor</i>									1	1	1		1			1			5
<i>Coniophanes piceivittis</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Conophis concolor</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Mastigodryas dorsalis</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Mastigodryas melanolomus</i>									1	1	1	1	1	1		1			7
<i>Drymobius margaritiferus</i>									1	1	1	1				1	1		6
<i>Lampropeltis triangulum</i>									1	1	1	1	1	1		1		1	8
<i>Leptodeira annulata</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Leptodymus pulcherrimus</i>									1	1	1	1	1	1		1			6
<i>Ninia sebae</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Oxybelis fulgidus</i>									1	1	1	1				1			5
<i>Stenorrhina freminvillii</i>									1	1	1	1				1			5

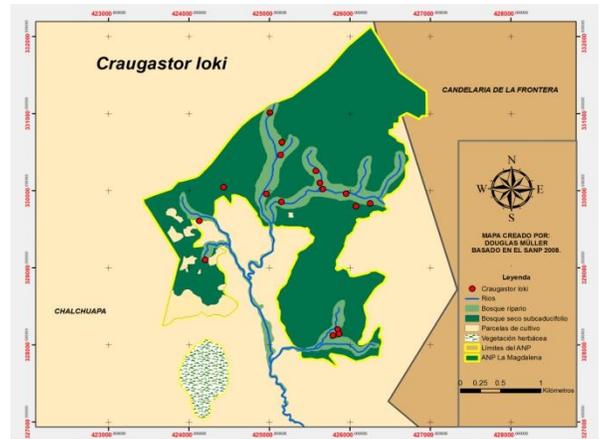
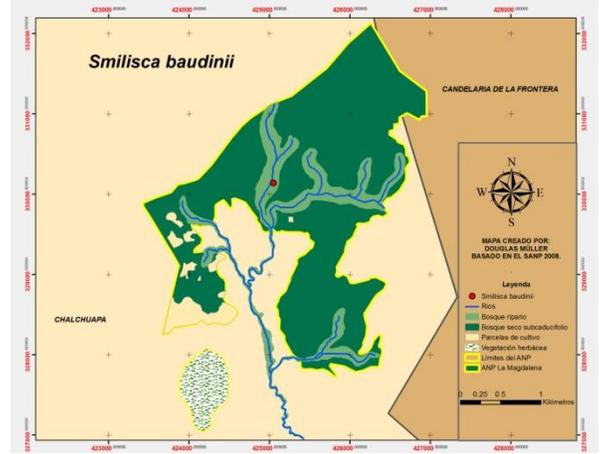
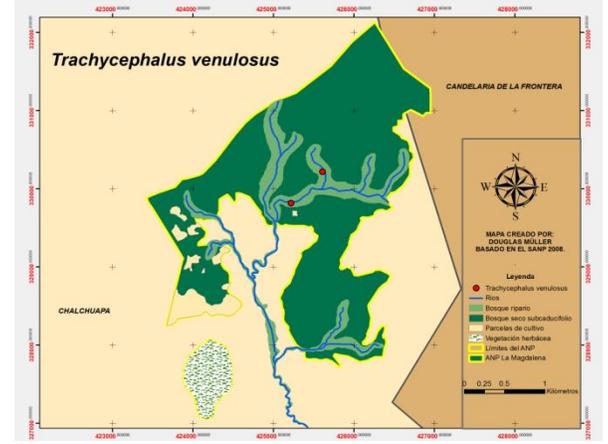
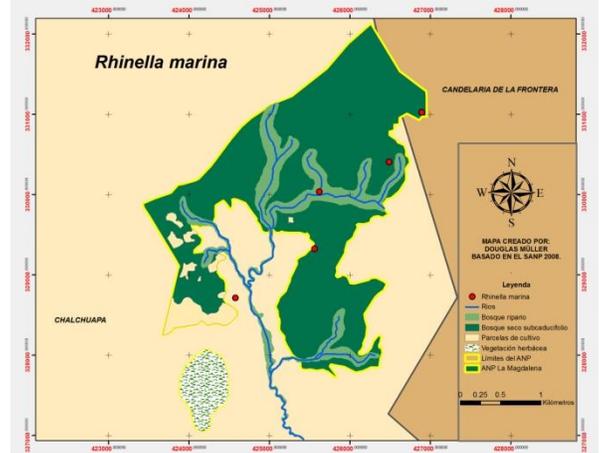
<i>Tantilla armillata</i>								1	1	1	1		1	1		1			7
<i>Trimorphodon quadruplex</i>								1	1	1	1					1		1	6
<i>Micrurus nigrocinctus</i>								1	1	1	1		1	1		1		1	8
<i>Leptotyphlops phenops</i>								1	1	1	1					1			5
<i>Crotalus simus</i>									1	1	1		1	1		1		1	7
<i>Oedipina taylori</i>	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1			13
<i>Scinax staufferi</i>	1		1		1	1	1	1	1	1	1								9
<i>Leptodactylus fragilis</i>	1		1		1	1	1	1	1	1	1								9
<i>Anolis serranoi</i>					1			1	1	1	1	1							6
<i>Masticophis mentovarius</i>								1	1	1	1					1			5
<i>Imantodes gemmistratus</i>								1	1	1	1		1			1			6
<i>Oxybelis aeneus</i>								1	1	1	1					1			5
<i>Senticolis triaspis</i>								1	1	1	1					1			5
<i>Sibon anthracops</i>								1	1	1	1	1	1	1		1			8
<i>Spilotes pullatus</i>								1	1	1	1					1			5

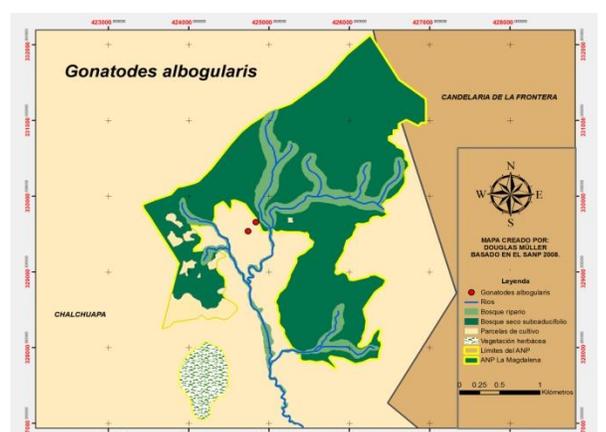
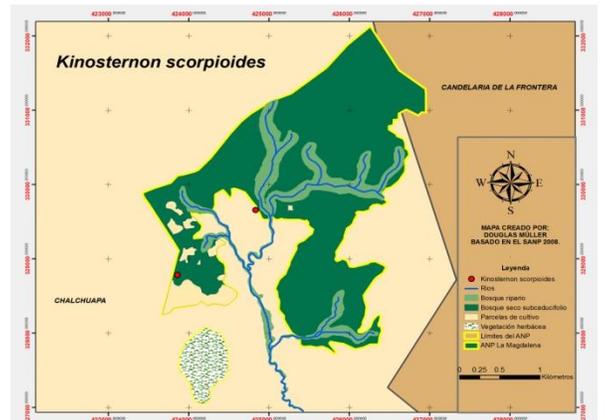
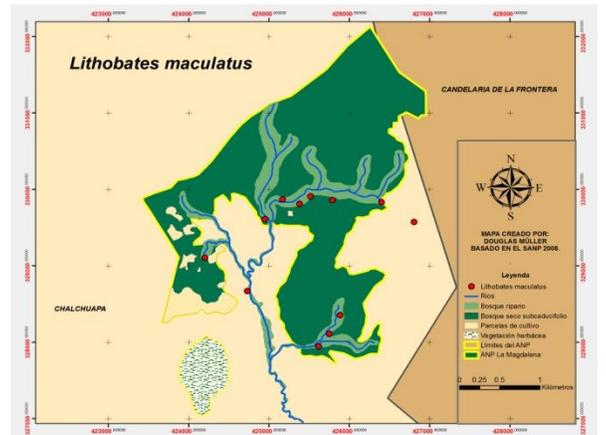
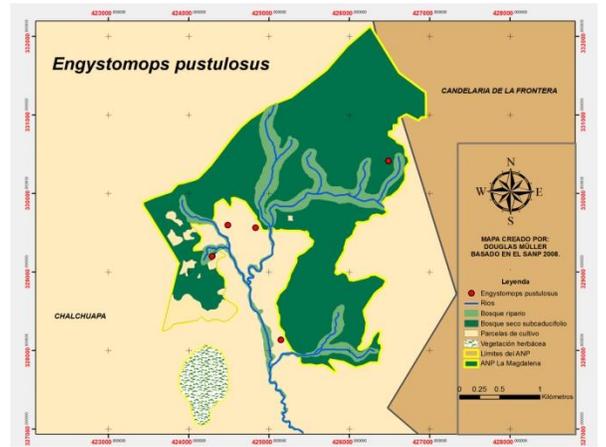
#= Especies seleccionadas como indicadoras.

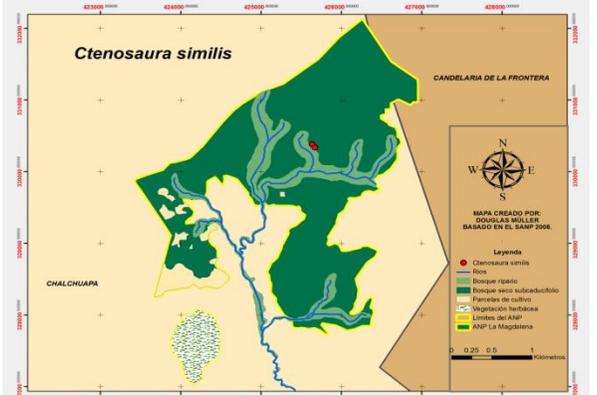
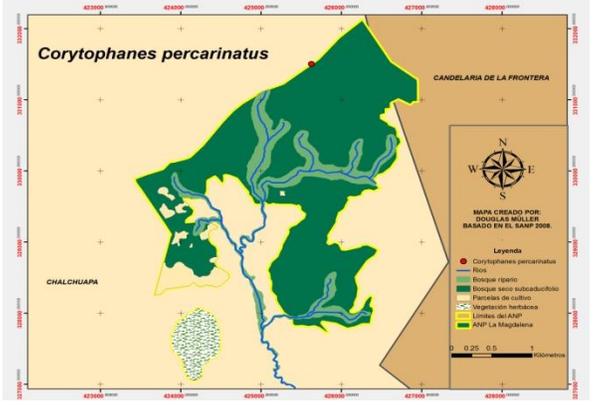
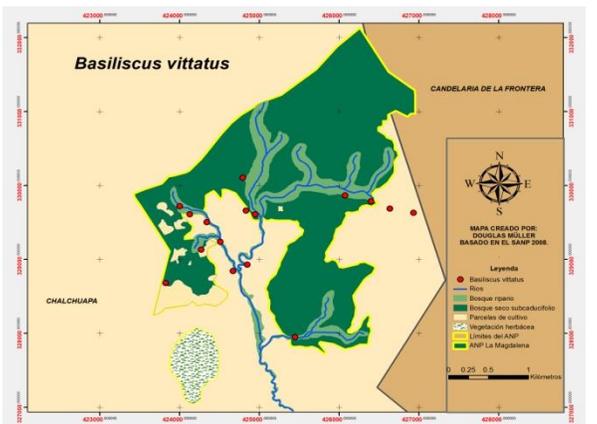
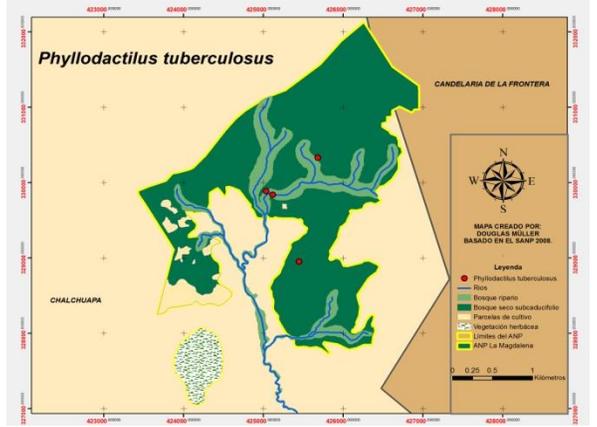
Especies de anfibios registradas para el Área Natural Protegida La Magdalena.	
Especies de tortugas registradas para el Área Natural Protegida La Magdalena.	
Especies de lacertilios registradas para el Área Natural Protegida La Magdalena.	
Especies de ofidios registradas para el Área Natural Protegida La Magdalena.	
Especies de herpetofauna registradas en estudios anteriores	
NOTA: No se incluyen los registros no confirmados.	

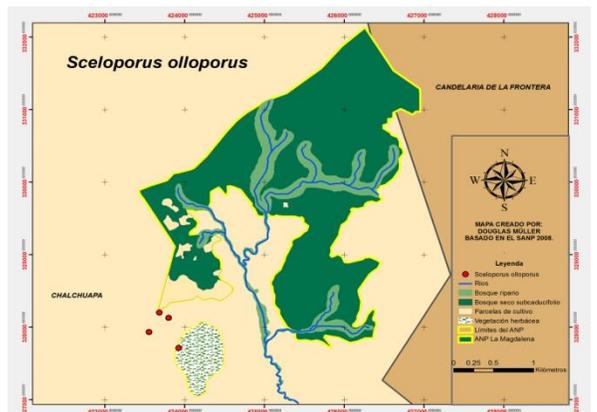
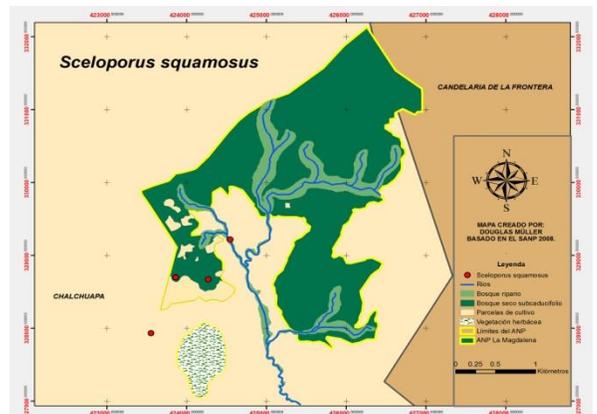
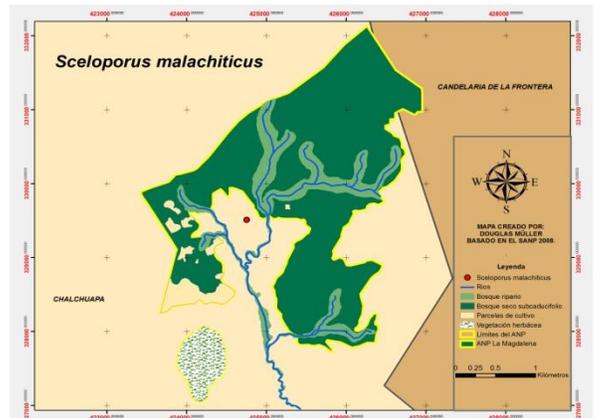
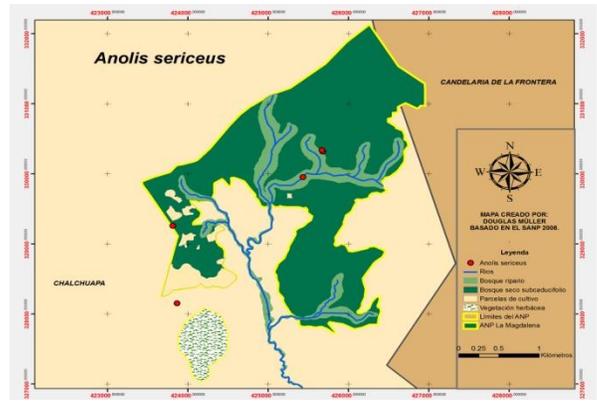
Anexo 4. Registro fotográfico y distribución de las especies de herpetofauna registradas durante la presente investigación en el ANP La Magdalena.

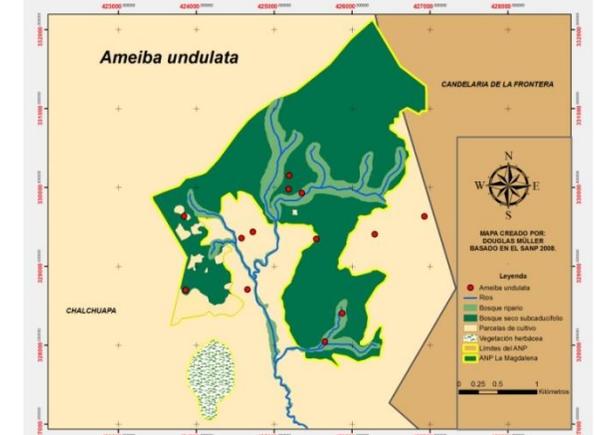
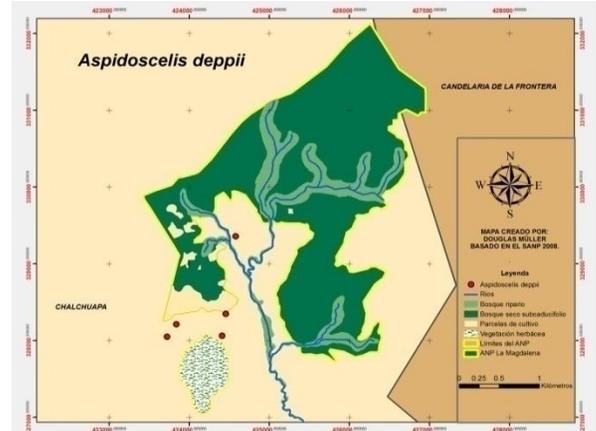
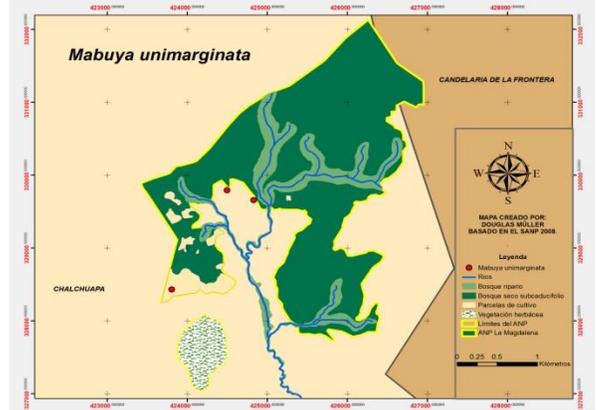
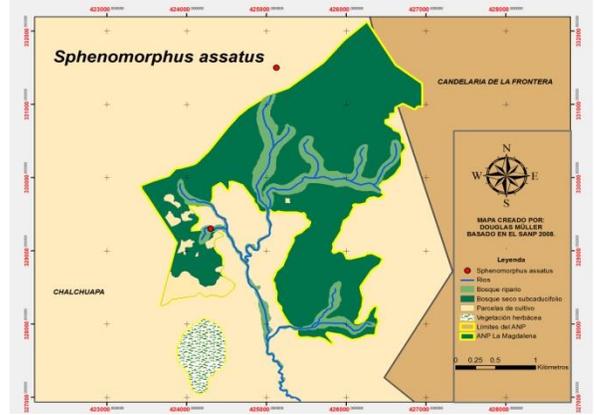


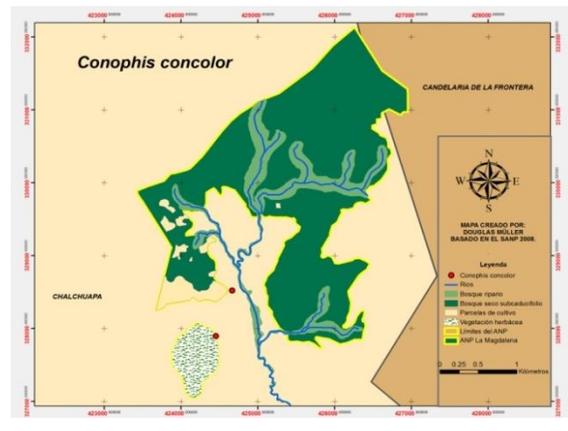
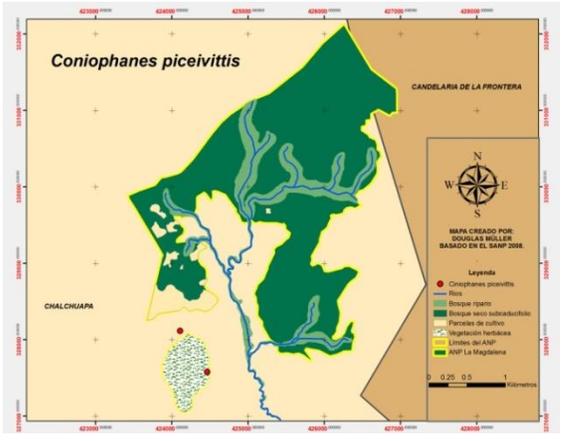
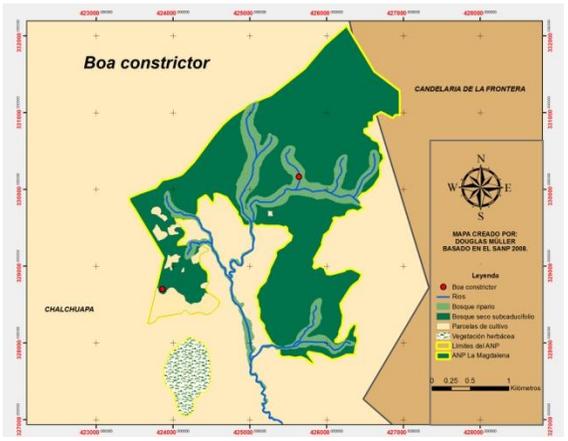
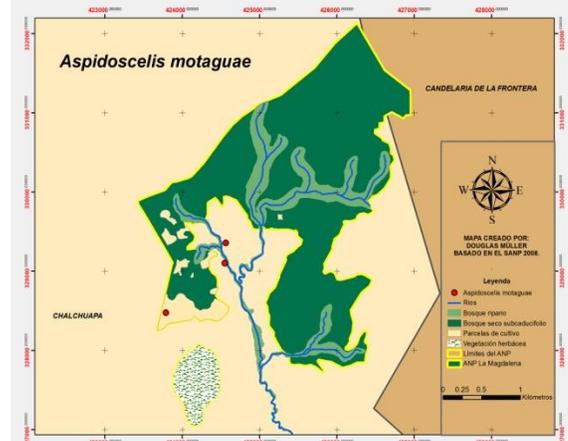


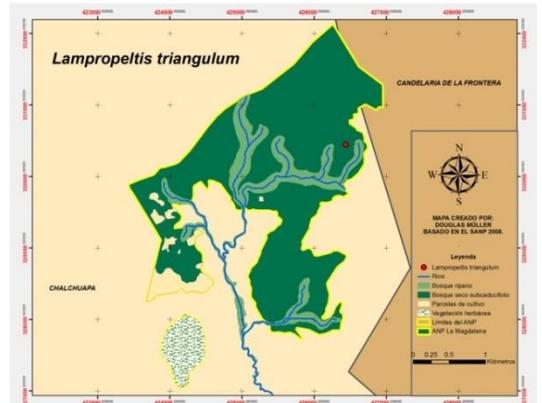
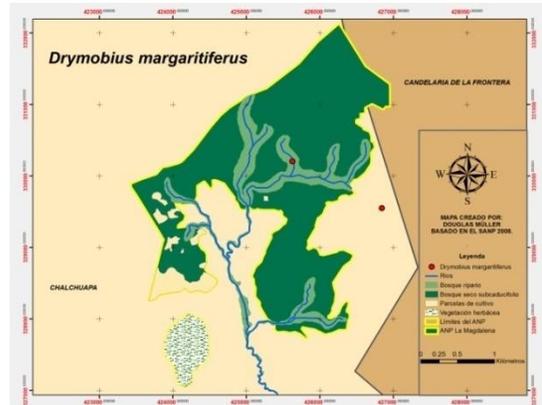
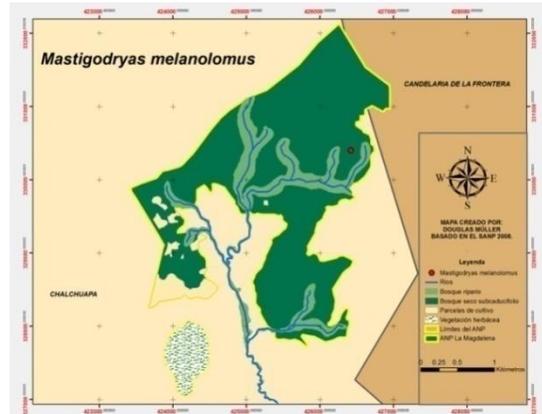
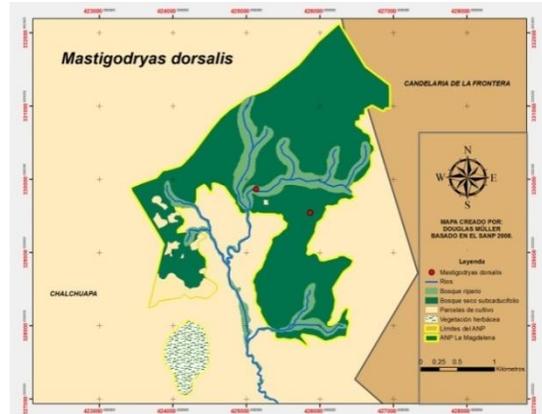
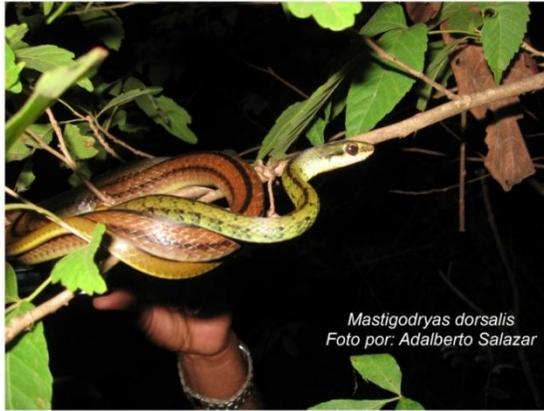


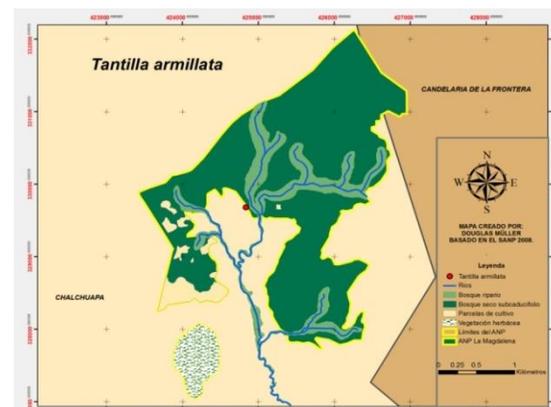
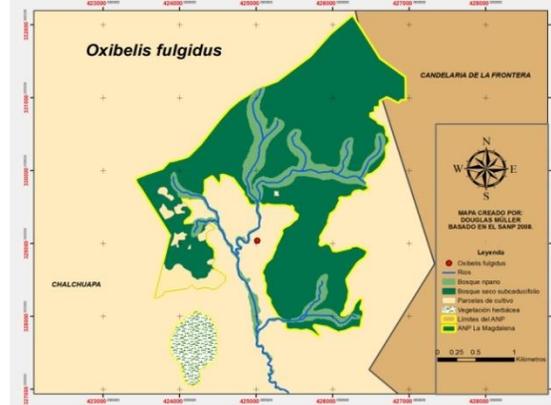
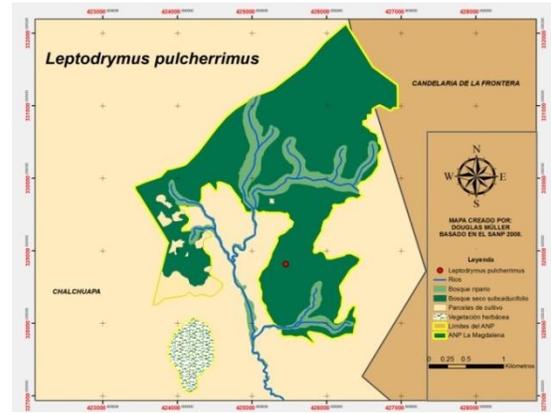
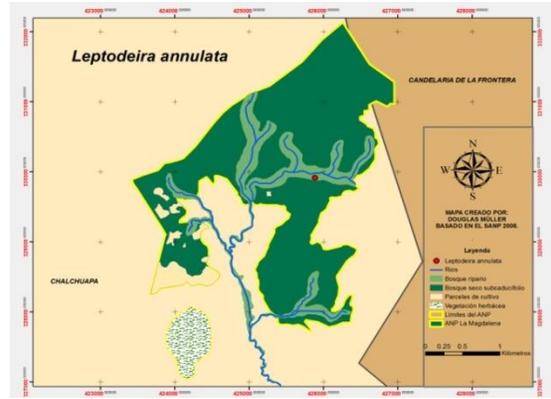
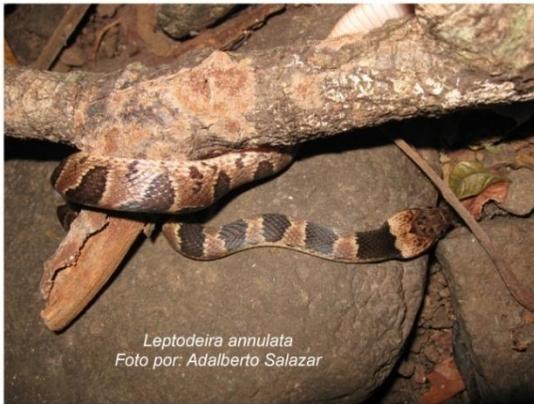


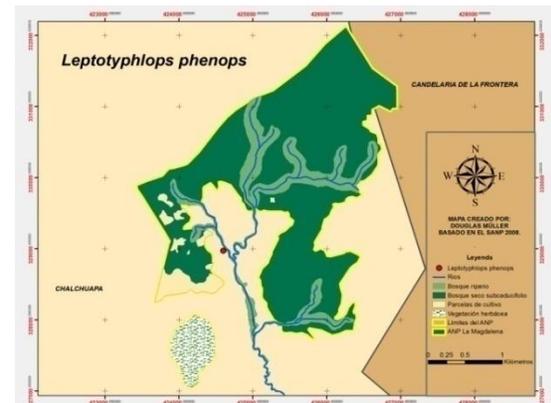
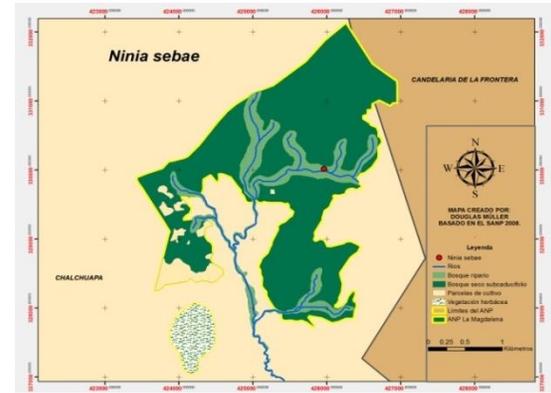
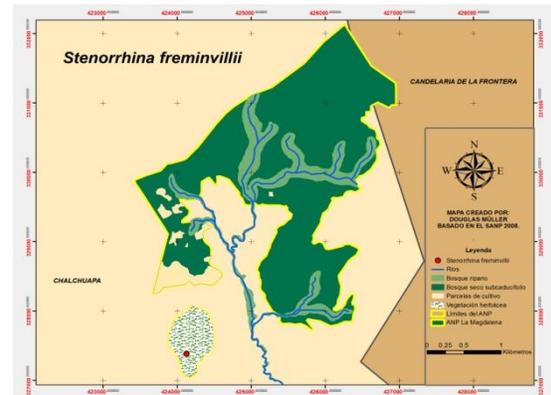
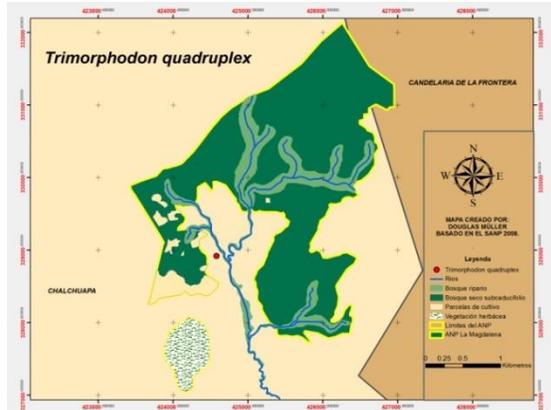


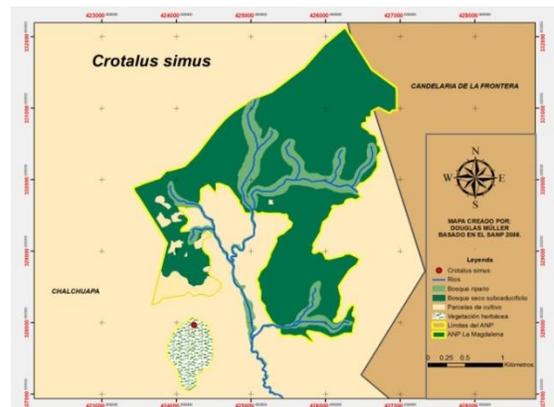
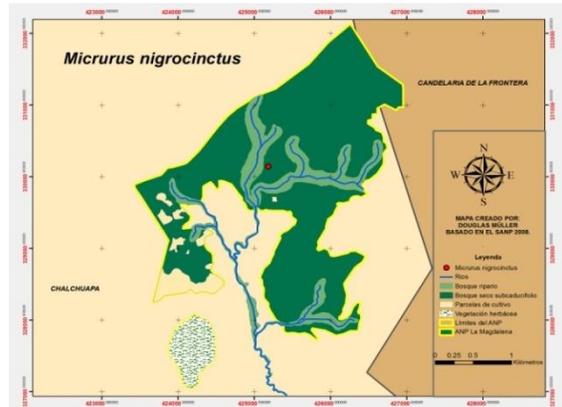




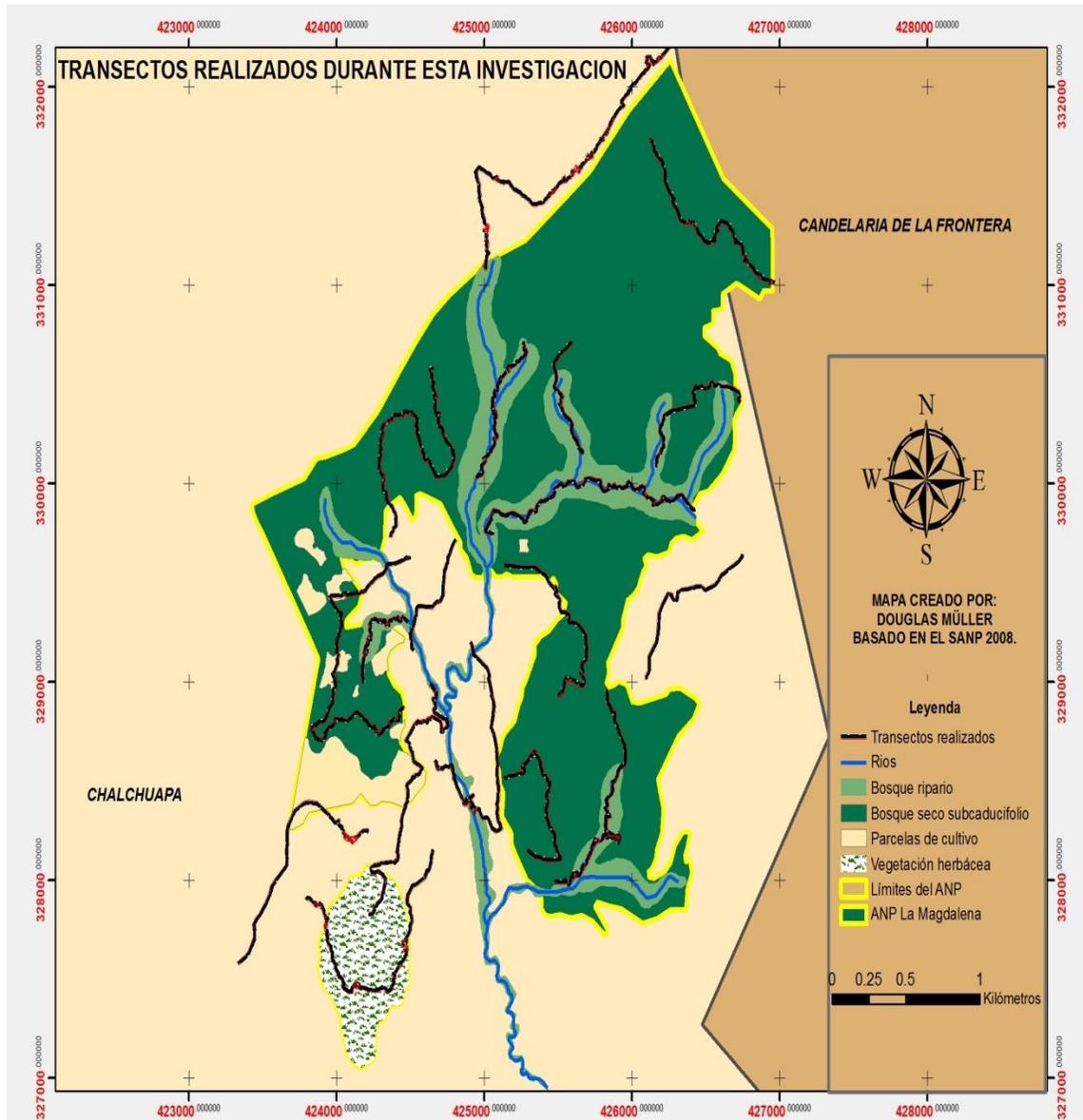








Anexo 5. Transectos realizados durante la fase de campo de esta investigación.



Anexo 6. Fotografías de las experiencias vividas durante la fase de campo de esta investigación.



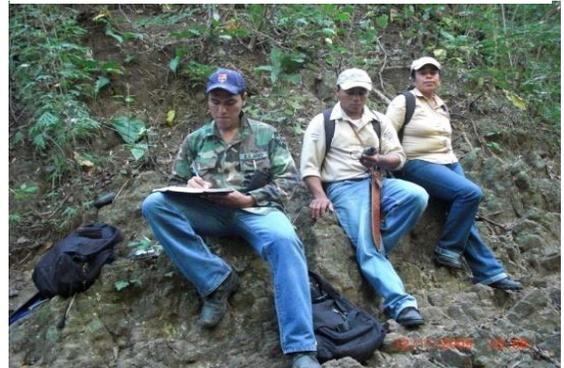
Fotografía 1: Apoyo en la búsqueda de especies de herpetofauna por parte de personas de la comunidad y guarda recursos.



Fotografía 2: Toma de datos ambientales y de georeferenci en recorridos diurnos



Fotografía 3: Capacitación sobre herpetofauna a miembros del equipo de guarda recursos durante la fase de campo.



Fotografía 4: Toma de datos ambientales y de georeferenci en recorridos diurnos con apoyo del equipo de guarda recursos.



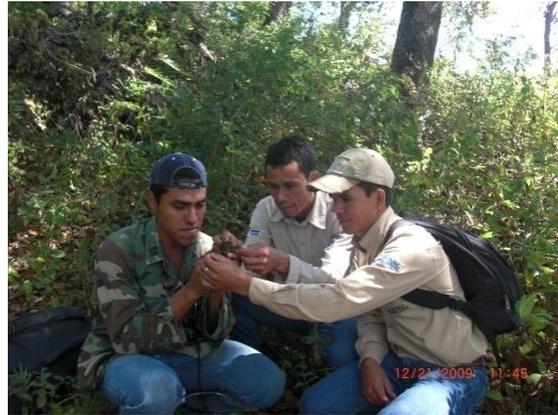
Fotografía 5: Parte del equipo involucrado en la realización de esta investigación.



Fotografía 6: Toma de datos ambientales y de georeferenci en recorridos nocturnos.



Fotografía 7: Capacitación y toma de datos taxonómicos de las especies, datos ambientales y de georeferenci en recorridos diurnos con apoyo del equipo de guarda recursos.



Fotografía 8: Capacitación sobre especies de herpetofauna a miembros del equipo de guarda recursos durante la fase de campo.



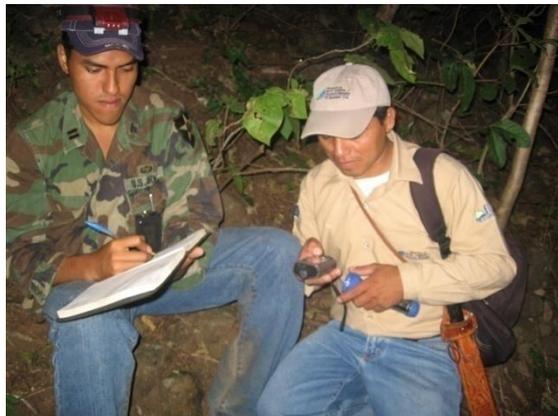
Fotografía 9: Parte del equipo de guarda recursos y el investigador principal en recorridos diurnos.



Fotografía 10: Paisaje observado desde la Laguneta en recorrido diurno.



Fotografía 11: Parte del equipo de guarda recursos y el investigador principal en recorridos diurnos.



Fotografía 12: Capacitación y toma de datos ambientales y de georeferenci en recorridos nocturnos con apoyo del equipo de guarda recursos.

Anexo 7: Problemáticas Ambientales identificadas en el ANP La Magdalena.

El área sufre una fuerte presión de los pobladores que habitan en las comunidades aledañas, las problemáticas identificadas durante esta investigación se mencionan a continuación:

- **Extracción de leña:** esta problemática se identificó en casi todos los sectores del Área Natural Protegida, la cual posiblemente es realizada por los pobladores para construcción, cocinar y para posteo de cercos.
- **Contaminación de cuerpos de agua:** Esta situación se detectó en varias zonas y ríos del ANP, donde los pobladores lavan ropa, contaminando así los ríos con detergentes alterando la calidad del ecosistema, algunos lo hacen por necesidad y otros por recreación.
- **Presencia de desechos sólidos:** este fenómeno se observó en muchas zonas del área, así como en ríos, los desechos sólidos más observados fueron botellas, bolsas plásticas, durapax, botes vacíos de pesticidas y herbicidas, esta basura también es arrastrada por la corriente hacia dentro del área en la época de lluvias.
- **Cacería furtiva de fauna:** se da en toda el área y se asume que quizá es a causa de las malas condiciones económicas de los pobladores que toman lo que les brinda el ANP como recurso para sobrevivir, pero también lo hacen como diversión a causa de la falta de educación ambiental. En el área se observó, extracción de jutes para consumo, caza de mamíferos como tacuacines y conejos, reptiles como garrobos, crustáceos como camarones, cangrejos y algunas aves. Lo cual no es un problema si se realiza a pequeña escala, lo que sí es un problema y también se observó en

el área es la extracción de recursos para venta, ya que el área no tiene la capacidad de producción a escala comercial.

- **Parcelas de cultivo dentro del área:** Esta situación se da debido a que dentro del ANP hay propiedades privadas en las cuales se cultivan granos básicos y en ocasiones se provocan incendios a causa de las malas prácticas agrícolas.
- **Pastoreo de animales de granja (caballos y vacas):** Esto se observó en muchas zonas del ANP, ya que los pobladores a pesar de estar sabedores que es un área protegida introducen el ganado para alimentarlo, este destruye el sotobosque, compacta el suelo y desplaza especies hacia otras zonas.
- **Presencia de perros dentro del área:** Esto es un problema, debido a que los perros son considerados como depredadores. Debido a la pobreza de la zona, los dueños no pueden alimentar a los perros y por eso son obligados a buscar otras alternativas para sobrevivir como la de entrar al ANP a cazar.
- **Ingreso de personas sin autorización al ANP:** Esta situación es una de la más evidente, debido a que el ANP tiene demasiados senderos por los cuales transitan las personas y no hay un control del ingreso de estas al área.
- **Incendios:** Este fenómeno ocurre por razones naturales y humanas, esta última se da debido a las malas prácticas agrícolas y por maldad. Cuando ocurre la quema de cañales, muchos animales que hacen su hogar en estos sistemas agrícolas debido a la abundancia de alimento son víctimas del fuego y de personas del lugar, ya que a causa de la desesperación por huir

de las llamas estos salen de sus refugios y son esperados por estas personas para ser capturadas o asesinadas para alimento, venta o como animales de compañía.

- **Prejuicio cultural hacia algunas especies:** Esta problemática refleja la necesidad de desarrollar planes de educación ambiental, ya que algunas especies de lacertilios y mayormente los ofidios, son asesinados por temor, por ignorancia o simplemente por diversión.
- **Falta de capacitación de guarda recursos:** Esto se pudo evidenciar durante la ejecución de la investigación y la capacitación debe ser una prioridad, ya que los guarda recursos son los responsables de la protección e interpretación de los procesos naturales que se dan en el ANP, y además ejecutores de algunas actividades que requieren de conocimiento, como la educación ambiental a los pobladores.

Anexo 8: Listado de las especies de herpetofauna generalistas esperadas para el ANP La Magdalena.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Caeciliidae	<i>Dermophis mexicanus</i>	Tepalcua
Bufonidae	<i>Incilius coccifer</i>	Sapo enano
	<i>Incilius luetkenii</i>	Sapo amarillo
	<i>Rhinella marina</i>	Sapo sabanero
Hylidae	<i>Trachycephalus venulosus</i>	Rana lechosa
	<i>Smilisca baudinii</i>	Rana arbórea común
	<i>Scinax staufferi</i>	Ranita de Stauffer
Leiuperidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	Sapito túngara
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Ranita de charco labio blanco
	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Ranita de charco común
Ranidae	<i>Lithobates maculatus</i>	Rana manchada
FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga candado, de caja
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga pintada
Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes albogularis</i>	Cantíl
Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Lagartija llorona, geko casero
Iguanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Tenguereche
	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo
Polychrotidae	<i>Anolis sericeus</i>	Lagartija amarilla, bebeleche
	<i>Anolis serranoi</i>	Anolis de serrano
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus malachiticus</i>	Talconete
	<i>Sceloporus squamosus</i>	Viejita
	<i>Sceloporus olloporus</i>	Lagartija espinosa común, viejita
Scincidae	<i>Mabuya unimarginata</i>	Salamanqueza
	<i>Sphenomorphus assatus</i>	Escíncido del bosque
Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Cochosa
	<i>Aspidoscelis deppii</i>	Corredor rayado
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Mazacuata
Colubridae	<i>Conopsis concolor</i>	Cotina común
	<i>Masticophis mentovarius</i>	Zumbadora
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Petatilla, ranera salpicada
	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falsa coral roja
	<i>Leptodeira annulata</i>	Ranera, escombrera común
	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla café
	<i>Senticolis triaspis</i>	Ratonera tropical común
	<i>Spilotes pullatus</i>	Chichicua
	<i>Stenorrhina freminvillii</i>	Alacranera, gargantilla rayada
<i>Trimorphodon quadruplex</i>	Zorcuata, serpiente lira	
	<i>Drymarchon melanurus</i>	Zumbadora de pestañas
Elapidae	<i>Micrurus nigrocinctus</i>	Coral verdadero, coralillo
Viperidae	<i>Crotalus simus</i>	Cascabel

**Anexo 9. Frecuencia absoluta y relativa de las especies registradas en el
Área Natural Protegida La Magdalena.**

Especies	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<i>Dermophis mexicanus</i>	1	0.33
<i>Incilius coccifer</i>	3	0.98
<i>Incilius luetkenii</i>	12	3.92
<i>Rhinella marina</i>	5	1.63
<i>Trachycephalus venulosus</i>	2	0.65
<i>Smilisca baudinii</i>	1	0.33
<i>Craugastor loki</i>	87	28.43
<i>Engystomops pustulosus</i>	11	3.59
<i>Lithobates maculatus</i>	32	10.46
<i>Kinosternon scorpioides</i>	2	0.65
<i>Gonatodes albogularis</i>	5	1.63
<i>Phyllodactylus tuberculatus</i>	4	1.31
<i>Basiliscus vittatus</i>	34	11.11
<i>Corytophanes percarinatus</i>	1	0.33
<i>Ctenosaura similis</i>	2	0.65
<i>Anolis sericeus</i>	5	1.63
<i>Sceloporus malachiticus</i>	1	0.33
<i>Sceloporus squamosus</i>	25	8.17
<i>Sceloporus olloporus</i>	6	1.96
<i>Mabuya unimarginata</i>	4	1.31
<i>Sphenomorphus assatus</i>	2	0.65
<i>Ameiva undulata</i>	22	7.19
<i>Aspidoscelis deppii</i>	9	2.94
<i>Aspidoscelis motaguae</i>	9	2.94
<i>Boa constrictor</i>	2	0.65
<i>Coniophanes piceivittis</i>	2	0.65
<i>Conophis concolor</i>	2	0.65
<i>Mastigodryas dorsalis</i>	2	0.65
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	1	0.33
<i>Drymobius margaritiferus</i>	1	0.33
<i>Lampropeltis triangulum</i>	1	0.33
<i>Leptodeira annulata</i>	1	0.33
<i>Leptodymus pulcherrimus</i>	1	0.33
<i>Ninia sebae</i>	1	0.33
<i>Oxybelis fulgidus</i>	1	0.33
<i>Stenorrhina freminvillii</i>	1	0.33
<i>Tantilla armillata</i>	1	0.33
<i>Trimorphodon quadruplex</i>	1	0.33
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	1	0.33
<i>Leptotyphlops phenops</i>	1	0.33
<i>Crotalus simus</i>	1	0.33
Total	306	100