



**Sistema Nacional de Áreas de Conservación
Ministerio del Ambiente y Energía
Área de Conservación Tortuguero**

***SISTEMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO INTEGRAL
PARA EL PARQUE NACIONAL TORTUGUERO***



Por: 
Onca Natural

**Abril, 2006
Pococí – Limón - Costa Rica**

“El contenido de la presente publicación es responsabilidad del autor y no compromete a la Comisión Europea”



CRÉDITOS

Coordinación Técnica y Edición ONCA NATURAL S.A	Fernando Bermúdez A.
Coordinación Técnica ACTo	Carlos Calvo y Magally Castro
Consultores	José Manuel Mora B. Clemens Ruedert-IRET Carlos Hernández H. Fernando Bermúdez A.
Financiamiento	Unión Europea, Proyecto COBODES
Fotografías	Fernando Bermúdez (varias) Magally Castro (huellas) Eduardo Carrillo (jaguar) Sebastián Troeng (varias) Parque Nacional Everglades-USA (manatí) Jim Clare (lapa verde) Parque Nacional Tortuguero (varias)

Índice de contenido

?	Tema	Pág.
Capítulo I	Introducción	1
1.1	Presentación	1
1.2	Propósito de la investigación y monitoreo integral	2
1.3	Objetivos de la investigación y monitoreo integral	2
Capítulo II	Marco Institucional y Legal para la Investigación y el Monitoreo	3
2.1	Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC	3
2.1.1	Políticas y directrices del SINAC para la investigación y el monitoreo en el Parque Nacional Tortuguero	6
2.1.2	Marco legal para la investigación y monitoreo	8
2.2	Área de Conservación Tortuguero-ACTo	10
2.3	El Parque Nacional Tortuguero-PNT	11
2.3.1	Características generales	11
2.3.2	Problemática ambiental del Parque Nacional Tortuguero y zonas aledañas	16
Capítulo III	Marco Conceptual para la Implementación de un Sistema de Investigación y Monitoreo Integral Aplicado al Manejo del Parque Nacional Tortuguero	20
3.1	El monitoreo biológico	20
3.1.1	Seguimiento (monitoreo) y evaluación de la biodiversidad	22
3.1.1.1	Monitoreo general	22
3.1.1.2	Monitoreo de Indicadores Biológicos	22
3.1.1.3	Monitoreo de índices	25
3.1.2	Monitoreo de fauna	26
3.1.2.1	Monitoreo de aves	30
3.1.2.2	Monitoreo de mamíferos	30
3.1.2.3	Monitoreo de murciélagos	31
3.1.2.4	Monitoreo de anfibios y reptiles	32
3.1.2.5	Monitoreo de insectos acuáticos	38
3.1.2.6	Monitoreo de peces	39
3.1.3	Monitoreo de vegetación	39
3.1.4	Monitoreo del agua	40
3.2	Monitoreo de la gestión del Parque Nacional Tortuguero	42
3.3	Monitoreo de las actividades de los visitantes en el PNT	45
Capítulo IV	La Investigación y Monitoreo Integral Aplicado al Manejo del Parque Nacional Tortuguero y su Entorno	47
4.1	Investigación científica y estudios técnicos para el PNT	47
4.1.1	Orientación de la investigación en el PNT y alrededores	47
4.2	Indicadores para el monitoreo integral del PNT	52
4.2.1	Monitoreo de anfibios y reptiles	52

?	Tema	Pág.
4.2.2	Monitoreo de aves	54
4.2.3	Monitoreo de mamíferos	55
4.2.4	Monitoreo de plantas	58
4.2.5	Monitoreo de insectos acuáticos	58
4.2.6	Monitoreo de peces de agua dulce	59
4.2.7	Monitoreo del sistema hídrico de Tortuguero	59
4.2.7.1	Sitios para realizar los muestreos	59
4.2.7.2	Procedimiento para coleccionar las muestras de agua	60
4.3	Monitoreo del impacto de las actividades del visitante en el PNT	60
4.3.1	Monitoreo en el sendero terrestre El Gavilán	61
4.3.2	Monitoreo en el sendero acuático río Tortuguero	62
4.3.3	Monitoreo en el sendero acuático caño Harold	63
4.3.4	Monitoreo en el sendero acuático caños Mora y Chiquero	64
4.3.5	Monitoreo en el sendero acuático caño Aguas Negras	65
4.3.6	Monitoreo en el sendero acuático caño California	66
4.3.7	Monitoreo en la Playa Pública Comunidad de Barra del Tortuguero, Playa Sector Cuatro Esquinas y Playa Sector Jalova del PNT	67
4.3.8	Monitoreo de la satisfacción del visitante	67
4.4	Monitoreo de la gestión	68
4.5	Mecanismos y recursos para el desarrollo de la investigación y monitoreo en el PNT	68
4.5.1	Infraestructura	68
4.5.2	Equipo y materiales necesarios para implementar el Sistema de Investigación y Monitoreo	69
4.5.3	Personal para la investigación y monitoreo	69
4.5.4	Administración de la información	71
4.5.5	Divulgación	71
Capítulo V	Bibliografía Consultada y Anotada	72
	Anexos	76

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación.

El Parque Nacional Tortuguero (PNT) es un área protegida establecida en 1975 mediante Ley de la República, con el propósito de conservar especies de flora y fauna en peligro de extinción y ecosistemas representativos de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical, en el Caribe norte costarricense.

Lo significativo de las especies presentes en el parque como por ejemplo la tortuga verde (*Chelonia mydas*) que llega a desovar todos los años en sus playas entre junio y setiembre, y la belleza escénica del lugar compuesta por bosque lluvioso, ríos, lagunas y caños, han hecho de este parque nacional un importante destino turístico principalmente para el turismo internacional, situación muy importante para la comunidad de Barra del Tortuguero que vive económicamente de la actividad turística, actividad que si no se maneja correctamente podría alterar seriamente los recursos por los cuales se estableció el parque.

Por otra parte, el avance de la frontera agrícola y actividades ilegales como la pesca, la cacería y la tala ilegal, ponen en peligro el cumplimiento de los objetivos de conservación de esta área protegida. El Parque Nacional Tortuguero, prácticamente está quedando aislado biológicamente del entorno regional, solo con el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado al norte, existe una conexión biológica real.

Aún cuando la administración estatal ha dedicado incontables recursos financieros, materiales, humanos y tecnológicos para el manejo del mismo, es difícil asegurar que la biodiversidad presente en el parque, se encuentra en buen estado de salud. Por lo anterior, se propone un sistema de seguimiento (monitoreo) y evaluación, utilizando indicadores biológicos e indicadores de desempeño (gestión), para contar con una herramienta que genere información continua sobre el estado de conservación de los recursos protegidos en el parque y de soporte técnico a la toma de decisiones de manejo de los recursos.

Esta propuesta, está compuesta por un conjunto de indicadores biológicos para medir las condiciones o estado de salud del ecosistema terrestre y acuático; indicadores de medición de la gestión que es una estrategia ya utilizada como política oficial del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, e indicadores que permiten medir las actividades de los visitantes en los sitios de visita autorizados en la Zona de Uso Público del parque. Cada uno de los indicadores propuestos, cuenta con su respectivo procedimiento de medición o protocolo.

1.2 Propósito de la Investigación y Monitoreo Integral.

Proporcionar información permanente y oportuna acerca de los recursos naturales que protege el Parque Nacional Tortuguero y sus alrededores, que permita tomar mejores decisiones de manejo.

1.3 Objetivos de la Investigación y Monitoreo Integral.

- a. Determinar la abundancia relativa de las poblaciones de las especies de flora y fauna que se consideran indicadores biológicos de la salud de los ecosistemas presentes en el PNT.
- b. Dar seguimiento a las especies de flora y fauna cuyas poblaciones se encuentren en peligro de extinción, amenazadas o bajo fuertes presiones.
- c. Valorar la presencia de plaguicidas y eventos de mortalidades de peces y otra fauna acuática, indicadores de contaminación sobre los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional Tortuguero y alrededores.
- b. Monitorear el deterioro de las condiciones normales de los recursos naturales que son los atractivos sujetos de visita en el PNT.
- c. Evaluar la gestión administrativa del Parque Nacional Tortuguero.



CAPÍTULO II

MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL MONITOREO

2.1 Sistema Nacional de Áreas de Conservación¹ (SINAC).

El SINAC es una organización que depende del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y cuya responsabilidad es la administración, regulación y promoción de los recursos naturales y el ambiente del país. Se establece operativamente en 1995 como resultado de la integración de las organizaciones responsables de la administración de los recursos naturales en ese momento, como fueron el Servicio de Parques Nacionales (SPN), la Dirección General Forestal (DGF) y la Dirección de Vida Silvestre (DVS).

Esta integración tiene como propósito descentralizar y regionalizar el manejo de los recursos naturales e involucrar los diferentes sectores que conforman la sociedad costarricense para que participen en la toma de decisiones pertinentes. En 1988 con la promulgación de la Ley de Biodiversidad 7788, este nuevo modelo de gestión quedó establecido legalmente.

Para cumplir con su misión, el SINAC ha definido tres grandes áreas estratégicas de gestión: Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas, Gerencia de Planificación y Desarrollo Institucional, y Gerencia de Manejo de Recursos Naturales.

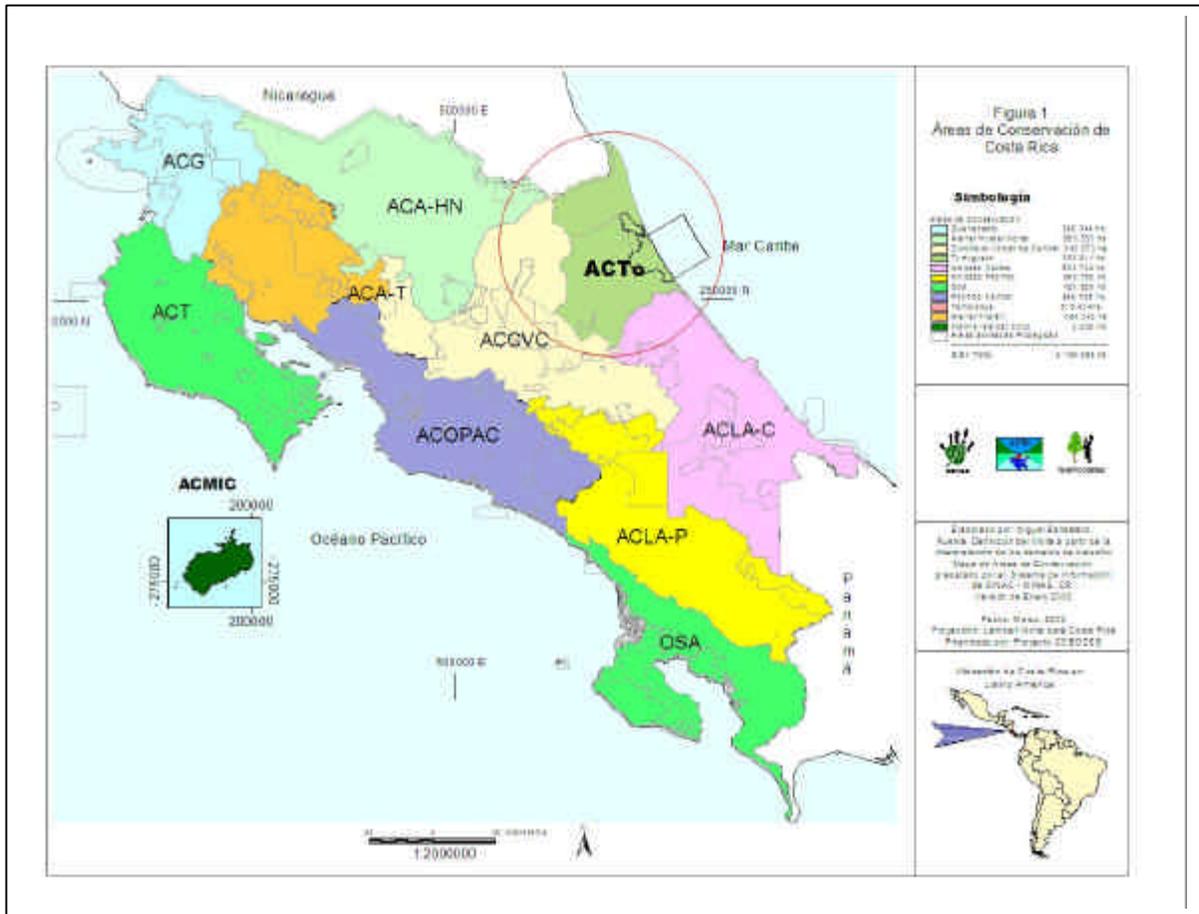
Estas áreas estratégicas son ejecutadas en el país, en once (11) áreas de conservación (**Cuadro 1** y **Figura 1**), en las que mediante diversas acciones se atienden los diferentes servicios que demanda la sociedad en materia de áreas silvestres protegidas, recursos forestales y vida silvestre.

Cuadro 1
Áreas de Conservación de Costa Rica

Nombre	Siglas
Área de Conservación Arenal Huetar Norte	ACA-HN
Área de Conservación Pacífico Central	ACOPAC
Área de Conservación La Amistad Caribe	ACLA-C
Área de Conservación La Amistad Pacífico	ACLA-P
Área de Conservación Osa	ACOSA
Área de Conservación Cordillera Volcánica Central	ACCVC
Área de Conservación Arenal Tempisque	ACA-T
Área de Conservación Marina Isla del Coco	ACMIC
Área de Conservación Tortuguero	ACTo
Área de Conservación Guanacaste	ACG
Área de Conservación Tempisque	ACT

Fuente: SINAC, 2003.

¹ Tomado del Plan de Manejo, 2004.



Un tema definido por el SINAC como prioritario y estratégico para el desarrollo del país es la planificación y el manejo de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) que tiene bajo su administración, actividad regida por el sistema de categorización que tiene Costa Rica para esas áreas, el cual guía el manejo de acuerdo con los recursos existentes en ellas y los usos permitidos de tales recursos.

La legislación costarricense establece que el MINAE es quien tiene la potestad de constituir las áreas silvestres protegidas y clasificarlas según sus objetivos de creación (Ley Orgánica del Ambiente 7554,1995). Estas categorías de manejo van desde los usos muy restringidos, como es el caso de la reserva biológica, que permite únicamente actividades de investigación y de educación ambiental (usos indirectos), hasta el refugio de vida silvestre o reserva forestal, en donde se permiten usos múltiples como la investigación, el turismo, la pesca, el manejo del bosque, la agricultura, la actividad turística y la ganadería, entre otros (usos directos).

El establecimiento, la conservación, la administración, el desarrollo y la vigilancia de las ASP tendrán como objetivos los siguientes (Ley Orgánica del Ambiente, 1995):

- ✓ Conservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.

- ✓ Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva, particularmente las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.
- ✓ Asegurar el uso sostenible de los ecosistemas y sus elementos, fomentando la activa participación de las comunidades vecinas.
- ✓ Promover la investigación científica, el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, así como el conocimiento y las tecnologías que permitan el uso sostenible de los recursos naturales del país y su conservación.
- ✓ Proteger y mejorar las zonas acuíferas y las cuencas hidrográficas, para reducir y evitar el impacto negativo que puede ocasionar su mal manejo.
- ✓ Proteger los entornos naturales y paisajísticos de los sitios y centros históricos y arquitectónicos, de los monumentos nacionales, de los sitios arqueológicos y de los lugares de interés histórico y artístico de importancia para la cultura y la identidad nacional.

Las categorías de manejo definidas en la legislación costarricense (Ley Orgánica del Ambiente 7554, 1995) son las siguientes:

⇒ Reservas biológicas	⇒ Reservas forestales
⇒ Monumentos naturales	⇒ Zonas protectoras
⇒ Parques nacionales	⇒ Refugios de vida silvestre
⇒ Humedales	

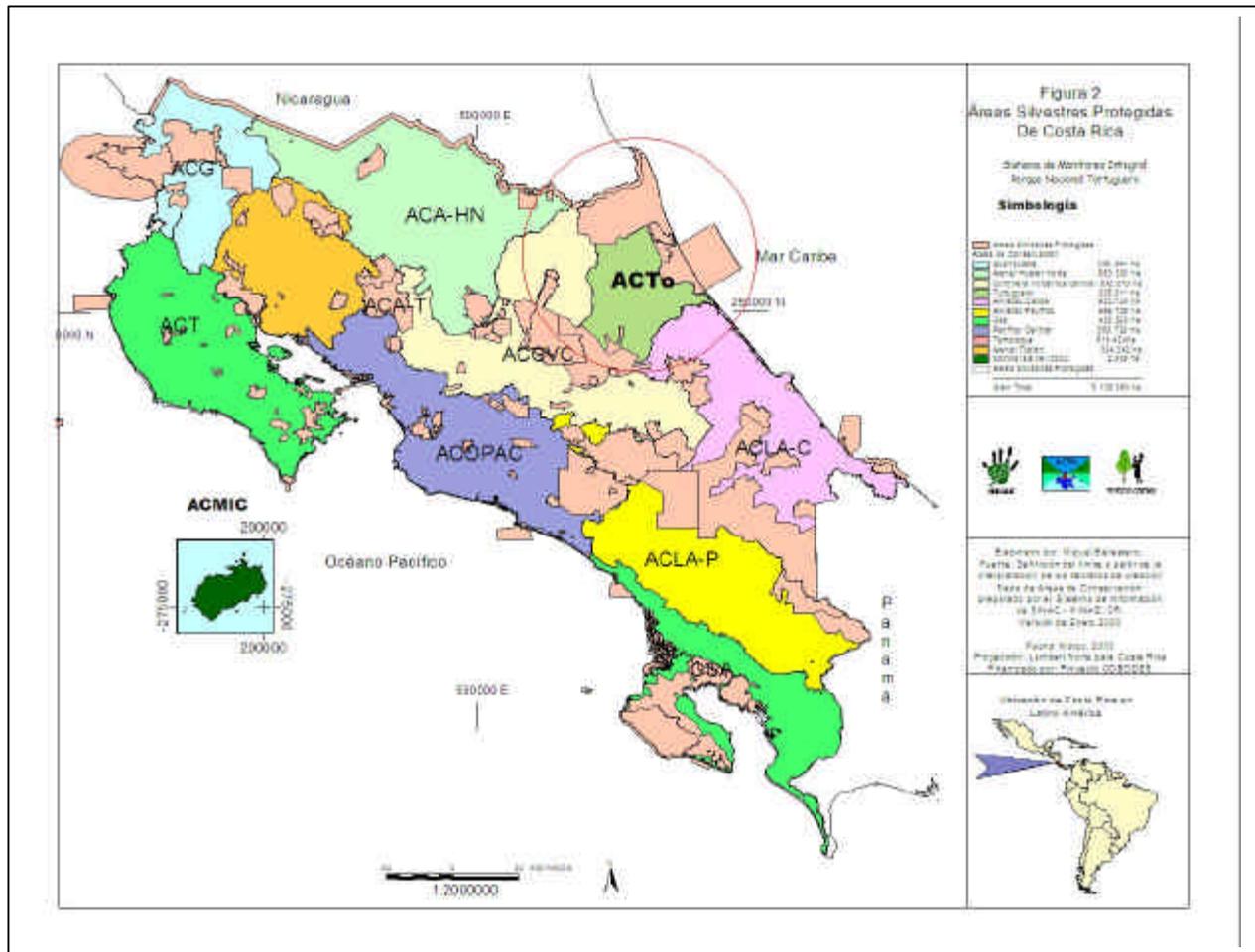
Cabe señalar que, además de las anteriores categorías de manejo, el país cuenta con un ASP bajo la categoría de monumento nacional, amparada al Convenio Internacional de Protección de la Flora y Fauna. Del **25,26%** del territorio que legalmente el país protege para la conservación in situ, aproximadamente un **50%** se encuentra bajo categorías de uso más estricto (uso indirecto), parques nacionales y reservas biológicas (**Figura 2**).

Cuadro 2
Número y extensión de las ASP de Costa Rica
(Por categorías de manejo)

Categoría de Manejo	Nº	Área Km²	Área (Ha.)	% del país
Parques nacionales	26	6.203	620.392	12,16
Reservas biológicas	10	230	23.005	0,45
Zonas protectoras	31	1.585	158.545	3,11
Reservas forestales	11	2.278	227.834	4,47
Refugios de vida silvestre	61	1.808	180.836	3,54
Humedales	15	7.799	77.990	1,53
Monumentos nacionales	1	2,32	232	0,004
TOTAL	155	12.888	1.288.834	25,26

Fuente: SINAC. Mayo, 2003.

Además existen en el país, un conjunto de áreas protegidas privadas que se encuentran distribuidas en el territorio nacional y cuyos objetivos generalmente son la conservación de los recursos, con fines de aprovechamiento ecoturístico.



2.1.1 Políticas y directrices del SINAC para la Investigación y Monitoreo en el PNT.

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), cuenta con diferentes instrumentos de planificación que definen políticas, directrices, resultados y acciones estratégicas en el tema de la investigación y monitoreo de los recursos naturales y culturales que protegen las áreas silvestres protegidas, como son:

- Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad (MINAE-SINAC, 2000).
- Estrategia Nacional de Investigación en Biodiversidad y Recursos Culturales (MINAE-SINAC, 2000).
- Hacia la Administración Eficiente de las Áreas Protegidas: Políticas e Indicadores para su Monitoreo (MINAE-SINAC, 2002).
- Estrategia de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre (MINAE-SINAC, 2003).
- Agenda para las Áreas Silvestres Protegidas Administradas por el SINAC (MINAE-SINAC, 2003).

De alguna manera todos estos instrumentos llaman la atención en la necesidad de desarrollar la investigación científica aplicada al manejo activo de los recursos protegidos en las AP y al monitoreo permanente.

La Estrategia de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre (SINAC, 2002), en el Plan de Acción “conservación in situ”, describe el problema de la falta de conocimiento del estado de las poblaciones silvestres y sus hábitat, y sus respectivas causas, para lo cual entre otras acciones propone que el SINAC tiene que establecer en un tiempo máximo de cinco (5) años, un programa de monitoreo biológico básico.

Las políticas enfatizan la importancia de la investigación y el monitoreo desde la siguiente perspectiva.

a. Temas de interés especial.

Orientar la investigación para realizar estudios acerca del estado de conservación de las especies clave, indicadoras, en peligro y amenazadas; y el monitoreo respectivo de este tipo de especies.

Se indica la necesidad de hacer inventarios de especies introducidas, estudios de la relación de las especies introducidas con la biodiversidad local para determinar medidas de manejo activo; y el monitoreo del comportamiento de estas especies para el control o erradicación de las mismas.

Estudios de dinámica de poblaciones de flora y fauna e identificación de las especies de mayor uso para las comunidades aledañas a las ASP (caza y pesca), los puntos de mayor presión y las dimensiones de la presión.

En el tema acuático, realizar estudios de calidad del agua y sedimentación; inventario de la fauna acuática, inventario de la biodiversidad marina del país, estudios de la dinámica poblacional, distribución, abundancia, estructura, etc., de las comunidades marino-costeras.

b. Mecanismos para el desarrollo de la investigación y el monitoreo.

En este punto se indica la necesidad de construir infraestructura en las áreas silvestres protegidas para que apoye la investigación y monitoreo, y también involucrar a comunidades muy cercanas a las áreas protegidas para que proporcionen el servicio; dar a conocer esta infraestructura; establecer convenios o alianzas con entidades científicas y de conservación, nacionales e internacionales, que permitan promover, desarrollar y ejecutar actividades y proyectos de investigación en el ASP según las necesidades de la institución; identificar estudiantes que apoyen estudios de interés,

También, crear la capacidad para recopilar, documentar, registrar, sistematizar, divulgar y utilizar adecuadamente las investigaciones realizadas, conocimientos y prácticas culturales existentes en el ASP para apoyar la toma de decisiones y mejorar las acciones de manejo.

c. Personal de las áreas protegidas.

Se enfatiza en la necesidad de capacitar al personal de las ASP para que apoyen a los investigadores, en capacitarlos en técnicas de monitoreo de especies de interés particular; y en el control de las investigaciones. Además, capacitación para la identificación y elaboración de propuestas de proyectos de investigación.

d. **Divulgación.**

Los valores prácticos de los resultados de la investigación y monitoreo deben divulgarse a los distintos usuarios: comunidad científica, estudiantes, comunidades y principalmente a las personas que son responsables de tomar las decisiones de manejo.

Se recomienda realizar talleres y foros para divulgar los resultados de las investigaciones, tanto con los funcionarios como con las comunidades de la zona de amortiguamiento.

2.1.2 **Marco legal para la investigación y monitoreo.**

Varias leyes en materia de recursos naturales y ambiente, regulan la investigación y monitoreo en las áreas protegidas.

a. **Ley Orgánica del Ambiente, 7554, de 1995.**

- **El Artículo 15** respecto a investigaciones y tecnología, indica que el Estado y sus instituciones promoverán permanentemente la realización de **estudios e investigaciones** sobre el ambiente. Se ocuparán de divulgarlos y apoyarán el desarrollo y la aplicación apropiados de tecnologías modernas y ambientalmente sanas.
- Señala en el **Artículo 35**, que la creación, la conservación, la administración, el desarrollo y la vigilancia de las áreas protegidas, tendrá como uno de sus objetivos principales promover la **investigación científica**, el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, así como el conocimiento y las tecnologías que permitan el uso sostenible de los recursos naturales del país y su conservación.
- En el **Artículo 46**, indica que para que el Estado ejerza la soberanía sobre la diversidad biológica, es necesario tomar en cuenta varios parámetros, entre ellos el uso de la **investigación** y la **monitoria** para definir estrategias y programas de protección y manejo de los hábitats o las especies.
- El **Artículo 47**, referente a actividades de interés público, señala que la **investigación**, la explotación y la comercialización de la diversidad biológica deberán reconocerse como actividades de interés público. La explotación y la comercialización de la flora y la fauna silvestres como bienes de dominio público, serán reguladas por el Estado.

b. **Ley de Biodiversidad 7788, de 1998.**

- **El Artículo 6**, que trata el tema de Dominio público, señala que el Estado autorizará la exploración, la **investigación**, la bioprospección, el uso y el aprovechamiento de los

elementos de la biodiversidad que constituyan bienes de dominio público, así como la utilización de todos los recursos genéticos y bioquímicos, por medio de las normas de acceso establecidas en el Capítulo V de esta ley.

c. Ley de Conservación de la Vida Silvestre, 7317, de 1992.

- Esta Ley en el **Artículo 3**, también señala que se declara de dominio público la fauna silvestre que constituye un recurso natural renovable, el cual forma parte del patrimonio nacional. Asimismo, se declara de interés público la flora silvestre, la conservación, **investigación** y desarrollo de los recursos genéticos, especies, razas y variedades botánicas y zoológicas silvestres, que constituyen reservas genéticas, así como todas las especies y variedades silvestres, ingresadas al país que hayan sufrido modificaciones genéticas en su proceso de adaptación a los diversos ecosistemas.

d. Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 32633, del 2005.

- En el Capítulo XII, regula lo concerniente a la investigación científica.

porcentajes permiten caracterizar al ACTo como una región de carácter rural (Chuprine, 2003).

El uso actual de la tierra indica que el 42% del territorio del ACTo está dedicado a conservación y en este aspecto sobresale el distrito de Colorado, con el 87,8% del total de su territorio. Distritos como Roxana, Mercedes, Río Jiménez y Duacará no tienen territorio dedicado a la conservación de recursos naturales. Respecto al uso de la tierra por cultivos anuales, sobresalen los distritos de La Rita, Roxana, Cariari y Guácimo que han destinado muchas hectáreas al cultivo de la piña y el banano principalmente (Ling, 2002).

Desde el punto de vista biofísico, esta área de conservación se caracteriza por una topografía muy regular en la mayoría de su territorio (llanuras de Tortuguero) con un rango de 0 msnm en el límite este, hasta los 1.350 msnm en el límite oeste; precipitación promedio de 6.000 mm anuales; y ecosistemas típicos del bosque tropical muy húmedo costarricense, compuestos por yolillales, pantanos herbáceos, vegetación litoral, bosques altos, bosques sobre lomas, bosques pantanosos y comunidades herbáceas sobre lagunas. Además, se localizan ecosistemas marinos de gran importancia (ICT, 2002).

En esta área de conservación se localizan siete (7) ASP de diferentes categorías de manejo, que representan el **50,76%** del territorio total del ACTo (Ballester, 2003).

Cuadro 3
Áreas Silvestres Protegidas
en el Área de Conservación Tortuguero

Categoría de manejo	Nº de hectáreas
Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado	81.177
Refugio de Vida Silvestre Archie Carr	44
Parque Nacional Tortuguero	* 72.359
Zona Protectora Tortuguero	5.538
Zona Protectora Acuíferos Guácimo-Pococí	4.257
Humedal Nacional Cariari	140
Refugio de Vida Silvestre Corredor Fronterizo	9.193
TOTAL	172.711

*45.755 Ha. marinas y 26.604 Ha. terrestres.

Fuente: Ballester, 2003.

2.3 Parque Nacional Tortuguero (PNT).

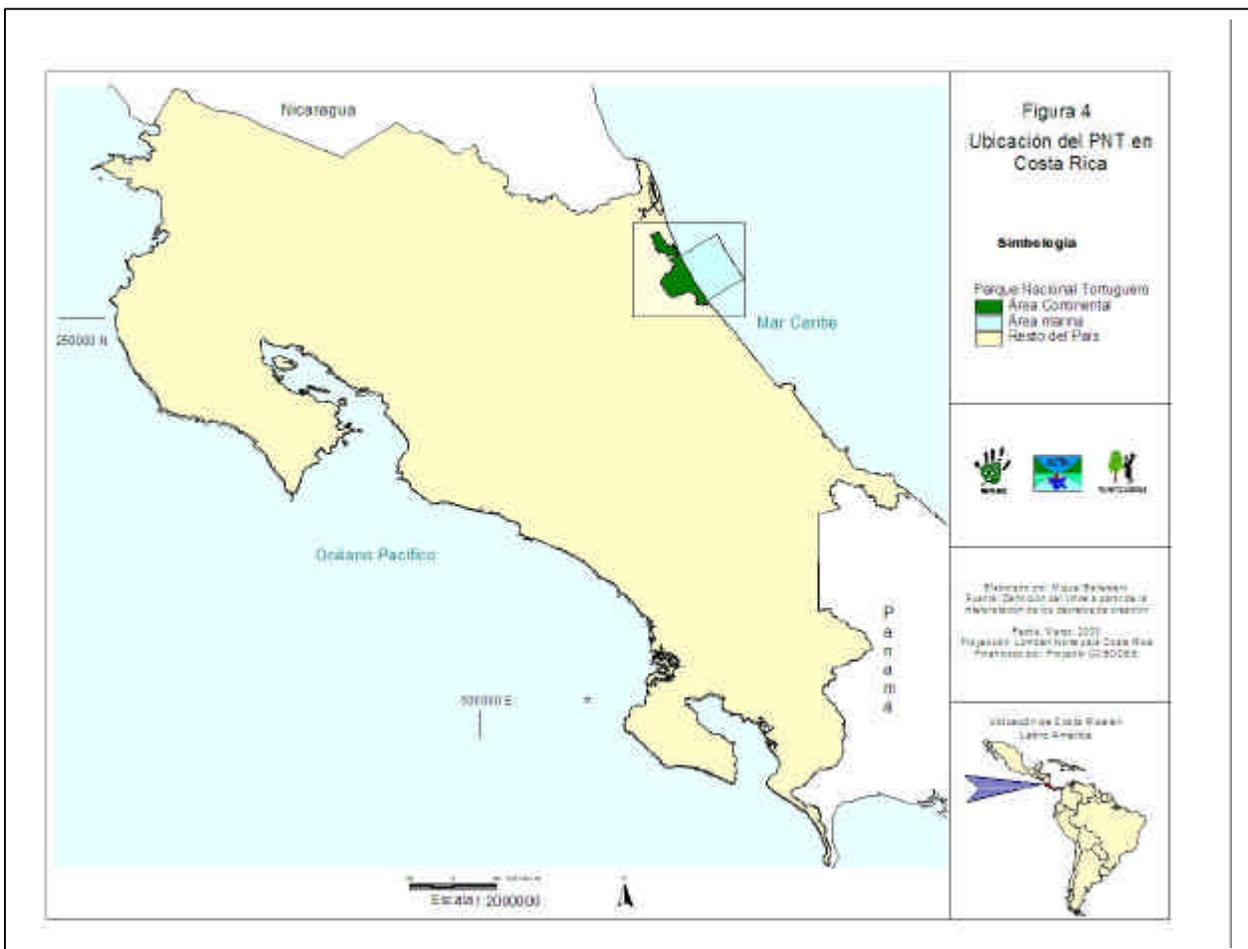
2.3.1 Características generales.

El PNT se localiza en el noreste del territorio nacional (**Figura 4**) y se estableció como parque nacional para conservar especies de flora y fauna que se encuentran en vías de extinción en el trópico americano; muestras de las principales asociaciones vegetales de la vertiente Caribe; un sistema de ríos, caños y lagunas naturales considerados como de extraordinario valor escénico, recreativo y turístico; y especialmente, para conservar la

colonia de tortugas verdes (*Chelonia mydas*) que desova en esas playas y que se encuentra en peligro de extinción.

La declaratoria de Tortuguero como parque nacional se dio el 24 de setiembre de 1970 mediante Decreto Ejecutivo N° 1235-A, acción que es reafirmada por Ley de la República N° 5680 el día 3 de noviembre de 1975. Posteriormente, los límites del parque han sido modificados mediante decreto ejecutivo en tres ocasiones, pasando de 64.701,45 Ha. (18.946 Ha. terrestres y 45.755,45 marinas) que tenía en 1975, a 72.359 Ha. en la actualidad (45.755 Ha. marinas y 26.604 Ha. terrestres).

Su parte terrestre, que abarca en su totalidad la zona de vida bosque tropical muy húmedo, se caracteriza por: poseer un sistema de ríos y lagunas que funcionan como medio de comunicación fluvial (tanto para los pobladores locales como para los miles de turistas que lo visitan); y por un sistema montañoso de baja altura que no sobrepasa los 311 msnm, conocido como Lomas de Sierpe.



En su parte marina el parque se caracteriza por tener una costa relativamente recta, la cual está considerada como la zona más importante del mundo para la anidación y reproducción de la tortuga verde (*Chelonia mydas*), razón principal de su declaratoria como parque nacional. También en sus aguas características del mar Caribe, se protegen otras especies de tortugas marinas como la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y diversas especies de peces.

Cuadro 4
Resumen cuantitativo de la biodiversidad en Costa Rica y en el PNT

Grupos	N° de especies conocidas en CR	N° de especies conocidas en el PNT	% del total de especies conocidas CR
Aves	864	375	43,4
Mamíferos	229	125	54,5
Reptiles y anfibios	397	124	32,7
Plantas	10.000	SD	SD
Peces	835	55	6,50

SD: sin datos

Fuente de los datos: Mora, Rodríguez y López, 2003; y Obando, 2002.

En el PNT, predomina el clima tropical húmedo y muy húmedo, porque los vientos alisios, provenientes del norte y el noreste, traen consigo hacia el continente mucha humedad que cae en forma de lluvia. En el sector norte del parque, la precipitación promedio anual alcanza los 6.000 Mm. Los meses de mayor precipitación corresponden a julio y diciembre, y los meses relativamente menos lluviosos son marzo, abril y octubre.

La temperatura promedio anual en la zona del PNT oscila entre los 25°C y los 30°C y, a medida que se sube hacia las serranías, la temperatura disminuye en aproximadamente 1°C por cada 200 m que se asciende. Por su parte, el brillo solar en los meses lluviosos presenta, como es lógico, los valores mínimos que oscilan entre las 2 y 3 horas de sol al día; los meses menos lluviosos dan los valores máximos de hasta 6 horas diarias (ICT, 2002).

Según la clasificación de zonas de vida del mundo del Dr. Leslie Holdrige, y representadas en el mapa de zonas de vida de Costa Rica (Bolaños, Watson y Tosi, 1999), el PNT se encuentra en su totalidad dentro de la zona de vida Bosque Tropical Muy Húmedo. En esta zona de vida, en el parque se han clasificado de acuerdo con sus características ecológicas predominantes 11 asociaciones vegetales, divididas en asociaciones mayores y asociaciones menores (Molina y Viquez, 1984). Otros autores (Mora, Rodríguez y López, 2003), señalan que la vegetación se puede diferenciar y agrupar en siete (7) hábitat mayores, como son: vegetación litoral, yolillales, bosques pantanosos anegados, bosques de galería, bosque sobre lomas, comunidades herbáceas de laguna y pantanos herbáceos.

En general, la vegetación de este parque se encuentra en muy buen estado de conservación. En el sector de Aguas Frías, es común distinguir en el dosel el gavilán (*Pentaclethra maculosa*), el jobo (*Spondias mombin*), el aceituno (*Simarouba amara*) y el guácimo colorado (*Luehea seemannii*). En el estrato inferior dominan, la fruta dorada

(*Virola* sp.), el burío agrio (*Hampea apendiculata*) y algunas rubiáceas como el guaitil (*Genipa americana*) y el guaitil colorado (*Simira maxonii*). En la orilla de los ríos la especie dominante es el sotacaballo (*Zygia longifolia*).

El sotobosque está dominado por palmas (Arecaceae), rubiáceas, melastomatáceas y varias especies de piperáceas en las partes más sombreadas, y helicóneas y platanillas (*Calathea* sp) en los claros. En el sotobosque y cerca de la laguna “Paso de las Pulgas”, es común encontrar también el cacao de mono (*Herrania purpurea*) y *Rinorea pubipes*. En las partes inundables cerca de la ribera de los ríos es común encontrar formaciones de yolillo (*Raphia taedigera*) con heliconias y platanillas (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En el sector de Cuatro Esquinas, la vegetación es muy similar a la del sector de Aguas Frías; de nuevo, la especie dominante en el dosel es un *Ficus* y otras especies comunes son el jobo, el aceituno, el gavilán y el cativo. En el estrato inferior las especies comunes son la fruta dorada, *Dendropanax arboreus*, y varias palmas como el yolillo, el maquenque (*Socratea exorrhiza*) y el guágara (*Cryosophila warsewiczii*). El sotobosque está dominado por palmas, rubiáceas, piperáceas, heliconias y platanillas, (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En la orilla de los canales la vegetación está dominada por especies propias de bosques inundados; las dos especies más comunes son el cativo y el yolillo. Además es muy común encontrar el aceituno, el gavilán, el sangregado (*Pterocarpus officinalis*), *Inga goldmanii* (Mimosoidea), *Zygia inaequalis* (Mimosoidea) y *Rustia occidentalis* (Rubiaceae). También son comunes las especies cuyas semillas son dispersadas por el agua, como el poponjoche (*Pachira aquatica*) y varias lianas como *Hiraea figinea* (Malphigiaceae) y *Combretum cacoucia* (Combretaceae) (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En el PNT han sido reportadas **55** especies de peces; entre ellas se encuentra una especie endémica de Costa Rica, *Priapichthys annectens*, una olomina que alcanza un tamaño aproximado de 60 mm. Entre los peces reportados en la zona hay varios de importancia económica para el ser humano, ya que sirven tanto de alimento, como para la pesca deportiva; incluso, en el parque se han encontrado los ejemplares más grandes de algunas de las especies allí existentes, tal es el caso del gaspar (*Atractosteus tropicus*), y del robalo (*Centropomus undecimalis*) (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En las comunidades aledañas al parque hay determinadas poblaciones de peces que son grupos relevantes por su valor como alimento, como fertilizante, para pesca deportiva o como fuente de aceite; un ejemplo es la calva (*Centropomus parallelus*), cuya migración masiva representa una importante fuente de ingresos para los lugareños de Barra del Colorado (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En este parque nacional y sus zonas aledañas se conocen 124 especies de anfibios y reptiles, número que representa el **32,7%** de la diversidad total de estos grupos en Costa Rica. Adicionalmente, otras especies tienen ámbitos de distribución cercanos a esta ASP, por lo que es probable que, si se realizan estudios científicos sobre el tema, se revele su presencia en el parque. Las especies de anfibios y reptiles de Tortuguero corresponden a todos los grupos mayores de herpetofauna existentes en país.

Dentro del orden Testudinata se encuentra la tortuga verde (*Chelonia mydas*) cuya conservación fue la razón principal para promover la creación del parque nacional en esta zona y la inspiración para el nombre de esta área silvestre protegida. Otra especie muy común en los ríos y caños del parque es el guajipal (*caiman crocodilos*).

La avifauna del PNT es variable en el sentido de que presenta tanto especies pertenecientes a zonas alteradas, como especies exclusivas de sitios boscosos. Por ejemplo, el gorrión de montaña (*Galbula ruficauda*) es una especie característica de áreas con buena cobertura vegetal, y muy sensible a procesos de alteración; de la misma forma, la paloma piquicorta (*Columba nigrirostris*), el hormiguerito alipunteado (*Microrhophias quixensis*), el trepador alirrubio (*Dendrocinclá anabatina*) y el carpintero picoplata (*Campephilus guatemalensis*) son especies típicas de estos hábitat.

Un caso interesante en la lista de especies observadas en el PNT lo constituye la lapa roja o guacamaya (*Ara macao*), la cual está en serio peligro de extinción en Costa Rica y muy rara vez se logra observar en el bosque tropical húmedo, pues es característica del bosque tropical seco y el bosque tropical lluvioso, ambos del litoral Pacífico.

La diversidad de sitios de alimentación presentes en el parque, evidencia la complejidad de este ecosistema, que permite la coexistencia de aves con diversos hábitos alimentarios tales como insectívoras, frugívoras, granívoras, nectarívoras y una amplia gama de especies que se alimentan de vertebrados de pequeño y mediano tamaño.

Entre estos están los hormigueros (Formicariidae), los cucús (Cuculidae), los trepadores (Dendrocolaptidae), los semilleros (Emberizidae), los mosqueros (Tyrannidae), los soterrés (Troglodytidae) y los carpinteros (Picidae). De hábitos frugívoros y granívoros se encuentran las palomas (Columbidae) y las loras (Psittacidae) mientras que la reinita mielera o Santa Marta (*Coereba flaveola*), y los colibríes (Trochilidae), son aves nectarívoras.

Por otro lado, se encuentran especies que consumen una amplia variedad de alimentos, como las piapias (Corvidae), el sinsonte (*Saltator maximus*), los bobos (Momotidae), los ictéridos (Icteridae), algunas reinitas (Parulidae) y los trogones (Trogonidae) que se alimentan de una combinación de insectos y frutas variadas.

Como se ha indicado, también se observa la presencia de especies que se alimentan de vertebrados de pequeño y mediano tamaño, como el martín peña (*Tigrisoma mexicanum*), el martín pescador (*Ceryle torquata*), el chirincoco (*Aramides cajanea*) y el majafierro (*Glaucidium griseiceps*). La presencia de estas especies indica que en este ecosistema hay disponibilidad de presas de vertebrados, hecho que enriquece la cadena trófica (nutritiva) y refleja la riqueza del parque.

Además, muchas de estas especies son de atractivo turístico por su rareza o por la dificultad de observarlas en otros sitios, y llaman la atención de muchos ornitólogos o aficionados a la actividad de observar aves; algunas de estas aves son: loro verde (*Amazona farinosa*), lapa roja (*Ara macao*), lapa verde (*Ara ambigua*), loro coroniblanco (*Pionus seniles*), tucancillo collarejo (*Pteroglossus torquatus*), tucán picoiris (*Ramphastos swainsonii*), jacamar rabirrufo (*Galbula ruficauda*), martín pescador (*Ceryle torquata*),

martín peña (*Tigrisoma mexicanum*), guaco (*Herpetotheres cachinnans*), carpintero picoplata (*Campephilus guatemalensis*), carpintero lineado (*Dryocopus lineatus*), rascón cuelligrís (*Aramides cajanea*), tinamú grande (*Tinamus major*), tangara capuchidorada (*Tangara larvata*), trogón cabeciverde (*Trogon rufus*), mielero luciente (*Cyanerpes lucidus*) y mielero azulejo (*Dacnis cayana*), entre otros (Mora, Rodríguez y López, 2003).

En términos de conservación, los mamíferos son posiblemente el grupo más importante, ya que los mayores depredadores, aquellos que están en la parte más alta de las cadenas tróficas son mamíferos, y cuando se toman medidas para protegerlos, estos actúan como especies sombrilla, dado que su protección engloba la protección de muchísimas especies de flora y fauna.

Una de las particularidades de los mamíferos es su alta diversidad de formas y tamaños. Las especies presentes en el PNT no son la excepción pues existen desde ratones y murciélagos muy pequeños, de menos de 10 gramos de peso, hasta el jaguar (*Panthera onca*) o la danta (*Tapirus bairdii*), especie que llega a pesar hasta 300 Kg.

Varias de las especies de mamíferos que están amenazadas o en peligro de extinción se encuentran protegidas en el PNT; entre ellas se pueden mencionar la danta (*Tapirus bairdii*), el jaguar (*Panthera onca*) y el manatí (*Trichechus manatus*).

Entre otros mamíferos presentes en el parque están: el tepezcuintle (*Agouti paca*), el mono congo (*Allouatta palliata*), el mono colorado (*Ateles geoffroyi*), el mono carablanca (*Cebus capucinus*), la guatusa (*Dasyprocta punctata*), el zorro pelón (*Didelphis marsupialis*), el caucel (*Leopardus wiedii*), el manigordo (*Leopardus pardalis*), el cabro de monte (*Mazama americana*), el pizote (*Nasua narica*), el mapache (*Procyon lotor*), el cariblanco (*Tayassu pecari*) y el armadillo (*Dasybus novemcinctus*).

También existe una gran variedad de especies de murciélagos en la región de Tortuguero, en donde se sabe que deben existir al menos 68 especies, las cuales comprenden más del **60%** de todas las de Costa Rica; entre ellas se pueden mencionar *Carollia castanea*, *Artibeus watsoni*, *Artibeus lituratus*, *Ectophylla alba*, *Hylonycteris underwoodi*, *Micronycteris brachyotis*, *Diphylla ecaudata* y *Sturnira lilium*, entre otras (Mora, Rodríguez y López, 2003).

Dadas las características sobresalientes de la flora y fauna presente en sus humedales, este parque nacional en conjunto con otras áreas protegidas de la región, fue designada en 1996, como un humedal de importancia internacional o Sitio Ramsar.

2.3.2 Problemática ambiental del Parque Nacional Tortuguero y zonas aledañas.

Aún cuando el 51,3% de la región que ocupa el Área de Conservación Tortuguero se encuentra con cobertura boscosa original (Ling, 2002), existen actividades económicas como la agricultura de monocultivos de banano y piña que generan gran presión en los recursos forestales, ocasionando problemas de sedimentación en el sistema fluvial de la región por la pérdida de cobertura vegetal, y contaminación por los desechos sólidos y líquidos (agroquímicos) que son arrastrados por los ríos a la parte marino costera del área

de conservación, principalmente al Parque Nacional Tortuguero y al Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado.

Además, se agrega a esta problemática que la mayoría de los ríos que bañan la región se originan fuera del área de conservación (ríos Reventazón, Puerto Viejo y San Juan) mismos que arrastran sedimentos y contaminantes sólidos y líquidos (Castillo *et al*, 2000)².

En un estudio realizado, en la cuenca del río Suerte durante un período de tres (3) años, se encontraron residuos de plaguicidas en el agua y en los sedimentos. Las sustancias encontradas con más frecuencia fueron los fungicidas tiabendazol, propiconazol e imazalil; así como los nematocidas terbufos y cadusafos y el insecticida clorpirifos.

En el Área de Conservación Tortuguero, el propiconazol fue detectado en el 43% de las muestras en concentraciones de 0,05 a 1,0 µg/L; y en el 25% de las muestras se encontraron los nematocidas cadusafos, carbofuran o etoprofos en concentraciones de 0,06 a 6,2 µg/L. De acuerdo con ese estudio las concentraciones encontradas de los insecticidas y nematocidas analizados, representan un riesgo de toxicidad aguda y crónica para los organismos acuáticos de la zona (Castillo *et al*, 2000).

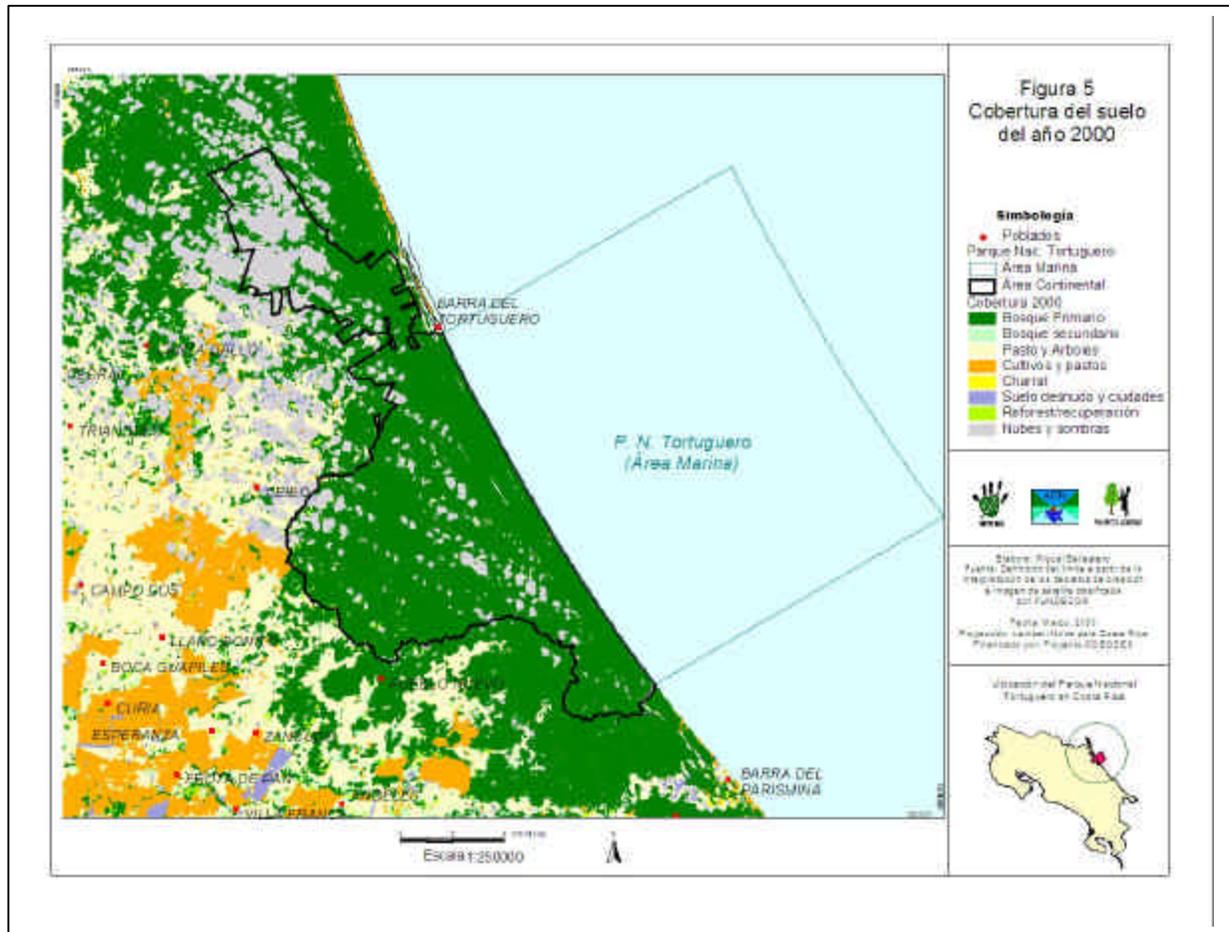
Además, con base en los análisis de residuos de plaguicidas en muestras tomadas en otras ocasiones por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET, 2000) y personal de MINAE en la zona, existe la sospecha de una presencia constante de niveles bajos de ciertos plaguicidas en esas aguas. Por otra parte las lluvias pueden generar eventos especiales de escorrentía de plaguicidas hacia las quebradas, los ríos y finalmente al sistema de lagunas.

Un aspecto negativo a resaltar, es que la frontera agrícola (cultivo del banano) ya llegó al mismo límite oeste del Parque Nacional Tortuguero, con las consecuencias que esto conlleva para la viabilidad de los recursos naturales que se protegen en él. Existe tala ilegal del bosque, principalmente en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas de la región y un cambio de uso legalizado por los permisos de inventarios forestales que se otorgan en los potreros de la zona.

Los recursos naturales cada vez son más escasos, dado que el crecimiento de la población de los cantones de Pococí y Guácimo se encuentran, según la comparación entre los censos nacionales de población de 1984 y 2000, entre los diez de mayor crecimiento poblacional. Pococí en el cuarto sitio con una tasa de crecimiento anual de 5,3% y Guácimo en el octavo sitio con un crecimiento anual de 4,7% (Ling, 2002). La cacería y pesca ilegal se presenta en toda la región, especialmente en las áreas protegidas, dada la incapacidad institucional para controlarla, por falta de recursos humanos y financieros.

² Castillo, L., Ruedert, C. y Solís, E. 2000. Pesticides Residues in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 19(8):1942-1950.

Dado este panorama, es de entender que en un proceso muy rápido las áreas protegidas de la región serán islas biológicas, sin posibilidades de viabilidad ecológica a largo plazo, especialmente para el Parque Nacional Tortuguero que es el que tiene mayores presiones sobre los recursos, aún cuando todavía presenta cobertura boscosa densa en toda su superficie (**Figura 5**), tiene conexión con el Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado y es evidente la presencia de especies dependientes del bosque denso y especies ubicadas en la cúspide de la cadena alimenticia, como por ejemplo el jaguar (*Panthera onca*).



En un estudio realizado durante el proceso de elaboración del Plan de Manejo de este parque nacional, se determinaron ocho objetos focales de manejo que deben ser sujetos de estudios, por la importancia que representan para el parque:

✓ Insectos acuáticos.	✓ Humedal.
✓ Cariblanco.	✓ Felinos.
✓ Aves del bosque.	✓ Canales navegables en uso.
✓ Yolillal.	✓ Manatí.

Estos objetos focales de manejo, están sometidos a diferentes presiones que ponen en peligro su viabilidad a largo plazo, como son:

✓ La introducción de especies exóticas.	✓ La contaminación química.
✓ La cacería.	✓ La ampliación de la frontera agrícola.
✓ La pérdida de hábitat.	✓ La fragmentación del hábitat.
✓ Los impactos por la navegación.	✓ La sedimentación.

De los objetos focales de manejo determinados como importantes para darles seguimiento (monitoreo), el manatí es la especie más amenazada en cuanto a su viabilidad ecológica a largo plazo.



CAPÍTULO III

MARCO CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO INTEGRAL APLICADO AL MANEJO DEL PARQUE NACIONAL TORTUGUERO

3.1 El monitoreo biológico.

La acelerada destrucción y degradación de los hábitat naturales como consecuencia del crecimiento de la población humana durante el Siglo XX ha llevado a la extinción o puesto en gran riesgo a un sin número de especies animales y vegetales. Un alto porcentaje de estas especies ni siquiera fueron descritas por la ciencia antes de desaparecer. Las 1,5 millones de especies vivas descritas hasta la fecha son probablemente menos del 15% del verdadero número de especies que habitan el planeta (Wilson 1999).

En el contexto del Convenio de Diversidad Biológica, la biodiversidad se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Así, el término comprende tanto la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

La destrucción y fragmentación del bosque, los cambios climáticos como el calentamiento global, el incremento en los incendios forestales sin control, la introducción de nuevas sustancias químicas al medio ambiente y la introducción de especies exóticas degradan la biodiversidad (Primack, 2002). Este dilema ha llamado la atención mundial y ha justificado la creación de áreas silvestres protegidas con el fin de mantener muestras representativas de todos los ecosistemas terrestres y proteger la mayor cantidad de especies, poblaciones y genes (Primack, 2002). Asimismo, la mayoría de los países son parte de convenciones o tratados internacionales y cuentan con estrategias y programas de conservación para salvaguardar la biodiversidad para las futuras generaciones (Meffe y Carroll, 1997).

Es ampliamente reconocido que los ecosistemas tropicales albergan más del 80% de la diversidad de ecosistemas, especies y variedades genéticas de plantas y animales (Reaka-Kudla *et al.*, 1997). Por lo tanto, en los ecosistemas tropicales es donde deben concentrarse los esfuerzos de conservación, ya que éstos están siendo devastados a una tasa alarmante. Es así como se han identificado "puntos calientes"; o sea aquellos lugares con gran número de especies amenazadas o lugares de alta diversidad biológica que deben ser conservados. Se ha propuesto además, realizar inventarios biológicos en una amplia gama de áreas geográficas de cada país para tener una idea precisa de la biota global en los próximos 50 años (Meffe y Carroll 1997). Los resultados de tales inventarios no solo definirán los criterios para la conservación de las especies y sus hábitat, sino que deben ser aplicados para el desarrollo de un adecuado uso de la tierra, la producción de nuevas cosechas y medicinas y en general, el mejoramiento de la calidad de vida en los países en vías de desarrollo.

El primer paso en el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad consiste en el inventario de las especies presentes o sea, estimación de la riqueza de especies en un

tiempo y localidad determinados (Meffe y Carroll 1997). Este paso lleva a un segundo, que consiste en el monitoreo de la biodiversidad en un tiempo definido para determinar si las medidas de conservación y manejo aplicadas son efectivas o necesitan ajustarse. El monitoreo de la biodiversidad consiste en muestrear uno o varios parámetros poblacionales de las especies a lo largo del tiempo y comparar los resultados obtenidos con un estándar predeterminado. El monitoreo provee información acerca del estado de una especie, del conjunto de especies y las tendencias de estos dos niveles de la biodiversidad (Noss 1990). También puede identificar relaciones potenciales de causa – efecto, que puede ser enfrentado mediante investigación con miras a usar los resultados en el proceso de toma de decisiones (Cooperación Financiera Oficial entre Alemania y Guatemala KfW / SEGEPLAN, 2000).

El manejo adaptable (flexible) de especies representa un ciclo, el cual es calibrado periódicamente para asegurar que la información adecuada de cada componente alimente al siguiente nivel. Los ajustes a los componentes deben ser realizados de acuerdo al logro de los objetivos. El proceso adaptable proporciona al equipo de trabajo la flexibilidad para realizar los ajustes necesarios. El manejo adaptable es particularmente útil en la evaluación y monitoreo porque enfatiza el continuo registro de datos y el análisis de éstos para incorporarlos en las decisiones de manejo. Si los resultados demuestran que la biodiversidad se inclina hacia los valores observados, el monitoreo puede continuar sin cambios sustanciales. Si se presentan cambios, los investigadores y administradores encargados de tomar decisiones necesitan diseñar una respuesta más apropiada, tal como sería el reinicio del ciclo de objetivos establecido. En esta etapa también se evalúan las metas para el monitoreo (Dallmeier y Alonso 1997).

El manejo adaptable tiene un amplio ámbito de aplicaciones. Puede ayudar en la **evaluación** de las condiciones de manejo existentes y en sus impactos en los ecosistemas, esto para definir nuevas propuestas si es necesario (Dallmeier y Alonso, 1997). Estas propuestas de manejo deben ser vistas como un medio de probar hipótesis para alcanzar propuestas operacionales. Mediante la evaluación de los datos de monitoreo, los administradores reciben información constante a medida de que estas hipótesis son puestas a prueba. Por esto, la evaluación es una herramienta para mejorar el manejo a través de las acciones a nivel gerencial y del abastecimiento de lineamientos para su ajuste (Dallmeier y Alonso, 1997).

El monitoreo a largo plazo requiere de una base o patrón que sirva de referencia para cambios futuros. La información base o línea de base, es normalmente tomada de la literatura y de investigaciones previas en el área de estudio. Para el caso del Parque Nacional Tortuguero, la línea de información básica se determinó durante la elaboración del **Plan de Manejo** del área en 1994, ya que en el proceso se llevó a cabo un diagnóstico de recursos bióticos de este parque. Los primeros resultados no parecen ser muy útiles en el tanto no existan referencias de comparación. Sin embargo, la información irá cobrando utilidad conforme se realizan las mediciones siguientes.

La información a largo plazo será de gran utilidad para detectar la magnitud y duración de los cambios en las especies indicadoras y proporcionará un dictamen de la salud del ecosistema (Mora et al., 2003).

3.1.1 Seguimiento (monitoreo) y evaluación de la biodiversidad.

Con el seguimiento o monitoreo de la biodiversidad, el objetivo principal es constituir una herramienta que genere información continua sobre el estado de conservación de las áreas protegidas, para orientar la toma de decisiones de manejo y evaluar la efectividad de las acciones realizadas en el pasado.

Todo seguimiento y evaluación de la biodiversidad conlleva trabajo de campo, el cual debe realizarse continuamente. Un monitoreo año tras año de la biodiversidad de la zona en estudio, permite conocer con más exactitud como se comportan los diferentes elementos o componentes de la flora y fauna en el área definida por un período largo de tiempo.

De acuerdo a lo anterior, entre las características deseables de un Programa de Monitoreo a largo plazo se requiere: bajo costo, metodologías de uso amigable y una participación activa del personal de campo. Por otra parte, también es necesario considerar los dos enfoques principales que se dan en el programa de monitoreo: el monitoreo general y el monitoreo de indicadores biológicos.

3.1.1.1 Monitoreo general.

El objetivo específico que se persigue con el monitoreo general es monitorear la frecuencia, magnitud y origen de los disturbios o alteraciones (amenazas) que afectan las áreas protegidas como por ejemplo incendios, talas, cacería, contaminación, aislamiento, fragmentación, crecimiento de la frontera agrícola y urbana, entre otras.

A continuación se describe una estrategia para desarrollar el monitoreo general:

a. Personal de campo:

El personal de campo es uno de los recursos más importantes a la hora de llevar a cabo el monitoreo, ya que son los individuos que generan la información. Para lo anterior, es necesario saber sistematizar y refinar la información de campo generada por los guardarecursos. Lo anterior se puede realizar proveyendo el equipo de campo básico y capacitando a los guardarecursos para su uso y cuidado. Se debe capacitar al personal de campo en el manejo e identificación de vida silvestre y promover el uso de formularios de campo e instrucciones básicas sobre la toma de datos.

b. Sobrevuelos periódicos:

Es deseable realizar un reconocimiento aéreo del estado de conservación de las áreas protegidas, que por lo general es mejor evaluado y cuantificado desde el aire. Se priorizarían aquellas zonas que presentan la mayor dificultad de acceso.

c. Implementación de un Sistema de Información Geográfica:

Es ideal el personal capacitado, el programa y el equipo de cómputo necesario para implementar un Sistema de Información Geográfica para el área protegida. Así se puede implementar el uso de sistemas de información geográfica en una escala más puntual que

permita mediante el análisis de mágenes de satélite o fotografías aéreas, hacer un estudio más detallado de los cambios de uso que se dan en el AP y en los alrededores.

El análisis de los disturbios indicados mediante las imágenes de satélite o fotografías aéreas, podría orientar la prioridad del monitoreo específico para la amenaza identificada.

3.1.1.2 Monitoreo de Indicadores Biológicos.

Es la evaluación repetitiva de alguna cantidad, atributo o característica de una población dentro de un área definida y sobre un período de tiempo establecido. En este sentido la meta es detectar cambios en la cantidad, atributo o característica de la población que se esta monitoreando con el fin de tomar decisiones de manejo que tengan fundamento científico.

Los objetivos específicos a seguir durante el monitoreo de indicadores biológicos son dos: primero monitorear la abundancia relativa de las poblaciones de las especies de flora y fauna que se consideran indicadores biológicos de la salud de un ecosistema; y segundo, monitorear aquellas especies de flora y fauna cuyas poblaciones se encuentren amenazadas o bajo fuertes presiones de diferente índole.

Un indicador biológico es una especie silvestre que aporta información sobre el estado de salud del ecosistema. Así, los indicadores biológicos son aquellas especies sensibles a las actividades humanas o aquellas que juegan un papel esencial en sus ecosistemas. Estas especies a menudo son seleccionadas para representar a un conjunto de especies con requerimientos similares (Noss, 1990).

En teoría, un sistema de monitoreo de la biodiversidad debe ir más allá del monitoreo de una serie de especies indicadoras. Debido a que la biodiversidad está distribuida jerárquicamente, la red de indicadores seleccionados debe seguir dicha jerarquía. Los indicadores deben cubrir desde el nivel genético hasta el paisaje regional, pasando por los niveles de población-especie y comunidad-ecosistema.

Un ecosistema saludable es un ecosistema en balance, un ecosistema en donde la comunidad biótica y su ambiente físico funcionan como un todo. Si se pretende medir el estado de salud del ecosistema a través de la medición de los cambios en la biodiversidad, entonces se debería monitorear todos sus componentes. Como esto es imposible, los indicadores biológicos encuentran aquí su razón de ser (Simberloff, 1998). Simberloff (1998), discutió sobre las ventajas y desventajas de utilizar "especies bandera", "especies sombrilla" o "especies claves" para el manejo de los ecosistemas y concluye que el manejo de estas últimas puede combinar aspectos positivos del manejo de una especie particular y del manejo de ecosistemas.

Es claro que el monitoreo de algunos de los niveles jerárquicos de la biodiversidad podrían demandar altos costos económicos y de personal por, lo que no siempre son factibles. No obstante, para el caso del Parque Nacional Tortuguero se debe trabajar al menos en dos niveles: población-especie y comunidad-ecosistema.

✓ **Nivel población – especie:**

- Índices de abundancia de especies seleccionadas.
- Distribución de especies seleccionadas.

✓ **Nivel comunidad – ecosistema:**

- Índices de diversidad.
- Índice de riqueza de especies.

De acuerdo con Noss (1990), idealmente un buen indicador debería ser:

- ✓ Suficientemente sensitivo para detectar cambios en el ecosistema.
- ✓ Estar distribuido a lo largo de una amplia área geográfica y ser ampliamente aplicable.
- ✓ Ser capaz de proveer mediciones continuas sobre un amplio ámbito de estrés. Es decir que el grupo indicador con que se esté trabajando posea especies sensibles a cambios, por ejemplo, en la cobertura del bosque. Especies que puedan ser encontradas en un alto ámbito de variabilidad para poder efectuar comparaciones dentro del mismo grupo. Esto está muy relacionado con la sensibilidad del grupo indicador y de las especies dentro del grupo.
- ✓ Debe ser relativamente independiente del tamaño de la muestra.
- ✓ Ser fácil de medir, coleccionar, estimar o calcular.
- ✓ Debe diferenciarse entre sus ciclos naturales y las tendencias inducidas por actividades antropogénicas.
- ✓ Ser relevante a fenómenos ecológicos importantes.
- ✓ Su taxonomía debe ser bien conocida y estable para que las poblaciones puedan ser bien definidas.
- ✓ Su biología e historia natural deben ser bien conocidas.
- ✓ Debe haber alguna evidencia que muestre que los patrones observados en la especie se ven reflejados en otras especies relacionadas y no relacionadas.

Ejemplos de especies indicadoras son: aves como las rapaces (águilas y gavilanes); los psitácidos (pericos, lapas y loras), y las aves acuáticas (garzas y patos); mamíferos como los felinos (jaguar y puma) y los cerdos silvestres (saíno y cariblanco).

En algunos casos puede ser necesario monitorear las poblaciones de las especies con importancia socioeconómica, tal es el caso del monitoreo de especies cinegéticas. Algunas de estas pueden no ser especies indicadoras de la salud del ecosistema; sin embargo, la presión de cacería puede reducir sus poblaciones drásticamente. El monitoreo de estos organismos puede contribuir a tomar decisiones específicas de manejo: como vedas,

cuotas de aprovechamiento, vulnerabilidad y otros. Ejemplos de especies cinegéticas en la zona del Parque Nacional Tortuguero son: el venado, los saínos, los chanchos de monte, el tepezcuintle, los pavones, los cocodrilos y las tortugas marinas, entre otros.

Debido a que el tamaño de la población es el mejor parámetro para predecir acerca de la probabilidad de extinción de las especies (Terborgh y Winter, 1980), este es uno de los parámetros más importantes de monitorear.

Los estudios sobre biodiversidad pueden ser un proceso con dos pasos definidos, la evaluación de la biota, seguida por un monitoreo periódico para detectar cambios, ya sea de tipo natural como los provocados por la estacionalidad o los de naturaleza antropogénica. Detectar cambios en el tiempo es una tarea difícil, sobre todo en los trópicos debido a que por regla general las metodologías desarrolladas para tal efecto en las zonas templadas no son aplicables para el bosque tropical. Con esto en mente se recomienda usar índices de abundancia y diversidad.

Índices de abundancia: son usados para obtener inferencias sobre la abundancia de una especie en particular a través del tiempo (por ejemplo, por estación climática o por años) o el espacio (por ejemplo, entre hábitat).

Índices de diversidad: son usados para obtener inferencias acerca del número de especies presentes en diferentes tiempos o localidades. Esta metodología ha demostrado ser efectiva y su aplicación en el campo es de bajo costo (barata) y solo requiere un previo entrenamiento del personal técnico.

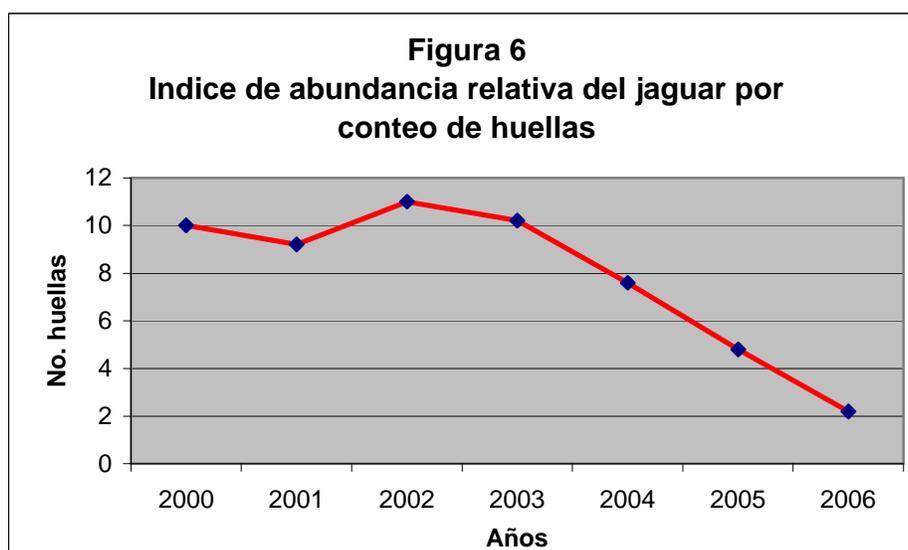
3.1.1.3 Monitoreo de índices.

Los cambios en la abundancia relativa de las especies de aves y mamíferos se lleva a cabo mediante un **monitoreo de índices**; tanto directos, como indirectos. En el monitoreo por índices, estos reflejan cambios en la abundancia de una especie a través del tiempo y el espacio.

Un índice es una medida (conteo incompleto o conteo indirecto de signos) que está correlacionada con la abundancia animal (Caughley, 1977). Por ejemplo, en un conteo de índices de abundancia, si queremos estimar la abundancia de jaguares en un área protegida y conocer como varía año con año, entonces lo que se haría es recorrer un “transecto” de cinco (5) Kilómetros de longitud, para contar el número de huellas de jaguar. Además, el recorrido del transecto y el conteo de huellas se realizan una vez al mes, es así como se obtiene un promedio anual del número de huellas en el transecto. Esto permite calcular el índice de abundancia del jaguar, dividiendo el número de huellas observadas por la distancia recorrida (**Cuadro 5 y Figura 6**).

Cuadro 5
Ejemplo de Conteo de Huellas de Jaguares
a lo largo de un transecto en un período de 7 años

Año	Huellas contadas en el transecto (promedio anual)	Índice de abundancia
2000	50	1,0
2001	46	0,92
2002	55	1,1
2003	51	1,02
2004	38	0,76
2005	24	0,48
2006	11	0,22



En este ejemplo, se podría inferir que la población de jaguares en ese sitio determinado, está disminuyendo. Esta conclusión de alguna manera sería una llamada de atención para los responsables de conservación del jaguar, para investigar con mayor profundidad acerca de las causas del decline de la población.

3.1.2 Monitoreo de fauna.

Cuando no es práctico, muy costoso o imposible de realizar un conteo total de una población de fauna (censo), se procede con un método de muestreo. Se aplica un método de medida a una muestra que se considera representativa del total de la población y, por medio de algún procedimiento estadístico se obtiene una estimación de la abundancia absoluta total. Esto puede hacerse de dos modos:

a. Conteo en una muestra.

Consiste en contar el número de animales en un cuadrado o una porción imaginaria del total y luego multiplicando, se calcula la estimación total. No obstante, en la mayoría de los casos se requiere de tratamientos estadísticos relativamente complejos y se deben tener ciertas precauciones. Debido a ello, es conveniente la participación de algún especialista (Moore *et al.*, 1989).

b. Utilizar índices.

Consiste en utilizar un atributo (rastros, vestigio) de la población que luego se relacionan a un número poblacional, en vez de contar directamente los individuos (Moore *et al.*, 1989). De acuerdo con esta definición, existen varios métodos para realizar estos censos. Mora (2004) resume los diferentes métodos en el siguiente cuadro.

Cuadro 6
Clases, censos, tipos y ejemplos de censos de animales silvestres

Clase	Censo	Tipos	Ejemplo
Completo	Directos	Cuenta completa	Pinnipedios, reproducción en islas
	Indirectos	Cuenta total de indicios	Venados en islas pequeñas
Incompleto	Directos	Parcela	Animales de poca movilidad
		Transectos	King
			Índice conspicuo
			De Lury
			Paulik y Robson
		Conteos aéreos	Animales grandes
	Cambio de proporciones	Proporción de Kelker	
	Indirectos	Marca y recaptura	Paulik y Robson
			Lincoln
			Jolly
			Proporción de Kelker
		Conteo de huellas	Mamíferos
Conteo de heces			Mamíferos
Conteo de llamados	Aves		
Cámaras sensibles	Felinos		

Fuente: Tomado de Mora (2004).

Por rastro se entiende todo vestigio, señal, o indicio (evidencia) que deja uno o varios individuos en un sitio dado, los cuales delatan su presencia. Así, por ejemplo los mamíferos dejan diversos tipos de rastros, entre los que se pueden señalar los siguientes (Aranda, 1980):

✓ Huellas	✓ Señales de alimentación
✓ Excrementos	✓ Desechos de la alimentación
✓ Senderos (caminos, veredas)	✓ Restos orgánicos (pelo)
✓ Madrigueras y sitios de descanso	✓ Cráneos y ornamentos
✓ Marcas en las plantas	✓ Voces y sonidos
✓ Olores	

En la mayoría de los casos, los índices derivados de rastros sirven para estimaciones de abundancia relativa, pero algunas veces pueden dar estimaciones de abundancia absoluta (Moore *et al.*, 1989).

Para fines de manejo activo suele ser suficiente una estimación relativa, es decir se comparan los datos para medir tendencias. Por ejemplo, la idea es decir que la población es mayor o menor que la del año pasado; el área de bosque tiene valores más altos que el área abierta, etc., aunque en ninguno de los casos se conozca el número total de especies (Moore *et al.*, 1989). En este caso la información se expresa como un índice de abundancia relativa, se utilizan en general índices de rastros dejados por los animales.

- **Identificación de rastros.**

Las huellas de los mamíferos pueden dividirse en dos grupos principales según la estructura del pie, que son: las huellas hechas por animales con manos y uñas como por ejemplo el jaguar, el gato de monte y el pizote; y las hechas por animales con pezuñas o cascos, como el venado, el cabro de monte y la danta.

Al examinar una huella dejada por una mano, debe prestarse atención al número de dedos, forma y tamaño de las uñas, almohadillas y sus posiciones relativas. Las uñas producen marcas en la huella en dependencia de su tamaño y de su emplazamiento en los dedos, así como de la naturaleza del suelo. Así, las uñas de los cánidos casi siempre dejarán una clara huella, pero nunca se ven las marcas de uñas en la pisada de un felino, debido a que siempre están



retraídas durante la marcha (Moore *et al.*, 1989). En casi todos los animales, las impresiones de las patas anteriores son más anchas, profundas y claras que las de las patas posteriores. Cada pisada muestra la dirección en la que se ha desplazado el animal, y en la gran mayoría de los casos ésta no es difícil de determinar (Moore *et al.*, 1989).

Al medir una pisada, se toma la longitud desde el borde anterior de la marca de la almohadilla del dedo más largo hasta el borde posterior de la almohadilla intermedia. Las uñas por lo tanto no se toman en cuenta al hacer la medición hasta el borde posterior. El ancho se mide en la parte más ancha de la huella. Para obtener medidas lo más exactas posibles lo mejor es tomarlas de huellas hechas cuando el animal se mueve despacio. La posición de las huellas refleja la manera de desplazarse del animal, y una vez que se conocen las posiciones relativas que corresponden a las diferentes marchas, se puede deducir si el animal ha estado andando, trotando, saltando o galopando. Los principales tipos de marchas son: el paso, el trote, el galope y el salto (Moore *et al.*, 1989).

Las huellas se observan e identifican claramente cuando se ven en el mismo sentido en que el animal se desplazó. Cuando se va por algún camino y hay huellas en el sentido opuesto, frecuentemente pasan desapercibidas (Aranda, 1980). Cuando se camina durante las primeras horas del día y el sol da de frente al observador, resulta difícil distinguir las huellas a menos que se haga sombra sobre ellas. Las características de las huellas tienden a ser claramente definidas si el terreno está húmedo y menos claras en suelo seco. Si se camina de noche, la mejor manera para distinguir las pisadas es proyectar la luz de la linterna lo más cerca del suelo y en sentido paralelo al mismo (Aranda, 1980). A medida que se cuentan las huellas se les borra para no contarlas dos veces.

- **Índices de riqueza y diversidad.**

La medida más simple de la diversidad es la riqueza de especies que consiste en contar el número de especies que existen en una unidad de área. Este conteo tiene dos limitaciones principales; la primera es que la medida no toma en cuenta la abundancia de las especies presentes y por otro lado, el conteo de especies depende del tamaño de la muestra. La identificación total de las especies de la comunidad toma mucho tiempo. En general no existe ningún índice que sea exacto en su medición, hay índices mejores que otros, dependiendo del tipo de colecta que se haga.

Para el caso del PNT, se pueden utilizar dos índices para determinar la riqueza y diversidad de especies. El índice de Margalef (Ecuación 1) es utilizado para medir la riqueza de especies de aves y mamíferos, su principal virtud es que elimina el efecto del tamaño de la muestra, pero no permite comparar la riqueza entre dos comunidades. Los valores fluctúan de 0 en adelante a medida que es más grande ese valor, mayor será la riqueza (Cooperación Financiera Oficial entre Alemania y Guatemala KfW / SEGEPLAN, 2000).

(1) $R = (S-1)/\text{Log}N$, donde:
 R = Índice de Margalef
 S = Número de especies
 N = Número total de especies
 Log = Logaritmo base 10

También se puede utilizar el índice de Shannon-Weaver (H' , Ecuación 2), que es un índice simple pero de amplio uso y tiene la ventaja de ser independiente del tamaño de la muestra (Brower *et al.* 1989). Así, aunque el índice funciona bien con pocos datos de conteo (aves, mamíferos, plantas, etc.), en muestras pequeñas y esparcidas produce alto sesgo. El índice también permite hacer comparaciones estadísticas entre comunidades, áreas o tiempo. El índice toma valores de 0 hasta un máximo cercano a 6 que casi nunca se da. Por lo tanto, a mayor valor del índice, mayor diversidad de un área (Cooperación Financiera Oficial entre Alemania y Guatemala KfW / SEGEPLAN, 2000).

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i (\ln p_i)$$

donde:

H' = Índice de Diversidad de Shannon-Weaver

p_i = Proporción de la especie (n_i) en la muestra total (N) y $p_i = n_i/N$

N = Número de individuos totales

Ln = Logaritmo natural de pi

Los valores de los índices de Shannon-Weaver se pueden comparar por medio de una modificación de la prueba de t-student, para determinar si existe diferencia en diversidad entre áreas o entre épocas.

El trabajo que realizarán los guardarecursos se orienta primeramente al monitoreo de especies de aves y mamíferos por su relativa facilidad de observación e identificación. No obstante, también se pueden capacitar para el trabajo con anfibios y reptiles. Además, se incluye la metodología para monitoreo de plantas, insectos acuáticos y peces. Sin embargo, el monitoreo de estos grupos debe ser conducido o al menos dirigido por biólogos debido a la dificultad que presentan tanto las metodologías como los grupos en si para trabajar.

3.1.2.1 Monitoreo de aves.

Para determinar los índices de abundancia de aves se utiliza los siguientes métodos:

- ✓ **Conteos por oportunidad:** consisten en recorrer senderos establecidos (con una distancia dada) registrando las especies de aves observadas y el número de individuos de cada una de ellas.
- ✓ **Muestreo por puntos de conteo (PC).** Esta técnica consiste en permanecer (los encargados del censo) en varios puntos pre-determinados en el bosque o fuera de él, y registrar las especies de aves y el número de individuos de cada especie, que son observadas o escuchadas durante un período de 10 o 15 minutos.
- ✓ **Conteo de aves rapaces.** La idea es realizar censos de rapaces desde miradores ubicados en cerros o puntos con buena visibilidad o sobre la copa de árboles emergentes.
- ✓ **Conteo en transectos:** se realizan caminando por los senderos a una velocidad moderada, durante una hora y se anota la hora de inicio y finalización del recorrido. Se enlistan las especies y el número de individuos identificados por observación y/o canto.

Para determinar la abundancia relativa de las aves se procede a calcular el promedio de individuos y especies, por punto y transecto, lo que se logra al dividir el total de especies o individuos vistos entre el total de puntos o transectos realizados. De esa manera la abundancia se expresa en número de especies/punto de conteo, número de especies/transecto, número de individuos/punto de conteo y número de individuos/transecto.

3.1.2.2 Monitoreo de mamíferos.

Se utilizará el transecto de ancho fijo como unidad de muestreo, cuya longitud varía de acuerdo a los distintos ecosistemas. Es aconsejable recorrer al menos de 1,5 a 2 Km. De igual modo el ancho del transecto es definido como el ancho del camino, sendero o brecha.

En cada caso se camina despacio (aproximadamente 2 Km/hora) a lo largo de senderos o brechas establecidas buscando rastros de animales.

Al encontrar una huella, se registra la especie, la fecha y el lugar donde fue encontrada. Las huellas son identificadas de acuerdo a la práctica previa. Las huellas que cruzan el sendero (transecto) serán registradas como una observación. Cuando las huellas se prolongaban por gran parte del transecto, también serán consideradas como una observación. En el caso de especies gregarias como pizotes, saínos o chanchos de monte, se registra el grupo de animales o de huellas como una sola observación. En el caso particular de los primates, cuando se localiza o se escucha un grupo, este se registra como una observación.

Se calculan los índices de abundancia dividiendo el número de observaciones de rastros (huellas, heces, tropas de primates o llamados) de animales por la longitud del sendero (transecto) en kilómetros (número de pistas/extensión del transecto-Km.).

3.1.2.3 Monitoreo de murciélagos.

No hay un método de captura único para todas las especies de murciélagos. Las redes de niebla y las trampas arpa son las más comúnmente usadas, por la facilidad de transportarlas y ubicarlas en diferentes hábitat. Cuando se realizan censos de murciélagos se deben tomar en cuenta aspectos tales como las condiciones del tiempo, el hábitat, la fase luna y algunas otras variables que pueden influenciar los éxitos de captura. Además, el conocer los hábitos de percha, los patrones de actividad diurna y nocturna, los movimientos estacionales y el tamaño de las colonias permite definir los métodos de captura a seguir en las técnicas de muestreo. Los métodos de muestreo de murciélagos deben ser seleccionados de acuerdo al comportamiento de individuos e incluso poblaciones de murciélagos. El método y diseño de captura seleccionado debe ser usado con precaución de tal manera que no se cause disturbios excesivos en la comunidad de murciélagos.

✓ Métodos de captura.

La captura de murciélagos en perchas depende del objetivo del estudio, la época del año y las etapas de su historia de vida. El exceso de captura de murciélagos puede causar que los murciélagos abandonen los sitios de perchas, por lo que se debe tener mucho cuidado con este tipo de muestreo.

Otro punto importante a la hora de diseñar el método de captura a considerar es el estatus nutricional del individuo capturado. Usualmente los murciélagos que perchan tienen mejores condiciones fisiológicas (alimento y agua), ya que son capturados luego de regresar de alimentarse. Aquellos murciélagos que son capturados antes de haberse alimentado varían el peso, así que los datos de su masa corporal tienden a ser variables. Cuando al individuo se le toman datos, por ejemplo peso, muestras de tejido, heces, tamaño, etc., es importante, para minimizar la mortalidad de individuos, suministrar tanto agua como alimento, por lo que también resulta mejor la captura de los individuos que regresan a la percha después de forrajear.

Por otra parte, también se recomienda la captura de individuos en épocas fuera de la estación reproductiva de alguna especie en particular, ya que muchas hembras durante su estado de preñez tienden a ser altamente sensitivas. Además, algunas hembras pueden abandonar las perchas por lo que dejan a sus crías abandonadas lo que aumenta increíblemente la mortalidad causada por estos disturbios. Existen varios métodos de captura en perchas por ejemplo con la mano, redes de aro y trampas de balde.

Los murciélagos pueden ser capturados cuando regresan a sus sitios de percha o bien cuando vuelan en espacios cerrados. Los métodos de captura pueden variar con el tamaño del individuo así como las características de vuelo cuando son censados. Además, es importante considerar aspectos tales como la topografía local y estructura del hábitat.

Para la captura de murciélagos cuando están en vuelo, se colocan redes de niebla durante la noche, de 12 y 6 metros de cobertura. Las redes se disponen a través de los senderos y se mantienen abiertas una cantidad de tiempo variable. Cada individuo capturado se identifica a nivel de especie y se anota la hora de captura de cada animal. Se determina el sexo y la edad de cada individuo así como su peso y se revisa su estado reproductivo. Se estima el éxito de captura de murciélagos para lo cual se multiplica el número de metros red utilizados por el tiempo de trabajo, esto es el esfuerzo de captura (EC). El número de individuos capturados por especie se divide entre EC y se obtiene el éxito de captura (Ex.C).

Este procedimiento con murciélagos puede resultar caro y difícil de realizar. No obstante, existe una posibilidad más para el monitoreo de algunos murciélagos. Se escogen senderos los cuales se recorren en busca de tiendas y se anota el número de tiendas ocupadas y desocupadas por kilómetro recorrido.

3.1.2.4 Monitoreo de anfibios y reptiles.

La metodología más sencilla para el monitoreo de herpetofauna, es realizar recorridos de día y de noche y anotar la hora y el tiempo de recorrido o esfuerzo de búsqueda. Se cuenta a todos los individuos observados sobre la hojarasca en el suelo o en la vegetación. Durante los recorridos se toma nota del tiempo de búsqueda activa o esfuerzo de captura, y se cuenta el número de individuos observados por cada 60 minutos de búsqueda o por cada kilómetro recorrido. No obstante, en la actualidad se cuenta con metodologías más elaboradas. A continuación se presentan estos métodos que se han descrito para el monitoreo de anfibios (Heyer et al. 1994) pero que son válidos para varios otros miembros de la herpetofauna en general.

En el monitoreo de anfibios existen por lo menos 10 métodos principales que son recomendados. El método más apropiado que se debe usar depende de varios factores, como por ejemplo el tipo de proyecto. Además, se debe usar el método que provea datos para contestar la pregunta planteada en el proyecto. Las preguntas generalmente son específicas y se refieren a sitios o especies (o grupos de especies – asambleas o comunidades) o bien a grupos de especies a lo largo del tiempo, en los cuales se busca determinar cambios en el tiempo por lo que se debe muestrear durante un período de tiempo amplio y varias veces al año durante varios años.

Cuadro 7
Distintos factores que se deben considerar para seleccionar la técnica apropiada para el censo de herpetofauna (modificada de Heyer et al. 1994)

?	Técnica	Resultados	Tiempo	Costo	Personal
1	Censo completo	Riqueza	Alto	Bajo	Bajo
2	Encuentros visuales	Abundancia relativa	Bajo	Bajo	Bajo
3	Transectos auditivos	Abundancia relativa	Medio	Medio	Bajo
4	Cuadrículas	Densidad	Alto	Bajo	Medio
5	Transecto	Densidad	Alto	Bajo	Medio
6	Parche	Densidad	Alto	Bajo	Medio
7	Cercas y trampas	Abundancia relativa	Alto	Alto	Alto
8	Sitios de reproducción	Abundancia relativa	Medio	Bajo	Medio
9	Cercas en sitios de reproducción	Abundancia relativa	Alto	Alto	Alto
10	Larvas	Abundancia relativa	Medio	Medio	Medio

Por otro lado, el método seleccionado depende de los hábitat a muestrear y a los hábitos de las especies, por ejemplo hay especies acuáticas, terrestres, de reproducción prolongada o explosiva y muchos otros. También, el método depende del tiempo, dinero y personal requerido para realizar el seguimiento (monitoreo).

a. Censos Completos (CC).

Los CC son la búsqueda total de individuos por especie para generar una lista de especies que permita determinar la riqueza de especies que existe en un sitio determinado. Así entonces, los CC sirven para determinar la composición faunística de un sitio. En cada sitio es necesario definir los diferentes hábitats, así como buscar todos los microhábitats y muestrear en todos. Es recomendable que los CC se hagan al principio de la estación de lluvias. Al obtener todos estos datos se pueden hacer comparaciones a lo largo del tiempo. Un punto importante del CC es que es esencial para guiar los esfuerzos de conservación de un determinado sitio o especie.

En cada CC existen lo que se llaman especies objetivo, en este caso serían todas las diferentes especies de herpetofauna existentes en el área de estudio. Cuando se hace un CC lo mejor es el Muestreo Riguroso a Corto Plazo (MRCP). Este permite hacer comparaciones cuantitativas, requiere aproximadamente unas 6 horas/persona y se pueden identificar hasta 100 especímenes. Sin embargo, los MRCP tendrían que realizarse periódicamente ya que la composición de la herpetofauna puede cambiar a largo plazo y si solo se realiza un MRCP no se podría determinar si esta composición cambia a lo largo del tiempo. La principal limitación que tienen los CC es que el mismo puede tomar varios años.

b. Encuentros Visuales (EV).

En los EV se camina un área buscando animales por un determinado período de tiempo, lo cual se expresa como número de horas/persona invertidas. Mediante este método se obtiene una lista, así como la riqueza y la abundancia relativa de las especies observadas.

Además, también con este método se puede estimar la densidad si se hace en conjunto con un método de marca y recaptura, que se puede hacer a lo largo de un transecto o de una quebrada, cuadrícula, alrededor de una poza y otros, así se muestrea toda la herpetofauna que es visible. Los EV son diferentes a los transectos debido a que estos últimos son líneas de longitud fija en puntos fijos y se concentra en la herpetofauna del suelo.

Los EV se realizan principalmente en hábitats uniformes que tengan buena visibilidad. Así, por ejemplo esto permite encontrar anuros del sotobosque o salamandras que salen después de las lluvias, así como especies en concentraciones o renacuajos en pozas pequeñas. Este método resulta muy útil para especies difíciles de capturar, sin embargo, no es un método apropiado para especies fosoriales o del dosel.

En los EV se supone que todos los individuos tienen el mismo chance de ser observados, ya sea durante la búsqueda o bien durante diferentes estaciones. Así también, se supone que cada individuo se cuenta solo una vez y que no hay efectos relacionados al observador por lo que dos resultados de dos personas en la misma búsqueda son iguales. Los EV muestran dos claras limitaciones, la primera es que no todos los microhábitats o estratos pueden ser muestreados con el mismo éxito, y segundo que todos los hábitats pueden ser muestreados con el mismo éxito.

Por otra parte, se puede encontrar diferentes diseños en los EV: Caminatas al azar, cuadrículas y transectos. Las Caminatas al azar se realizan en áreas relativamente grandes, por ejemplo se puede caminar 50 metros en direcciones diferentes en donde se cuentan todos los elementos de la herpetofauna dentro de 1 metro a cada lado del camino y, además durante las caminatas se debe especificar el tiempo, para así hacer los datos comparables.

Por otro lado, las cuadrículas generalmente tienden a ser 10 de 10 x 10 o 25 x 25 metros, las cuales se muestrean sistemáticamente. Estas cuadrículas se pueden marcar con estacas como estaciones permanentes. Al igual que en las caminatas al azar en las cuadrículas también se debe especificar el tiempo de muestreo. Por último, los transectos que puede ser uno de longitud determinada o bien, 10 transectos de 100 metros en un hábitat separados entre si por 20 metros. En cualquiera de los dos casos se cuenta lo que esté dentro de un (1) metro a cada lado del transecto. Los transectos también se pueden establecer permanentemente y se deben recorrer por lo menos una vez por estación del año.

El método que se sigue en los EV es buscar en diferentes hábitats y microhábitats y se puede efectuar a tres intensidades diferentes: baja, media e intensa. En la intensidad baja se camina y se anota lo que se ve, en la media no solo se camina y se observa si no que se busca debajo de rocas y troncos que se deben dejar como estaban. Se considera que esta intensidad es la más apropiada. En la intensidad alta se rebusca todo y generalmente se causa mucha perturbación en los sitios.

En cuanto a los datos, se debe primeramente preparar una hoja de datos e incluso, cuando se trata de un monitoreo, se deben presentar gráficos con histogramas o curvas de frecuencia, en los cuales se observa la fenología y la actividad de varias especies. Al tener

los datos ordenados se pueden aplicar varias pruebas estadísticas. Sin embargo, es importante validar los datos, por lo que se recomienda usar en conjunto con métodos de marca y recaptura.

c. Transectos Auditivos (TA).

En los TA se cuentan todos los machos que cantan en un transecto. Con esto se puede obtener la abundancia relativa de machos que llaman, la abundancia relativa de todos los adultos, la composición de especies, los hábitats de reproducción o uso de microhabitats y la fenología reproductiva de las especies. Este método está dirigido principalmente para especies que son más fáciles de oír que ver, por ejemplo los anuros en el trópico. Es también mejor para especies que se reproducen durante varias semanas o meses. Los TA se realizan en todos los hábitats, microhábitats y estratos y son muestreados simultáneamente. Un punto importante es que se debe aprender a reconocer las especies por el canto y la distancia a la que llaman.

En los TA se hace un muestreo de transecto en línea y se estima la distancia perpendicular de las especies que se oyen a la línea central del transecto. Además, se determina un ancho fijo de transecto y se cuentan todos los individuos dentro de él. Este método es similar al método de cuadrículas y es muy usado en muestreos de aves, mamíferos y huellas, pero también es aplicable a la herpetofauna.

Se supone que en los TA, la persona que realiza el muestreo debe reconocer los llamados (canto) de cada especie, para esto es necesario que la persona invierta gran cantidad de tiempo aprendiendo a reconocer cada llamado con el fin de evitar errores. Otro dato importante es que solo los machos reproductores cantan por lo que solo se cuentan los machos dentro del transecto y, además se debe contar a los individuos una sola vez. Otro supuesto para TA es que las distancias son constantes, apropiadas a los microhabitats y por supuesto todos los hábitats deben ser muestreados.

Existen varias limitantes cuando se realiza un muestreo por TA, esto ya que las especies que se encuentran fuera del pico reproductivo no cantan por lo que no son tomadas en cuenta. Además, algunas especies tienen épocas reproductivas relativamente cortas. Los reptiles (con pocas excepciones) tampoco tienen voz. Otra limitante es que existen especies esporádicas, es decir, que únicamente aparecen en determinado tiempo. La distribución en parches de algunas especies también tiende a afectar un muestreo por TA.

Un punto también importante de ser tomado en cuenta es el efecto del observador, ya que varía dependiendo de la capacitación que tenga la persona en el campo. Por último, los llamados de los machos y su detección varían mucho, debido por ejemplo a factores ambientales como la lluvia y el viento que ocasionalmente reducen la detección de los cantos.

Los muestreos por TA se realizan a través de transectos de aproximadamente un kilómetro de longitud, y la distancia entre transectos debe ser suficiente para no contar individuos dos veces. Los transectos deben ser establecidos azarosamente (pasen o no por los sitios de reproducción de los anuros), lo importante es que deben cubrir todos los hábitats del

área. En cada transecto (de 2 a 5 transectos) se deben realizar de 6 a 9 búsquedas con el fin de eliminar errores de detección. Se deben encontrar especies con densidades de 1 a 5 individuos/ha.

Para especies raras se deben hacer al menos 15 censos (densidad 1 ind. /2km). Los censos deben ser hechos antes de medianoche (para especies nocturnas); las horas de mayor actividad son entre las 6:00 y las 9:00 PM., por lo que estas horas son las mejores para realizar los censos, o bien al amanecer o anochecer o después de la lluvia para especies diurnas. Ha que se muy cuidadoso y llevar un buen registro para lo cual se recomienda usar hojas de datos (o todavía mejor una grabadora). Los datos se pueden graficar; por ejemplo se grafica el número de machos que cantan por semana o mes (pico) y se divide el número de individuos registrados entre el área del transecto (2 XY). La media es la media más alta determinada. Con los datos de ser posible se debe determinar la densidad ecológica de las especies en el área. Se puede usar transectos lineales acorde con el hábitat, por ejemplo uno o varios paralelos a una quebrada.

d. Muestreo de cuadrículas.

En este tipo de muestreo se delimitan varias cuadrículas pequeñas en sitios escogidos al azar y se busca toda la herpetofauna dentro de las parcelas delimitadas. Este método es realizado especialmente en sitios de bosques densos (muchas especies de hábitos secretivos). Con el muestreo de cuadrículas se determinan las especies presentes en el área, su abundancia relativa, densidades y también permite usar estadística. Este muestreo supone que los animales no dejan el área debido al muestreo (antes de ser contadas), las cuadrículas se pueden escoger al azar y producen datos independientes. Además, supone que todos los animales están “disponibles”. Se deben repetir temporadas y condiciones climáticas a través de los años. Este método es únicamente válido para especies del mantillo (no de otros niveles o estratos). Además, para que el método sea comparativo, se debe trabajar siempre con el mismo personal.

Las especies objetivo a considerar con esta técnica son las especies de mantillo así como otras especies que existen a lo largo de las quebradas. Entre las limitantes que provee ésta técnica, se encuentran el trabajo intenso y minucioso que se debe de llevar a cabo y además el hecho de que algunas especies arbóreas y fosoriales pueden quedar por fuera del censo.

En el muestreo, la parcela es el total y los cuadrantes están colocados en ella azarosamente. Las cuadrículas se encuentran separadas de tal forma que no se vean afectadas por el muestreo, es decir por otros individuos que entran desde otras parcelas. El tamaño de la parcela a utilizar, depende si la especie(s) a evaluar es una especie en particular de altas densidades o si por el contrario se pretende incluir varias especies o especies de amplia distribución. En el muestreo con cuadrículas entre el número de parcelas a realizar y sus dimensiones se encuentran: de 25 a 30 cuadrículas pequeñas (1m x 1m) para realizar análisis estadístico; cuadrículas grandes entre 50 y 100 colocadas aleatoriamente. Cuadrículas de 8 x 8 metros con estacas y mecate. En este tipo de muestreo se limpian 30 cm. a lo largo del mecate para ver a las especies que se escapan y posteriormente se rebusca dentro de toda la cuadrícula.

e. Transectos.

En el muestreo con transectos, éstos se realizan de dos (2) metros de ancho a lo largo de diferentes gradientes o tipos de hábitat. La ventaja de este método de muestreo es que detecta cambios en los gradientes analizados por lo que se considera lo mejor cuando se realizan muestreos en gradientes altitudinales como montañas o ríos. Por otro lado, los transectos permiten comparaciones estadísticas. Las especies que se distribuyen en parches, así como la distribución de variedades y también aquellas especies que se sustituyen dentro de un gradiente o especies de herpetofauna de poca movilidad, son las especies objetivo de este tipo de muestreo.

Cuando se realizan muestreos mediante el método de transectos, en el área a investigar se colocan varios transectos de forma paralela. La longitud de los transectos depende de varios factores entre ellos el hábitat, el gradiente y otros. Si el área a muestrear es pequeña se colocan de 25 a 30 transectos de 100 metros de largo (2 m de ancho) divididos en subsecciones de 1 metro, de estas se escogen al azar de 250 a 300 puntos para rebuscar. También se pueden utilizar senderos de menor longitud si se desea muestrear todo el sendero, sin embargo, es preferible entonces utilizar el método de las cuadrículas. Una vez que se han colectado los datos de herpetofauna a lo largo de los transectos, se determina el número de individuos por especie y se determina además la densidad media de cada especie en todo el transecto. Si se tienen varios puntos de muestreo se pueden usar subsecciones, preferiblemente un punto (la media del transecto) por sendero, en tal caso el transecto puede ser tratado como cuadrícula.

f. Parches.

El método de utilizar parches es importante para determinar el número, abundancia relativa y densidad de especies presentes en subunidades discretas de hábitat (parches) y para comparaciones a largo plazo o bien con otras áreas. Las especies a considerar en este tipo de muestreo es cualquier especie que se cree que existe únicamente en esos parches, por ejemplo una bromelia, así como la herpetofauna de una determinada subunidad de hábitat (un parche particular). Los parches son una modificación de muestreo de cuadrículas (punto 2.3.4.4), por lo que estadísticamente son cuadrículas, pero no se muestrea entre parches. Entre los supuestos de ésta técnica se encuentran: primero, que los parches tienen límites concretos; segundo, los parches deben ser bien definidos, por ejemplo troncos; tercero, los parches son localizables y por último, que todos los individuos en el parche son contados.

En el muestreo de parches se localizan los parches y se muestrean todos o aquellos escogidos al azar. Se deben muestrear al menos 30 (depende de la varianza la cual se desconoce a priori). En cada parche se cuentan todos los individuos. Por otra parte, también se puede sacar la localización de cada parche y así analizar la distribución espacial de individuos y especies, lo que permite hacer un análisis de conglomerados o vecino más cercano.

g. Cercas de Deriva y Trampas, Búsquedas en Sitios de Reproducción y Cercas de Deriva en Sitios de Reproducción.

Estas son técnicas más caras o más específicas. Con las cercas de deriva se debe invertir en materiales, personal, tiempo y mantenimiento que por lo general no están disponibles en las áreas protegidas. Además, para cubrir áreas grandes, la inversión tiene que ser muy alta. La búsqueda de sitios de reproducción es adecuada pero sólo para medir a unas pocas especies en un período dado. Sin embargo, es muy importante tener identificadas estas áreas de reproducción para efectos de la zonificación y manejo del área protegida. Una combinación de las dos técnicas anteriores prepara en el uso de cercas de deriva en sitios de reproducción. Esta técnica es útil para situaciones muy particulares y específicas. No obstante, cuando se utiliza esta última técnica, puede ser complicado y demanda tiempo, dinero y personal a nivel alto.

h. Muestreos de renacuajos u otras larvas de anfibios.

Con esta técnica se realizan muestreos en cuerpos de agua donde se desarrollan los renacuajos, lo cual permite determinar la densidad y la abundancia relativa de renacuajos y larvas en el sitio del muestreo. Esta técnica es especialmente útil para determinar la supervivencia de individuos, sin embargo, cuando se realizan muestreos de renacuajos o larvas puede ser complicado y demanda tiempo, dinero y personal preparado a nivel medio.

3.1.2.5 Monitoreo de insectos acuáticos.

Los insectos acuáticos constituyen un grupo de particular importancia, ya que son fuente de alimento de muchos organismos, por ejemplo peces y aves. Además, la importancia actual de este grupo radica en el hecho de que varias especies son encontradas solo en aguas limpias de ciertas características, mientras que otras especies solo se encuentran en aguas contaminadas, eutrofizadas o alguna otra condición particular.

Para el monitoreo de los insectos acuáticos se escogen sitios permanentes de muestreo conocidos como estaciones. Se muestrean diferentes estaciones (al menos siete para hacer análisis estadísticos) en cada uno de los sistemas acuáticos que se desean monitorear. Se toman las coordenadas geográficas de cada estación con un posicionador geográfico portátil (GPS). Se deben tomar varias muestras en cada estación, las cuales consiste en la búsqueda de insectos en diferentes microhábitats. Por ejemplo, en los canales del Parque Nacional Tortuguero se pueden buscar insectos acuáticos en:

- Las raíces de macollas de choreja (*Eichhornia crassipes*, Pontederiaceae),
- Las raíces sumergidas de vegetación terrestre, y
- Las hojas y otra materia en descomposición a diferentes profundidades.

Se toma las raíces de las plantas o la porción de material por muestrear y se sostiene sobre una red entomológica y se sacude para que los insectos se suelten de la planta o sustrato. Se busca luego en la red todo insecto acuático visible y se sacan con pinzas y se depositaron en frascos de vidrio que contengan alcohol. Todas las plantas se devuelven a su lugar original después de la búsqueda. Se busca por 30 minutos en cada sitio. Se rotula adecuadamente los frascos y se describe el sitio de muestreo.

Adicionalmente se toman muestras de agua para medir el oxígeno disuelto (OD), pH y dureza (contenido de metales pesados) en cada sitio de muestreo. Las pruebas se ejecutan usando “kits standard” para mediciones de la calidad del agua.

3.1.2.6 Monitoreo de peces.

Los canales del PNT son los sitios de crianza de varias especies de peces y el hábitat permanente de varias otras especies. Estas especies tienen utilidad comercial y ecológica entre otras por lo que su monitoreo es importante. El primer paso del monitoreo es completar la lista de especies existentes en el área. Se debe conducir muestreos anuales extensos e intensos que cubran un área extensa y durante un tiempo suficientemente prolongado de tal manera que la curva de acumulación de especies resulte en ninguna especie adicional en el siguiente muestreo. Adicionalmente, se deben usar varios métodos de muestreo a la vez y de forma consistente entre sitio y sitio.

Lo ideal es que al igual que en otros grupos se de un seguimiento constante de las distintas poblaciones de peces, esto debido a que hay muchos factores asociados con la contaminación de las aguas que pueden afectar estas poblaciones. Se recomienda muestreos anuales que permitan determinar la dinámica poblacional de las distintas especies de peces, de tal manera que permita concluir como se está comportando el ecosistema. En este sentido se recomienda un muestreo exhaustivo siempre en todos los hábitats posibles: corrientes, fondo, orilla entre zacate, playas de arena, entre piedras, entre vegetación o malezas; aguas sucias, acequias y en aguas pantanosas que existen en los canales dentro del Parque Nacional Tortuguero.

Se usan diferentes métodos de captura de peces en cada sitio muestreado. Los métodos de captura incluyen atarraya, chinchorro, trasmallo, cuerda de pescar, redes de mano y redes de capturar mariposas. El Chinchorro se usa estando de pie en el agua con el peso de la red hacia el fondo, se cierra la red y se lleva a tierra para inspeccionarla y sacar los peces colectados. La atarraya se tira desde el frente del bote o mientras se está de pie en aguas someras. Por otro lado, se amarra el trasmallo a un árbol, se deja que se hundan las pesas y se estira la red a través del agua o hacia el banco del canal. Así se deja por espacio de dos horas antes de sacar las muestras. Se pone carne u otro cebo en el anzuelo de la cuerda de pescar y se deja en el agua para capturar algún pez. Desde el bote se arrastra la red entomológica en el agua y la red de mariposas se arrastra suavemente en el agua.

Los sitios para hacer el muestreo son: caño Sérvulo, sector Cuatro Esquinas, laguna Jalova y caño California.

3.1.3 Monitoreo de vegetación.

Para caracterizar la composición de especies y la estructura de vegetación de un sitio se deben de tener métodos de muestreo estandarizados en los diferentes hábitats. Para asegurarse que se pueden identificar el máximo número de especies vegetales, es recomendable visitar el sitio en diferentes épocas del año y en distintos años. La identificación individual de un alto número de especies solo es posible cuando la planta

tiene flor o fruto y hay plantas que tienen ciclos reproductivos supra-anales, por lo que no producen flores o frutos todos los años.

Existen varias metodologías usadas para el muestreo de la diversidad de plantas. Dos metodologías muy utilizadas son usar senderos o parcelas. La primera consiste en recorrer un sendero de determinada longitud (ej: 200 m), este puede ser un sendero existente o uno nuevo. Estos senderos se pueden dividir en segmentos de 10 metros para efectos prácticos. En estos segmentos se trata de identificar hasta dónde sea posible todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm. y que se encuentren a menos de 2 metros a cada lado del sendero. Otros datos de cada segmento que se pueden incluir son el tipo de suelo, la pendiente, la altura del dosel, la cobertura del dosel y la cobertura vegetal del piso.

La otra metodología es hacer una parcela de 10 x 50 metros, dividida para efectos prácticos en parcelas pequeñas de 10 x 10 metros. Dentro de la parcela se identifican todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm., y luego todas las plantas con una altura mayor a un (1) metro. Para los árboles con DAP mayor a 10 cm. también se calcula la altura. Para cada especie se registra su abundancia dentro de la parcela.

Aún con estos métodos muchas plantas como hierbas y epífitas van a quedar sin registrar, por lo tanto, si se quiere tener una lista más completa se recomiendan métodos específicos para cada grupo. Obtener una buena lista de plantas de un sitio es una tarea que puede durar varios años aún si se es perseverante.

Con los datos obtenidos se pueden calcular varios índices para cada sendero o para cada parcela los cuales incluyen: número de especies, número de especies abundantes, índice de diversidad de Shannon, índice de equidad, índice de rarefacción y además se pueden anotar las especies dominantes. Otros datos estructurales que se pueden tomar en cada sendero o parcela son el promedio del DAP de los árboles, el número de árboles muertos, la cobertura de cada copa y el número de estratos del bosque.

3.1.4 Monitoreo del agua.

La agricultura, al igual que otros usos de la tierra, puede afectar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en una región. Por esto es importante realizar monitoreos de la calidad del agua, evaluando las características físicas, químicas y biológicas del agua en relación a la salud humana y del ecosistema, las condiciones ecológicas y los usos de agua designados. Para desarrollar exitosamente un programa de monitoreo se requieren



objetivos claros, comprender las preguntas que interesa contestar y los criterios de calidad de agua, conocer bien el área de estudio y el recurso agua y; contar con los recursos financieros, de equipamiento, de dirección de proyecto, recolección y análisis de datos en el laboratorio (Cooke *et al*, 2000).

Un programa de monitoreo es de gran utilidad para los manejadores de recursos; además de la recolecta, análisis e interpretación de datos, se requiere información adicional sobre hidrología, suelos y uso de la tierra. Si se conoce el número de hectáreas y el uso de plaguicidas por cultivo que impactan directamente las aguas en el área de estudio, se puede estimar el total anual de plaguicida entrando a la zona según su acción biocida y por tipos de sustancias químicas. Según las características ambientales de los plaguicidas usados y la frecuencia de detección y concentración en las aguas monitoreadas, se puede evaluar el impacto potencial y riesgos sobre los ecosistemas (Scott *et al*, 2002).

Entre otros, la finalidad del monitoreo es hacer una evaluación de impacto, predecir según diferentes escenarios o situaciones y, diagnosticar el estado del ambiente o identificar tendencias. Lo anterior teniendo presente si el recurso agua es para consumo humano, para usos de recreación y estéticos; para riego agrícola, acuicultura o industria o; para protección de la vida acuática como en el ACTo. Así mismo, se debe tener claro si la fuente de contaminación es puntual, en el caso de drenajes directos a los cuerpos de agua; o no puntual como escorrentía y deriva aérea de contaminantes, como el caso de la agricultura. Esta última es la contaminación más difícil de controlar pues requiere cambios en las prácticas de manejo de cultivos (Cooke *et al*, 2000).

Las fuentes de contaminación no puntuales incluyen:

- los sedimentos, los cuales reducen la penetración de la luz, alteran las condiciones del fondo y arrastran sustancias químicas;
- los nutrientes como el fósforo que puede ocasionar eutroficación y el nitrógeno, ambos componentes de la dieta de plantas y animales;
- microorganismos como bacterias, virus y protozoarios de las aguas servidas de poblaciones y crianza de animales y;
- plaguicidas agrícolas.

También, hay otros factores que contribuyen a la variabilidad de la calidad del agua como las condiciones climáticas e hidrológicas, las diferencias espaciales y temporales y, el diseño del monitoreo: si son muestras discretas tomadas periódicamente o muestras compuestas tomadas en horas y localidades diferentes y tratadas como una sola muestra (Cooke *et al* 2000).

Para estudiar el impacto de actividades agrícolas es conveniente muestrear río arriba y río debajo de los cultivos. La toma de muestras por lo general es en superficie, desde estaciones en agua dulce contiguas a las áreas agrícolas hasta las zonas estuarinas; el muestreo se hace en períodos de alta y baja aplicación de plaguicidas y estaciones climáticas. Los programas de monitoreo se deben realizar durante un período suficiente de tiempo (p.e. un año) para caracterizar la variabilidad natural. En algunos casos, se requieren de hasta cinco (5) años para conocer si cambios en el manejo terrestre se

reflejan en la calidad del agua; aunque esto está supeditado a la disponibilidad de presupuesto. Entre otros, los muestreos se pueden complementar con estudios de diversidad de macroinvertebrados, pruebas de toxicidad en organismos acuáticos *in situ* y en el laboratorio, así como pruebas de toxicidad de sedimentos y muestreadores pasivos de plaguicida en el caso de ambientes lénticos (Cooke *et al* 2000, Scott *et al* 2002).

La integridad ecológica de un cuerpo de agua es la combinación de los componentes químico (*nutrientes, oxígeno disuelto, entrada de materia orgánica, tasa de sedimentación, pH, dureza, alcalinidad, turbidez, metales, sustancias tóxicas*), físico (*radiación solar, temperatura, corriente, estabilidad de los bancos, escorrentía, morfología del cauce*) y, biológico (*función y estructura de las comunidades*); si uno de estos componentes se degrada, se afecta la salud del cuerpo de agua y por ende la vida acuática. Las evaluaciones biológicas de las condiciones en que están los organismos residentes como vegetación acuática, algas, peces, insectos, langostinos, anfibios, gusanos, caracoles, mejillones y otros, junto con las evaluaciones físicas y químicas son cruciales para conocer la situación en que se encuentra un sistema hídrico. Experiencias de desarrollo e implementación de un marco de evaluación biológica dentro de programas de monitoreo, han requerido periodos de tiempo de siete (7) a 11 años (EPA 2002).

El monitoreo de variables discretas y eventos de mortalidades, como el propuesto para ACTo, es de baja complejidad; otros niveles, con inversión de tiempo, presupuesto e información de base mayores, son desde evaluar tendencias de las variables hasta el desarrollo de modelos.

3.2 Monitoreo de la gestión del Parque Nacional Tortuguero.

Las áreas protegidas en el ámbito mundial cada vez son más importantes para el desarrollo socioeconómico de los pueblos y esto se refleja en el aumento cuantitativo de espacios naturales y culturales, establecidos como áreas protegidas en las dos últimas décadas. Sin embargo, la designación como área protegida no asegura la protección de la misma, la situación en el campo es otra, muchas áreas protegidas se establecen legalmente pero no cuentan con los elementos básicos como personal, financiamiento e instrumentos de planificación y manejo que les permita cumplir con los objetivos de conservación por los cuales se establecieron.

El manejo de un área protegida hoy día es más complejo que hace 20 años, la población mundial ha crecido y por lo tanto la presión por el uso de los recursos presentes en las áreas va en aumento. En este sentido, se necesita que las instituciones responsables de las áreas protegidas públicas diseñen herramientas amigables que les permitan elaborar juicios de valor objetivo, acerca del desarrollo de la gestión de esas áreas.

Así, en el Congreso Mundial de Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas, realizado en Caracas-Venezuela en 1992, se identificó la necesidad de realizar estudios metodológicos que permitan dar un seguimiento más preciso de las acciones, elementos y estrategias de manejo en las AP del mundo (Cifuentes *et al*, 2000).

Muchas metodologías para medir la gestión de las áreas protegidas se han elaborado en el ámbito internacional (Cifuentes et al, 2000):

- ✓ Reporte de Calificaciones: criterios de consolidación de Áreas Protegidas (Scorecards: consolidation criteria): este mecanismo ha sido utilizado por The Nature Conservancy (TNC) para monitorear el avance del manejo de áreas protegidas en algunos países de América Latina dentro del Programa Parques en Peligro.
- ✓ Metodología numérica para evaluar sistemas de áreas protegidas (Rivero y Gabaldón, 1992): esta metodología ha sido aplicada al sistema de áreas naturales de Venezuela para establecer la sensibilidad intrínseca de las áreas naturales e identificar aquellas que requieren pronta atención.
- ✓ Procedimiento para medir la efectividad del manejo de áreas silvestres protegidas (De Faria, 1993): La primera selección sistemática y metodológica de indicadores básicos para evaluar el manejo fue efectuada por De Faria (1993), con base en una revisión bibliográfica de las definiciones de manejo y de sus componentes más importantes. Posteriormente, a través de una encuesta aplicada a expertos se determinaron las variables (indicadores) del manejo, más importantes y su agrupación en ámbitos (macroindicadores).
- ✓ Sistema de monitoreo de Áreas Protegidas de Centro América (Correau, 1997): Este sistema comprende una modificación del Reporte de Calificaciones de TNC e incorpora algunos elementos del procedimiento para Medir la Efectividad del Manejo de Áreas Silvestres Protegidas elaborado por De Faria en 1993. Es un instrumento para dar seguimiento a las acciones de manejo emprendidas por las áreas protegidas de la región centroamericana, documentando y evidenciando los avances en las gestiones de manejo.
- ✓ Elaboración de un marco de referencia para medir la efectividad del manejo en áreas protegidas. UICN, Comisión Mundial para las Áreas Protegidas (Hockings, 1997).
- ✓ Matriz para la evaluación de la efectividad del manejo de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (WWF Perú / Centro de Datos para la Conservación, 1998): Establece 6 ámbitos de manejo y cada uno recibe un peso ponderado en la efectividad de manejo.
- ✓ Evaluación del grado de implementación y vulnerabilidad de las unidades de conservación federales brasileñas de uso indirecto (WWF Brazil, 1998): Este proceso metodológico es una variación del procedimiento de De Faria. Se evalúan las áreas protegidas de acuerdo a dos grandes ámbitos: grado de implementación y a la vulnerabilidad. El procedimiento identifica 8 elementos importantes para evaluar el grado de implementación y 7 elementos para evaluar la vulnerabilidad.
- ✓ Evaluación de efectividad del manejo en áreas silvestres protegidas en la India (Indian Institute of Public Administration, 1998): La evaluación de la efectividad del manejo de las áreas protegidas de la India fue por primera vez llevada a cabo en 1984, utilizando cuestionarios de más de 500 preguntas.

Costa Rica asume oficialmente la implementación de la metodología Sistema de Monitoreo de Áreas Protegidas de Centro América (PROARCA-CAPAS), para dar seguimiento (monitoreo) a la gestión de las áreas protegidas, específicamente en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC) en el año 1997, experiencia que fundamentó una política nacional de seguimiento y evaluación de la gestión de las áreas protegidas, en 1998. Desde entonces, muchas de las áreas protegidas del país están utilizando la herramienta para orientar las distintas acciones de manejo.

En términos generales, se entiende el seguimiento como un proceso sistemático y continuo de observación, para propósitos específicos, de elementos de un sistema, de acuerdo a un plan y usando métodos de colección de datos comparables. Los resultados del monitoreo pueden utilizarse en la evaluación, ya que mientras el monitoreo se centra en verificar la manera en que avanza el proceso, la evaluación va tomando los resultados del monitoreo y emite juicio sobre el mismo. En este sentido, la evaluación es un proceso de formación u elaboración de un juicio sobre ciertos resultados, según criterios predeterminados (estándares u objetivos). La evaluación es un conjunto subjetivo de valores, por ejemplo, los objetivos de establecimiento de un AP. La evaluación hace referencia a un proceso de análisis objetivo del desarrollo de actividades y proceso en un momento.

Los Indicadores son parámetros cuantitativos o cualitativos que pueden evaluarse con respecto a un criterio. Describe los factores del ecosistema o del sistema social, en forma objetiva, verificable y sin ambigüedad. Uno de los instrumentos de gestión más importantes, son los indicadores numéricos, ya que permiten sustituir las apreciaciones subjetivas de los administradores, por medidas objetivas del desempeño de los procesos (Caicedo et al, 2002).

La medición periódica y sistemática de elementos (indicadores) de la gestión de las áreas protegidas, y el análisis objetivo de los cambios; permite a las autoridades pertinentes elaborar un juicio de valor acerca del estado de manejo del área protegida, para establecer las medidas correctivas o de fortalecimiento de las distintas acciones de manejo que tienen como fin el cumplimiento de los objetivos de conservación de esas áreas.

De acuerdo con SINAC (2003), el monitoreo de las áreas silvestres protegidas se entiende como un instrumento de trabajo para medir o calificar los procesos de administración de un ASP en un momento dado, considerando las condiciones imperantes, para luego comparar los resultados obtenidos con un escenario óptimo. La finalidad del monitoreo es medir los cambios ocurridos en el ASP que, como producto de la gestión administradora, tienen lugar durante un plazo de tiempo previamente determinado.

La Gestión de Áreas Naturales Protegidas se concibe como “todas las diligencias que se realizan para el cumplimiento de los objetivos de conservación por los cuales se estableció el área natural protegida” (Bermúdez, 2003).

Para los efectos oficiales respecto al entendimiento de un indicador de gestión, SINAC (2003), establece que un indicador es un aspecto concreto de la administración del ASP que evidencia directamente la efectividad de la gestión.

3.3 Monitoreo de las actividades de los visitantes en el PNT.

Uno de los objetivos fundamentales de las diferentes Categorías de Manejo de Áreas Protegidas, es el turismo y la recreación (UICN, 1994). En este sentido, la Categoría de Manejo “Parque Nacional” sin duda alguna, es en general la mejor aprovechada por la sociedad para el desarrollo de actividades de este tipo, dado que en el contexto mundial el solo nombre de parque nacional, significa un recurso valioso o relevante desde el punto de vista biológico, geomorfológico, histórico, cultural, etc.

En el caso concreto del Parque Nacional Tortuguero, el mismo se ha constituido en uno de los destinos más importantes del país, principalmente para el turismo internacional; y específicamente para la comunidad de Barra del Tortuguero, en el principal activo generador de la economía local.

Si bien un objetivo del Parque Nacional Tortuguero es conservar los recursos recreativos y turísticos para el disfrute de los visitantes, que a su vez es parte del objetivo de contribuir al desarrollo socioeconómico de la región, es importante enfatizar que el uso de esos recursos como atractivos (tortuga verde, bosque lluvioso, ríos, caños y lagunas, entre otros) no puede comprometer en ningún caso la razón misma de la creación del parque.

Lo expuesto anteriormente, significa que las actividades que se desarrollen en el PNT para el disfrute de los atractivos, deben ser congruentes con los elementos fundamentales del turismo sostenible (www.world-tourism.org/espanol/ 2005):

- ✓ Dar un uso óptimo a los recursos ambientales que son un elemento fundamental del desarrollo turístico, manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.
- ✓ Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades anfitrionas, conservar sus activos culturales arquitectónicos y vivos; sus valores tradicionales, y contribuir al entendimiento y a la tolerancia intercultural.
- ✓ Asegurar unas actividades económicas viables a largo plazo, que reporten a todos los agentes unos beneficios socioeconómicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable y de obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.

El desarrollo sostenible del turismo exige la participación informada de todos los agentes relevantes, así como un liderazgo político firme para lograr una colaboración amplia y establecer un consenso.

El logro de un turismo sostenible es un proceso continuo y requiere un seguimiento constante de los impactos negativos, para introducir las medidas preventivas o correctivas que resulten necesarias.

El turismo sostenible debe reportar también un alto grado de satisfacción a los turistas y representar para ellos una experiencia significativa, que los haga más conscientes de los problemas de la sostenibilidad y fomente en ellos prácticas turísticas sostenibles."

El SINAC (1997), estableció como su política general de turismo: “promover, facilitar y participar en el desarrollo de un turismo sostenible, basado en prácticas responsables de manejo de ASP, teniendo en cuenta para la toma de decisiones criterios acordes con las políticas de conservación de los recursos naturales y culturales”. También, para el tema de seguimiento, indica que es obligatorio realizar acciones de monitoreo permanente en las ASP para contar con indicadores claves y actualizados de los servicios prestados al turismo, a fin de facilitar la toma de decisiones para el manejo.

En el año 2003, nuevamente el SINAC fortalece la visión del turismo en las áreas protegidas, indicando la política: Promover y desarrollar el turismo sostenible en las ASP con base en prácticas responsables de administración y de planificación, tomando en cuenta los criterios y directrices propuestas en el Plan de Manejo del AP (Mena y Artavia, 2003).

En el marco del desarrollo del turismo sostenible en el Parque Nacional Tortuguero, es imperativo indicar que una de las estrategias sustantivas de la administración del parque, es la atención y manejo de los visitantes, que conceptualmente significa como “el conjunto de políticas, directrices, instrumentos, recursos y actividades, que establece la administración de un AP para facilitar al visitante el disfrute de los recursos naturales y culturales, sin que se comprometa la integridad de los recursos” (Bermúdez, 2003).

En la misma dirección del turismo sostenible, una herramienta que ayuda a los administradores de las AP a minimizar los impactos negativos por visitas, es la determinación de la Capacidad de Carga Turística, que según Cifuentes (1992), es la cantidad de turistas que puede utilizar un sitio de uso público sin impactar negativamente sobre los recursos naturales y culturales y la infraestructura del área. La capacidad de carga turística es un tipo específico de capacidad de carga ambiental y se refiere a la capacidad biofísica y social del entorno respecto a la actividad turística y su desarrollo.



Eso significa que se puede establecer el número máximo de visitas que puede recibir un sitio, con base en las condiciones físicas, biológicas y de manejo que se presentan en el área en el momento del estudio.

CAPÍTULO IV

LA INVESTIGACIÓN Y MONITOREO INTEGRAL APLICADO AL MANEJO DEL PARQUE NACIONAL TORTUGUERO Y SU ENTORNO

En este capítulo se definen las necesidades de investigación científica y de estudios técnicos que son necesarios para coadyuvar en el cumplimiento de los objetivos de conservación del Parque Nacional Tortuguero.

También, se establecen los indicadores biológicos y los indicadores para medir impacto negativo por visitas en el PNT, que serán sujetos de medición periódica para emitir juicios de valor (evaluación).

Se explica el indicador, la periodicidad de la medición, los sitios de medición, quiénes pueden hacer la medición, cómo hacer la medición y algunas recomendaciones para la interpretación de las mediciones (datos).

4.1 Investigación científica y estudios técnicos para el PNT.

La Investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna (digna de fe y crédito), para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. La investigación tiene como base el método científico y este es el método de estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la predicción, ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos. La investigación ayuda a mejorar el estudio porque nos permite establecer contacto con la realidad a fin de que se conozca mejor, la finalidad de ésta radica en formular nuevas teorías o modificar las existentes, en incrementar los conocimientos; es el modo de llegar a elaborar teorías (<http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml#INTRO>, 2006).

4.1.1 Orientación de la investigación en el PNT y alrededores.

La investigación científica en el Parque Nacional Tortuguero, debe obligatoriamente orientarse en los siguientes elementos.

a. Objetivos de conservación.

Toda investigación y monitoreo en el PNT debe dirigirse de tal forma que ayude a la administración de parque a orientar el cumplimiento de los objetivos de conservación definidos en el Plan de Manejo (2004):

- ✓ Conservar muestras representativas de ecosistemas terrestres y marinos presentes en la zona de vida bosque tropical muy húmedo, en el Caribe norte costarricense.
- ✓ Proteger especies de flora y fauna que se encuentran en peligro de extinción, especialmente las tortugas marinas, los felinos, el manatí, el almendro y algunas aves.

- ✓ Proteger los recursos paisajísticos sobresalientes como son la red de canales y lagunas naturales.
- ✓ Conservar los recursos terrestres y marinos con fines espirituales, científicos, educativos, recreativos y turísticos.
- ✓ Contribuir al desarrollo socioeconómico y ambiental de la región del Caribe norte costarricense.

b. Objetos focales de manejo.

Basado en los resultados de la Metodología de Conservación de Sitios de The Nature Conservancy (TNC), aplicada durante el proceso de elaboración del Plan de Manejo (2004), se priorizaron ocho objetos de manejo relevantes para la conservación; estos son:

- ✓ **Los Insectos acuáticos:** comprende los insectos que habitan los ecosistemas saludables de agua dulce del área de estudio.
- ✓ **El humedal:** ecosistema inundado, con su cobertura natural.
- ✓ **Los felinos:** poblaciones de felinos del área que incluyen: jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), manigordo (*Leopardus pardalis*), caucel (*Leopardus wiedii*) y león breñero (*Herpailurus yaguarondi*).
- ✓ **El cariblancos o chancho de monte:** poblaciones de cariblanco (*Tayassu pecari*) que utilizan el área como su hábitat.
- ✓ **Las aves del bosque:** son aquellos grupos de aves que se restringen a condiciones de bosque adentro, por ejemplo hormigueros, trepadores y saltarines.
- ✓ **Los canales navegables en uso:** canales utilizados para el transporte de la zona definidos a partir de navegabilidad.
- ✓ **El yolillo:** asociaciones vegetales donde la especie predominante es el yolillo (*Raphia taedigera*).
- ✓ **El manatí:** poblaciones de manatí (*Trichechus manatus*) que utilizan como hábitat los cuerpos de agua del parque y alrededores.

Investigaciones dirigidas al conocimiento del estado de conservación de los anteriores objetos de manejo, deben ser prioritarias.

c. Vegetación.

La investigación y monitoreo con prioridad en las siguientes especies.

- Especies maderables: Es necesario estudios para ubicar e identificar especies de árboles maderables como semilleros, por su valor o acervo genético.
- Especies de plantas endémicas de Costa Rica encontradas en el PNT, y plantas endémicas del PNT (Plan de Manejo 2004).
- Especies clave: Especialmente investigación dirigida al árbol “almendro de montaña” (*Dipteryx panamensis*), especie fundamental para la sobrevivencia de la lapa verde (*Ara Ambigua*).

d. Fauna.

- **Insectos acuáticos:** en este grupo existen organismos que presentan un grado de tolerancia muy bajo a contaminantes por lo que su presencia en un río puede indicar que el agua está poco contaminada. De la misma manera, la abundancia de organismos muy tolerantes a condiciones adversas en un río puede indicar que se está ante un grado alto de contaminación del recurso. Existen ciertos grupos de insectos acuáticos que se encuentran siempre en un ecosistema de características definidas. Además, conforme se da un aumento en las perturbaciones dentro de los ecosistemas acuáticos se espera que se de una disminución de la diversidad de insectos funcionales; sin embargo, una baja diversidad no significa necesariamente una baja calidad del agua, como puede ocurrir en ambientes acuáticos oligotróficos. Así, se hace necesario el estudio de distintos grupos que relacione algunos componentes de la comunidad bentónica y el grado de contaminación del río.
- **Anfibios y reptiles:** Los anfibios y reptiles son grupos de gran interés en la actualidad. Una de las más importantes razones es el fenómeno del decline de poblaciones que están sufriendo los anfibios en todo el mundo, es por ello que es sumamente importante la investigación y monitoreo de estos grupos en el PNT. Desde el punto de vista de la biodiversidad del parque, los sistemas acuáticos tienen importancia vital, muchas especies de anfibios utilizan los cuerpos de agua para su reproducción y existencia durante un período de su vida. De igual manera varias especies de reptiles dependen del agua directamente, especialmente los caimanes, cocodrilos y tortugas de agua dulce. Varias culebras como la *Boa constrictor* y *Chironius carinatus* entre otras utilizan frecuentemente los sistemas acuáticos para desplazarse y alimentarse. *Hyla rufitela* es una especie casi exclusiva de bosques primarios y es probable que la alteración o disturbios de la cobertura vegetal o de la calidad del agua en este hábitat afecten negativamente la población de este anuro. Estudios de hábitos, abundancia relativa e indicios de actividad reproductiva de las especies indicadas anteriormente, podrían contribuir al conocimiento y estado de las poblaciones de anfibios y reptiles del PNT.
- **Peces:** En general los peces es un grupo muy importante para los fines de conservación en el parque. Merece especial atención el pez gaspar (*Atractosteus tropicus*), de gran interés evolutivo, ya que la mayoría de sus parientes dejaron de existir hace varios millones de años y por tal razón de esta especie se dice a menudo que es un fósil viviente. También, entre los peces que han sido reportados para la zona hay varios de importancia económica, ya que sirven tanto de alimento como para la pesca deportiva, como el robalo (*Centropomus undecim*). Se recomienda estudios que permitan conocer la dinámica poblacional de las distintas especies de peces, de tal manera que se pueda explicar y concluir como se está comportando el ecosistema acuático del PNT.
- **Aves:** El papel ecológico de organismos consumidores como las aves en los complejos ecosistemas se puede ver en varios niveles. Representan un agente de control importante para insectos herbívoros y roedores; son indispensables para la dispersión de frutos y semillas; para la polinización de muchas especies de plantas angiospermas; por la gran movilidad de las aves es fundamental para la dinámica de los bosques

tropicales y para ver la respuesta de éstos a la alteración y fragmentación, entre otros roles. En este sentido, las aves juegan un papel importante en el mantenimiento de la heterogeneidad espacial y diversidad de los bosques como tales, además de facilitar los procesos de regeneración y colonización de áreas boscosas alteradas. La avifauna del Parque Nacional Tortuguero es extremadamente variada y contiene cerca del 50% de las especies de aves de Costa Rica. La misma es variable en el sentido de que presenta especies pertenecientes tanto a zonas alteradas, como especies exclusivas a sitios boscosos. La diversidad de gremios alimentarios presentes en el Parque Nacional Tortuguero, evidencia la complejidad de este ecosistema, así, se observa un elevado número de especies que se alimentan de hormigas, especies frugívoras, granívoras y nectarívoras. También, especies que consumen una amplia variedad de alimentos y especies que se alimentan de vertebrados de pequeño y mediano tamaño como el martín peña (*Tigrisoma mexicanum*), el martín pescador (*Ceryle torquata*), el chirincoco (*Aramides cajanea*) y el mahafierro (*Glaucidium griseiceps*). Especial interés para promover estudios deben ser las especies de aves que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, como por ejemplo: lapa verde (*Ara Ambigua*), pavón grande (*Crax rubra*), garza pechicastaña o agamia (*Agamia agami*), rey de zopilotes (*Sarcoramphus papa*), perico azteca (*Aratinga nana*), martín pescador (*Chloroceryle inda*), bolsero coliamarillo o chorchá (*Icterus mesomelas*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), halcón cuelliblanco o caza murciélagos (*Falco ruficularis*), entre otros.

- **Mamíferos:** En términos de conservación, los mamíferos son uno de los grupos más importantes. Quizá la razón principal es que los mayores depredadores, aquellos que están en la parte más alta de las cadenas tróficas son mamíferos y cuando se toman medidas para protegerlos, estos actúan como especies sombrilla, pues su protección engloba a muchísimas especies. Es necesaria la investigación de mamíferos amenazados o en peligro de extinción como son los felinos (jaguar, manigordo, caucel y león breñero); los monos (congo, carablanca y colorado), el cariblanco o chanchito de monte, el manatí, la danta, el oso hormiguelo u oso caballo, el falso vampiro, el serafín de platanar, el armadillo, la ardilla, el grisón, la nutria y el oso perezoso. También el tepescuintle por ser un mamífero muy presionado por la cacería futura.

Dentro de este grupo, el orden Chiroptera (murciélagos) es el segundo orden más diversificado de los mamíferos y por su gran variedad y abundancia en las regiones tropicales húmedas, juegan un papel muy importante en las comunidades tropicales, ya que son importantes dispersores de semillas, polinizadores y depredadores de insectos voladores nocturnos. A las especies indicadoras de calidad de hábitat, como *Trachops cirrhosus*, *Mycronictes brachyotis* y *Ectophylla alba*, se les debe prestar especial atención al número de individuos y proporción de sexo que son factores importantes en la supervivencia de la población.

Aunque se ha indicado las especies anteriores como sujetas de estudios prioritarios de investigación y monitoreo, es necesario verificar la existencia de al menos 57 especies de mamíferos reportadas en el PNT si incluir los murciélagos (Mora et al, 2004).

e. Otros objetos de investigación en el PNT y alrededores.

- Caracterización detallada de los tipos de vegetación del parque.
- Inventarios de especies de flora y fauna introducidas en el parque.
- Estudios de la relación de las especies introducidas con la biodiversidad local para determinar medidas de manejo activo.
- Monitoreo del comportamiento de estas especies para el control o erradicación de las mismas.
- Estudios de dinámica de poblaciones de flora y fauna de mayor uso por las comunidades aledañas a las ASP (caza y pesca).
- En el tema acuático, realizar estudios de calidad del agua y sedimentación.
- Inventario de la fauna acuática.
- Estudios de la dinámica poblacional, distribución, abundancia, estructura, etc., de las comunidades marino-costeras del parque.
- Valoración económica de especies de fauna que son presionadas por los cazadores.
- Estudios para determinar la composición social de las comunidades prioritarias del PNT.
- Satisfacción del visitante por los servicios recibidos y actividades realizadas en el parque.

4.2 Indicadores para el Monitoreo Integral del Parque Nacional Tortuguero y su Entorno

Para darle seguimiento del estado de los ecosistemas presentes en el Parque Nacional Tortuguero, se establece el monitoreo de las especies de anfibios, reptiles, aves terrestres y acuáticas; mamíferos terrestres y acuáticos; peces, insectos y vegetación, tal como se señalan más adelante.

4.2.1 Monitoreo de anfibios y reptiles.

a. Censo Completo (CC) de herpetofauna mediante un Muestreo Riguroso a Corto Plazo (MRCP).

El CC es la búsqueda total de individuos por especie para generar una lista de especies que permita determinar la riqueza de especies que existe en un sitio determinado. Así entonces, los CC sirven para determinar la composición faunística de un sitio. En cada sitio es necesario definir los diferentes hábitats, así como buscar todos los microhábitats y muestrear en todos. Es recomendable que los CC se hagan al principio de la estación de lluvias. Al obtener todos estos datos se puede hacer comparaciones a lo largo del tiempo. Un punto importante del CC es que es esencial para guiar los esfuerzos de conservación de un determinado sitio o especie.

Este CC se realizará cada año pero alternando los cuatro (4) sectores del parque, esto es: el primer año en Aguas Frías, el segundo año en Cuatro Esquinas, el tercer año en Jalova y el cuarto año en Sierpe, para en el quinto año regresar a Aguas Frías. Es decir que se ejecutará un CC de herpetofauna cada cuatro años en cada sector del parque.

Este método es especializado y por lo tanto requiere la ejecución o al menos la dirección de un biólogo con énfasis en herpetofauna (anfibios y reptiles).

b. Monitoreo de herpetofauna en parcelas permanentes.

Hay que demarcar una parcela permanente en cada uno de los cuatro sectores del parque (Cuatro Esquinas, Aguas Frías, Sierpe y Jalova). Las parcelas deben contener 10 transectos de 100 metros de longitud cada uno, separados entre sí por 20 metros. Se cuenta lo que se encuentre dentro de un (1) metro a cada lado del transecto y se obtiene un índice de abundancia relativa.

Los transectos deben establecerse permanentemente y serán recorridos una vez cada seis meses por cada época del año (seca y lluviosa). El conteo se realizará durante la noche y debe realizarlo personal especializado. Adicionalmente, los transectos serán recorridos durante el día con el objetivo de contar específicamente a los dendrobátidos (ranas venenosas).



Además, se podrían establecer otros grupos de transectos adicionales en sitios con mayor o menor alteración. En el puesto de Cuatro Esquinas ya se marcaron cinco (5) transectos permanentes. Se podría montar otro sistema igual bosque adentro donde antes se localizaba el sendero “La Ranita Roja”, y otro en el bosque cercano al sitio conocido como Juana López.

Todos estos transectos deben ser recorridos (trabajados) al menos una vez por estación (seca y lluviosa), aunque idealmente sería mejor cada tres meses.

c. Monitoreo de tortugas marinas.

El monitoreo de tortugas marinas, lo debe seguir realizando la Caribbean Conservation Corporation (CCC), por ser una organización especializada que trabaja en la zona en investigación y monitoreo de tortugas marinas desde antes de la creación del parque. Esta organización debe trasladar y presentar la información recopilada periódicamente a las autoridades del parque, para conocer la situación poblacional de estos reptiles.

d. Monitoreo de cocodrilidos y tortugas continentales.

Otros objetivos importantes de monitoreo de herpetofauna no asociada directamente al bosque, son los cocodrilidos y las tortugas de río (continentales).

Cada seis meses se hará un recorrido en estos sitios, para realizar un conteo de individuos. Un recorrido en el día y otro en la noche.

Para realizar el conteo diurno de ambas especies, se utilizará un bote a remo, mientras que el conteo nocturno que es únicamente para los cocodrilidos, se utilizará el bote con el motor fuera de borda.



Para el monitoreo de estos, se establecerán transectos con una distancia de cinco (5) kilómetros de longitud, en los siguientes sitios:

✓ Río Tortuguero	✓ Caño California
✓ Caño Sérvulo	✓ Caño Negro
✓ Entre la salida del río Sierpe y el Centro Operativo Cuatro Esquinas	

En el **Anexo 1** se presenta un ejemplo para tomar datos de la medición.

4.2.2 Monitoreo de aves.

Es necesario monitorear aves de bosque adentro, aves de caza como los pavones, aves rapaces residentes y migratorias, aves utilizadas para mascotas como los loros y guacamayas, aves acuáticas y aves de especies nuevas en la región.

a. Monitoreo de aves del bosque adentro.

El principal objeto de manejo de este grupo son las aves del bosque adentro (formicáridos, tamnofílidos, furnáridos, y algunos pípridos y dendrocolaptídeos).

Se deben realizar 10 recorridos en senderos ya establecidos en los cuatro sectores del parque (Aguas Frías, Sierpe, Jalova y Cuatro Esquinas) para contar el número de especies y el número de individuos por especie que se puedan ver en horas de la mañana. La duración de cada recorrido será de 40 minutos cada uno, a una velocidad moderada. Los conteos tendrán una periodicidad de dos veces al año (cada seis meses).

También, se deben realizar conteos fijos dentro del bosque, con una duración de 10 minutos cada uno, en 20 puntos diferentes de cada sector del parque. La periodicidad de estos conteos será de dos veces al año (cada seis meses).

b. Monitoreo de aves de caza como pavas y el pavón (*Crax rubra*).

En este caso se establecerá un transecto fijo de al menos 5 Km. de longitud en los sectores de Sierpe (sendero “Beltrán”) y Aguas Frías (sendero a Lomas de Sierpe).

El recorrido se realizará a una velocidad moderada, para contar el número de individuos detectados. La periodicidad del monitoreo será de dos veces al año (cada seis meses).

c Monitoreo de Psitácidos (guacamayas y loros).

Se deben establecer cinco puntos fijos de conteo en cada uno de los sectores del parque (Sierpe, Agua Fría, Jalova y Cuatro Esquinas). Durante 60 minutos se cuenta el tamaño del grupo, las especies diferentes y frecuencia de los grupos. La periodicidad de este monitoreo es de dos veces al año (cada seis meses).

También, durante los recorridos (conteo por distancia) para el conteo de pavas y pavón, se aprovechará para contar el tamaño de los grupos y las especies en los senderos “Beltrán” y “Lomas de Sierpe”.



Adicionalmente, es factible monitorear sitios de alimentación de estas aves, para lo cual hay que identificar primero estos sitios, y se cuenta durante 60 minutos el tamaño, las especies y la frecuencia.

d Monitoreo de aves rapaces residentes y migratorias (Accipitridae y Falconidae).

Se deben establecer tres puntos fijos de conteo de aves rapaces en cada uno de los sectores del parque. El tiempo de permanencia para contar las aves en cada punto debe ser de 60 minutos cada uno. La periodicidad del conteo es de dos veces al año (uno cada seis meses).

Para el caso del conteo de aves rapaces migratorias, el conteo se realizará en el Sector de Sierpe, entre los meses de setiembre y noviembre, cuando estos son más numerosos.

e. Monitoreo de aves acuáticas.

Se realizarán transectos acuáticos para determinar la densidad de las siguientes especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*), el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla verde (*Butorides virescens*), el cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantil (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae).



Se realizará un recorrido de 5 Km. de longitud para el conteo de aves, en los siguientes sitios:

✓ Río Sierpe.	✓ Río La Suerte.
✓ Caño Negro.	✓ De Caño Sérvulo a Cuatro Esquinas

El conteo de individuos de las especies indicadas, debe tener una frecuencia de tres veces al año (cada cuatro meses).

f. Monitoreo de especies nuevas.

Durante los monitoreos se debe tomar nota si aparecen especies nuevas y dar seguimiento a su número en el transcurso del tiempo. Por ejemplo, espátulas rosadas y otras aves han aparecido recientemente en Parismina debido a cambios en el hábitat. Estas aves podrían tener un impacto en otras especies del lugar como aves acuáticas tanto residentes como migratorias. Este último aspecto es válido también para aves terrestres exóticas.

4.2.3 Monitoreo de mamíferos.

En mamíferos se establecen las siguientes especies para el monitoreo: el manatí (*Trichechus manatus*); tres especies de felinos como el jaguar (*Panthera onca*), el manigordo u ocelote (*Leopardus pardalis*) y el caucel (*Leopardus wiedii*); el cariblanco o chanco de monte (*Tayassu pecari*), tres especies de monos: congo (*Alouatta palliata*), carablanca (*Cebus capucinus*), y colorado o mono araña (*Ateles geoffroyi*); y adicionalmente los murciélagos.

a. Monitoreo del manatí (*Trichechus manatus*).

Es una de las especies que se determinó como más amenazada en el PNT, y cuya viabilidad ecológica es muy pobre. En este sentido el monitoreo de este mamífero acuático es fundamental para establecer estrategias de manejo e incrementar las posibilidades de viabilidad.

Dada la situación indicada, se debe programar al menos un recorrido de cinco (5) kilómetros de longitud, cuatro (4) veces al año (una vez cada tres meses) en los siguientes sitios:

✓ Caño California.	✓ Caño Sérvulo, incluyendo el Caño Aguas Negras.
✓ Río Tortuguero.	✓ Río Sierpe.
✓ Laguna Tortuguero.	✓ De Cuatro Esquinas, a la salida del río La Suerte.

Durante el recorrido se cuenta el número de manatíes o bien el número de rastros de alimentación de este mamífero. Aunque se requiere cierta experiencia para distinguir estos sitios, el personal del parque es capaz de distinguirlos. Dichos rastros se refieren básicamente a sitios donde se nota que la vegetación ha sido cortada (mordida) por manatíes en fecha reciente.

Es necesario tomar fotografías de las evidencias encontradas y ubicarlas cartográficamente con GPS.

b. Monitoreo de felinos.

Las especies sujetas de monitoreo mediante el conteo de huellas son: el jaguar (*Panthera onca*), el manigordo u ocelote (*Leopardus pardalis*) y el caucel (*Leopardus wiedii*). Existen guías ilustradas para poder identificar en el campo las huellas de estos mamíferos.

Se debe establecer una ruta fija (transecto) de cinco (5) kilómetros de longitud, para realizar el conteo de huellas en los siguientes sitios:

- ✓ Sector Sierpe.
- ✓ Sector Agua Fría.
- ✓ En la playa, entre Jalova y el sitio denominado Juana López.



La periodicidad debe ser de dos veces al año (un conteo cada seis meses). Es necesario tomar fotografías de las huellas para determinar la especie.

El monitoreo de jaguares en la playa, o el conteo del número de tortugas muertas por el jaguar en la noche, debe ser constante y total durante toda la época de anidación de las tortugas marinas (de junio a setiembre).

c. Monitoreo de cariblanco o chanco de monte.

Se cuentan las huellas o conteo por observación directa del cariblanco o chanco de monte (*Tayassu pecari*), en un transecto fijo de cinco (5) kilómetros de longitud para realizar el conteo de huellas, con una periodicidad de dos veces al año (una vez cada seis meses).

Los sitios para hacer este tipo de monitoreo pueden ser los mismos utilizados para el monitoreo de felinos:

- ✓ Sector Sierpe.
- ✓ Sector Agua Fría.
- ✓ En la playa, entre Jalova y el sitio denominado Juana López.

d. Monitoreo de monos.

Las especies de monos a monitorear son: mono congo (*Alouatta palliata*), mono carablanca (*Cebus capucinus*) y principalmente el mono colorado o mono araña (*Ateles geoffroyi*). Se debe realizar un conteo de avistamientos de los grupos (tropas) de estas especies, en los siguientes sitios:

✓ Sendero El Gavilán.	✓ Sendero El Tucán.
✓ Sector de Agua Fría.	✓ Sector de Sierpe.
✓ Sendero Juana López.	

Cuatro veces al año (una vez trimestralmente), los guardaparques o las personas autorizadas realizarán recorridos en los sitios indicados, uno en la mañana y otro en la tarde para contar los avistamientos de monos y así determinar índices de observación y a la vez conducir censos con el método **KING**. Para este método se requiere contar el número de monos, la distancia a la que se encuentran del sendero y tener (o medir) la longitud total del sendero.

El valor poblacional (P) que depara cada censo es estimado con la fórmula:

$$P = \frac{AZ}{2XY}$$

Donde A es el área de donde se quiere tener la estimación y que puede ser de 1 Ha. para mayor facilidad; Z es el número de animales observados; X es la longitud del sendero, y Y es el promedio de las distancias a las que los monos fueron observados.

e. Monitoreo de murciélagos, mediante un censo de alta intensidad.

Dos veces al año (una vez cada seis meses) se debe realizar un muestreo en cada uno de los sectores del parque (Cuatro Esquinas, Jalova, Aguas Frías y Sierpe), que tiene que ser de 4 o 5 noches, de 6:00 PM a 10:00 PM, y de 3:00 AM a 6:00 AM. Los muestreos se pueden extender durante toda la noche dependiendo de las facilidades operativas y la

capacidad física del biólogo. La cantidad de metros red debe ser de al menos 60 metros (5 redes estándar de 12 metros cada una).

Durante estos censos de murciélagos hay que aprovechar el día haciendo recorridos de 2 ó 3 Km. en busca de tiendas en uso y sin usar.



4.2.4 Monitoreo de plantas.

El monitoreo de plantas es un trabajo arduo y especializado tal y como se señaló anteriormente. Además, los resultados del monitoreo se verán solo a largo plazo debido a que la dinámica de las poblaciones de plantas puede ser muy lenta.

Para contar con datos suficientes para conducir algunos análisis estadísticos como correlaciones se deben establecer al menos siete parcelas de 10 x 50 metros en cada sector del PNT (Cuatro Esquinas, Jalova, Aguas Frías y Sierpe). Las parcelas se deben censar una vez al año.

Otra posibilidad es delimitar varios senderos de al menos 200 metros de longitud o sectores de 200 metros en un mismo sendero que puede ser uno de los que ya existen en cada sector del parque. Se debe conducir un censo en cada sendero cada año.

4.2.5 Monitoreo de insectos acuáticos.

Para tener información referente al impacto del uso público de los canales, el efecto de factores externos como sedimentación y la calidad ecológica de sitios que podrían considerarse prístinos, se deben tener estaciones de muestreo en diferentes lugares. Hay que establecer siete o más estaciones de muestreo en los siguientes sitios: cercanías de la boca de Barra del Tortuguero, frente al Centro Operativo de Cuatro Esquinas, frente al Centro Operativo de Jalova, y a la mitad de recorrido entre Jalova y Cuatro Esquinas. Además, estaciones en áreas que se identifiquen como afectadas por la sedimentación o la llegada de contaminantes y en sitios “limpios” como algunos sectores de Caño Harold, Caño Tortuguero, Caño Negro, Caño California y Caño Sérvulo.

Cuatro (4) veces al año (cada tres meses), se visitan los sitios indicados para revisar las raíces de plantas acuáticas y materia orgánica en descomposición y así coleccionar los insectos en un tiempo de 30 minutos en cada sitio. Los insectos se introducen en frascos

con alcohol previamente rotulados y se envían a los laboratorios o personas autorizadas para su identificación respectiva. Según los insectos encontrados, se determina la calidad del agua.

4.2.6 Monitoreo de peces de agua dulce.

Los sitios para hacer la colecta de especímenes de peces son: cercanías de la boca de Barra del Tortuguero, frente al Centro Operativo de Cuatro Esquinas, frente al Centro Operativo de Jalova, y a la mitad de recorrido entre Jalova y Cuatro Esquinas. Además, estaciones en áreas que se identifiquen como afectadas por la sedimentación o la llegada de contaminantes y en sitios “limpios” como algunos sectores de Caño Harold, Caño Tortuguero, Caño Negro, Caño California y Caño Sérvulo.

Estos sitios se visitan dos veces al año (una vez cada seis meses) para realizar las capturas, utilizando atarraya, chinchorro, trasmallo, cuerda de pescar, redes de mano y redes de capturar mariposas. Los peces que se pueden identificar, se regresan al agua y los otros hay que echarlos en frascos con alcohol para preservarlos y luego llevarlos a la institución autorizada para tal fin.

4.2.7 Monitoreo de plaguicidas en el sistema hídrico de Tortuguero.

Se fundamenta en la necesidad de conocer la composición química del sistema hídrico del PNT y sus alrededores, dado que varios cuerpos de agua ingresan al parque atravesando comunidades, pastizales, plantaciones de banano, piña y otros cultivos agrícolas, sitios donde utilizan diversos componentes químicos para el control de insectos, malezas, etc.

4.2.7.1 Sitios para realizar los muestreos.

Para el monitoreo de los ríos, canales y quebradas que componen el sistema hídrico del PNT y alrededores, se propone realizar muestreos en al menos las siguientes estaciones o sitios determinados, incluidos dentro de la cuenca del río Tortuguero.

- a. Sitios regulares de muestreo, según el siguiente cuadro.

Cuadro 8
Sitios de muestreo propuestos para el PNT y alrededores

? de estación	Cuerpos de agua y sitios
1	Río Suerte, después de las fincas bananeras
2	Río Suerte, antes de salir a la Laguna Penitencia
3	Caño Chiquero, antes de unirse a la Laguna Tortuguero
4	Río Tortuguero, cerca de la ciudad de Cariari
5	Río Tortuguero, antes de unirse a la Laguna Tortuguero
6	Laguna Tortuguero, frente al aeropuerto de Barra del Tortuguero
7	Río Sierpe, antes de salir a la Laguna Tortuguero

- b. Laguna de Tortuguero.
- c. Sitios donde se presentan eventos de mortalidades de peces y otra fauna acuática.

4.2.7.2 Procedimiento para coleccionar las muestras de agua.

En los sitios determinados como regulares o permanentes, se hace una colecta (muestra) del agua superficial cuatro (4) veces al año; en marzo, junio, setiembre y diciembre.

Consiste en visitar estos sitios con el equipo apropiado para llenar con agua las botellas de vidrio. Posteriormente a los envases se les pone la etiqueta con los datos requeridos, se depositan en una hielera para mantener la temperatura baja y se envían al sitio que determine el PNT para los respectivos análisis químicos (**Anexo 2**). Esto permitirá hacer los análisis fisico-químicos del agua como temperatura, pH, conductividad, sólidos sedimentables, suspendidos y totales.

Para el muestreo pasivo del agua superficial en la Laguna Tortuguero, el mismo se realiza mediante una membrana especial semipermeable ("SPMD"), durante un período de cuatro (4) semanas, una vez al año.

En los sitios donde se den eventos irregulares como la mortalidad de peces, el procedimiento es visitar el sitio para tomar las muestras de agua con el protocolo respectivo y también muestras de los peces u otras familias acuáticas para que sean llevados a los laboratorios respectivos.

Se adjunta un ejemplo de ficha para tomar datos (**Anexo 3**).

4.3 Monitoreo del impacto de las actividades del visitante en el PNT.

Las actividades de los visitantes en el PNT se realizan en los diferentes sitios de visita, dentro de la Zona de Uso Público en los sectores de Cuatro Esquinas y Jalova, zona establecida en el Plan de Manejo del parque en el 2004.

Para el monitoreo de las actividades de los visitantes, se establece un grupo de indicadores con el procedimiento para medirlos, en cada sitio de visita del parque. La medición periódica y sistemática de estos indicadores, permitirá a la administración del PNT tomar las medidas del caso en el momento oportuno.

Los indicadores establecidos tienen como propósito medir impactos negativos por las visitas, entendiéndose impacto negativo como el deterioro de las condiciones normales de un recurso natural, cultural y social, causado por acciones antropogénicas.

Con los indicadores propuestos, se busca determinar contaminación por desechos sólidos, disturbio de flora, disturbio de fauna y el nivel de satisfacción del visitante respecto a la experiencia vivida en el PNT (calidad de la visita).

Los datos analizados permitirán hacer los ajustes pertinentes a la capacidad de carga turística establecida.

Se adjunta un ejemplo de un esquema para tomar los datos (**Anexo 4**).

4.3.1 Monitoreo en el Sendero Terrestre El Gavilán.

a. Monitoreo de los desechos sólidos.

Un vez a la semana, un funcionario del parque o persona autorizada realizará un recorrido por el sendero El Gavilán para cuantificar en cantidad y peso, los desechos sólidos presentes. La medición lo que pretende es verificar si aumentan o disminuyen los desechos sólidos, si aumentan los desechos en consecuencia aumenta el impacto negativo.

La medición debe hacerse al final del día, después de que salen los visitantes. La información de la cantidad de desechos determinada se anota en la hoja de datos respectiva, inmediatamente después de hacer el recorrido.

Es importante indicar la cantidad o número de envases plásticos y de otros materiales encontrados en el sendero.

b. Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).

Una vez al mes y a diferentes horas (mañana y tarde) para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie, un funcionario del parque o persona autorizada hará un recorrido por el sendero para contar el número de observaciones directas de tropas e individuos de monos colorados.

c. Monitoreo de mamíferos.

Se monitorea la presencia de huellas de cabro de monte (*Mazama americana*), de danta (*Tapirus bairdii*), del tepescuintle (*Agouti paca*) y del cariblanco o chancho de monte (*Tayassu pecari*).

Un funcionario o la persona autorizara, hará un conteo de huellas en el sendero con una periodicidad de cuatro (4) veces al año, cada tres (3) meses, cuantificando el número de observaciones para cada especie. Es necesario tomar fotografías de las huellas, como evidencia de la observación. También si es observación directa de estas especies, es obligatorio anotar el número de individuos.

d. Monitoreo de la rana roja (*Dendrobates pumilio*).

En la actualidad esta rana no es común en el sendero el Gavilán, pero si es frecuente en otros sitios del parque muy cercanos al sendero, por lo que los visitantes en el sendero podría ser un factor que la afectó en el pasado.

La persona autorizada realizará un conteo de observaciones directas de esta rana a ciertas distancias del sendero para comprobar su presencia en la zona. Es decir hay que “trazar” senderos paralelos a 100, 500 y 1.000 metros para verificar la existencia de la ranita roja.

Si la rana existe en la zona se puede esperar que con las mejoras y control de visitantes en el sendero el Gavilán la rana regrese al mismo. La cuantificación de la presencia de las ranitas rojas se tiene que hacer cuatro veces al año, cada tres (3) meses.

e. Monitoreo de la flora en el sendero (ensanchamiento).

El sendero tiene un ancho determinado por donde transitan los visitantes, por lo que un funcionario del parque o persona autorizada debe hacer un recorrido por todo el sendero para verificar que no existen ensanchamientos (extensiones). Donde se verifique que existen, se mide con una cinta métrica el ancho del mismo y se anota en la base de datos.

La medición debe hacerse 12 veces al año, una al mes. Si aumenta el ancho del sendero por ensanchamiento, en consecuencia aumenta el impacto negativo en los recursos.

f. Monitoreo de pequeños caminos que ingresan al bosque desde el sendero.

Un funcionario del parque o persona autorizada hace un recorrido por todo el sendero, para determinar el número de pequeños caminos o “veredas” que parten del sendero hacia el bosque.

Esta medición se realizará cada mes y puede hacerla el mismo funcionario o persona que verifica el indicador disturbio de flora (ensanchamiento).

4.3.2 Sendero acuático río Tortuguero (2.790 metros lineales).

a. Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).

Una vez al mes y a diferentes horas para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie (mañana y tarde), un funcionario del parque hará un recorrido en bote por el sendero acuático río Tortuguero, para contar el número de observaciones directas de tropas e individuos de monos colorados en la orilla del sendero. La información recopilada se anotará en la base de datos respectiva, inmediatamente después de hacer el recorrido.

b. Monitoreo del manatí (*Trichechus manatus*).

Un funcionario hará un recorrido a lo largo de todo el sendero para contar los rastros de alimentación del manatí o bien la observación directa de la especie. Es necesaria la ubicación en hojas cartográficas (GPS) de los sitios donde existen evidencias y tomar las fotografía respectivas.

El conteo de los rastros se realizará una vez al mes.

c. Monitoreo de aves acuáticas.

Realizar recorridos acuáticos para determinar la densidad de las siguientes especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*) el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla

verde (*Butorides virescens*), el cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantíl (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae). Un funcionario del parque o persona autorizada hará un conteo por observación directa de las especies indicadas anteriormente. La periodicidad del monitoreo será una vez al mes en el primer año, a partir del segundo año el conteo puede hacerse cada tres meses.

Para determinar la sensibilidad de las especies al ruido y presencia de turistas, se debe hacer un conteo de aves en bote a remo y otro en bote con motor el mismo día, y anotar la información por separado. El conteo en bote con motor se puede hacer aprovechando uno de los tours que ingresan a este sendero en la mañana.

d. Monitoreo de la tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).

Un funcionario del parque o persona autorizada realizará el recorrido cada mes por el sendero para hacer un conteo de individuos de tortugas negras y caimanes o guajipales. Se recomienda hacer un conteo en bote a remo y otro conteo en bote a motor el mismo día anotando los datos por separado, esto para determinar la sensibilidad al ruido de estas especies.

e. Monitoreo de pequeños caminos que ingresan al bosque desde la orilla del sendero acuático.

Una vez al mes un funcionario del parque o persona autorizada, hará un recorrido por el sendero acuático para contar la presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque, desde la orilla del sendero acuático río Tortuguero. El aumento de caminos en el bosque, significa el aumento de disturbio de flora.

4.3.3 Sendero acuático Caño Harold (3.500 metros lineales).

a. Monitoreo de aves acuáticas.

Realizar recorridos en el sendero para determinar la densidad de las siguientes especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*) el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla verde (*Butorides virescens*), el cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantíl (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae).

Un funcionario del parque o la persona autorizada, hará un recorrido por el sendero para hacer un conteo por **observación directa** de las especies indicadas. La periodicidad será una vez al mes en el primer año, a partir del segundo año el conteo puede hacerse cada tres meses.

Para determinar la sensibilidad de las especies al ruido y presencia de turistas, se debe hacer un conteo en bote a remo y otro en bote con motor el mismo día (uno en la mañana y otro en la tarde), y anotar la información por separado. Se puede hacer el conteo en bote con motor, aprovechando uno de los tours que ingresan al parque.

b. Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).

Una vez al mes y a diferentes horas (mañana y tarde) para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie, un funcionario del parque o persona autorizada, hará un recorrido en bote por el sendero acuático, para contar el número de observaciones directas de tropas e individuos de monos colorados en la orilla del sendero. La información recopilada se anotará en los documentos respectivos, inmediatamente después de hacer el recorrido.

c. Monitoreo de la tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).

Un funcionario del parque o persona autorizada realizará el recorrido una vez al mes (mañana y tarde), para hacer un conteo de individuos de tortugas negras y caimanes o guajipales. Se recomienda hacer un conteo en bote a remo y otro conteo en bote a motor el mismo día, esto para determinar el disturbio por ruido a estas especies.

d. Monitoreo de caminos que ingresan al bosque desde la orilla del sendero acuático.

Una vez al mes un funcionario o persona autorizada hará un recorrido por el sendero acuático para contar la presencia de pequeños caminos (veredas) que ingresan al bosque desde la orilla del sendero acuático Caño Harold. El aumento de estos caminos es por consiguiente un aumento del disturbio de flora.

4.3.4 Sendero acuático caños Mora y Chiquero (3.070 metros lineales).

a. Monitoreo de aves acuáticas.

Una vez al mes un funcionario del parque o persona autorizada hará un recorrido por el sendero para hacer un conteo las siguientes especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*) el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla verde (*Butorides virescens*), el cormoran (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantil (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae).

La periodicidad será mensual en el primer año, a partir del segundo año el conteo puede hacerse cada tres meses.

Se puede hacer el conteo de dos formas, una con un bote a remo y otro conteo aprovechando uno de los tours que ingresan al sendero, pero el mismo día.

b. Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).

Una vez al mes y a diferentes horas para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie (mañana y tarde), un funcionario del parque o persona autorizada hará un recorrido en bote por el sendero acuático caños Chiquero y Mora, para contar el número de **observaciones directas** de tropas e individuos de monos colorados en la orilla del sendero. La información recopilada se anotará en la base de datos respectiva, inmediatamente después de hacer el recorrido.

c. Monitoreo de la tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).

Un funcionario del parque o persona autorizada realizará el recorrido una vez al mes, para hacer un conteo de individuos de tortugas negras y caimanes o guajipales por **observación directa**. Se recomienda hacer un conteo utilizando un bote a remo y otro conteo en bote a motor el mismo día, esto para determinar el disturbio por ruido a estas especies.

d. Monitoreo de pequeños caminos (veredas) que ingresan al bosque desde la orilla del sendero acuático.

Una vez al mes un funcionario del parque o persona autorizada hará un recorrido por el sendero acuático para contar la presencia de aperturas de pequeños caminos (veredas) que ingresan al bosque desde la orilla del sendero acuático caños Chiquero y Mora. El aumento de estos caminos es por consiguiente un aumento de disturbio de flora.

4.3.5 Sendero acuático caño Aguas Negras (1.155 metros lineales).

a. Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).

Una vez al mes y a diferentes horas para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie, un funcionario del parque hará un recorrido en bote por el sendero acuático caño Aguas Negras, para contar el número de **observaciones directas** de tropas e individuos de monos colorados en la orilla del sendero.

b. Monitoreo del manatí (*Trichechus manatus*).

Un funcionario del parque o la persona autorizada hará un recorrido a lo largo de todo el sendero para contar los rastros de alimentación del manatí, dada la dificultad de hacer observaciones directas del manatí. Sin embargo, si se logra hacer la observación, lógicamente es un dato relevante y válido. El conteo de los rastros se realizará cada mes, y es necesario ubicarlos cartográficamente (GPS) y tomar las evidencias mediante fotografía.

c. Monitoreo de aves acuáticas.

Un funcionario del parque o la persona autorizada, hará un recorrido por el sendero en bote a remo para hacer un conteo por **observación directa** de las especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*) el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla verde (*Butorides virescens*), el cormoran (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantil (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae).

La periodicidad será mensual en el primer año, a partir del segundo año el conteo puede hacerse cada tres meses.

d. **Monitoreo de pequeños caminos (veredas) que ingresan al bosque desde la orilla del sendero.**

Una vez al mes un funcionario del parque o la persona autorizada, realizará un recorrido por el sendero para verificar y contar la presencia de pequeños caminos que ingresan al bosque desde ambos lados del sendero.

e. **La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).**

Un funcionario del parque o la persona autorizada realizará el recorrido una vez al mes, para hacer un conteo de individuos de tortugas negras y caimanes o guajipales por **observación directa**. Se recomienda hacer un conteo utilizando un bote a remo y otro conteo en bote a motor el mismo día, esto para determinar el disturbio por ruido a estas especies.

4.3.6 Sendero acuático Caño California (4.255 metros lineales).

a. **Monitoreo del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).**

Una vez al mes y a diferentes horas para evitar sesgos por diferencias en las horas de actividad de la especie (mañana y tarde), un funcionario del parque o persona autorizada hará un recorrido en bote por el sendero acuático caño California, para contar el número de **observaciones directas** de tropas e individuos de monos colorados en ambos lados del sendero.

b. **Monitoreo de aves acuáticas.**

Un funcionario del parque o bien la persona autorizada para tal fina, hará un recorrido por el sendero en bote, para hacer un conteo por **observación directa** de las siguientes especies particulares: la garza grande (*Ardea herodias*) el pato aguja (*Anhinga anhinga*), la garcilla verde (*Butorides virescens*), el cormoran (*Phalacrocorax brasilianus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato cantil (*Heliornis fulica*) y los martines pescadores (Alcedinidae).

La periodicidad será mensual en el primer año, a partir del segundo año el conteo puede hacerse cada tres meses.

Se puede hacer el conteo de dos formas el mismo día: un funcionario o persona autorizada hace el recorrido en un bote a remo, y otro conteo aprovechando uno de los tours que ingresan al sendero en bote con motor.

c. **Monitoreo de la tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).**

Un funcionario del parque realizará el recorrido una vez al mes, para hacer un conteo de individuos de tortugas negras y caimanes o guajipales por **observación directa**. Se

recomienda hacer un conteo utilizando un bote a remo y otro conteo en bote a motor el mismo día, esto para determinar el disturbio por ruido a estas especies.

d. Monitoreo de pequeños caminos (veredas) que ingresan al bosque desde la orilla del sendero.

Cada mes un funcionario del parque realizará un recorrido por el sendero para verificar y contar la presencia de pequeños caminos que ingresan al bosque desde ambos lados del sendero.

4.3.7 Playa Pública Comunidad de Barra del Tortuguero, Playa Sector Cuatro Esquinas PNT (2.000 metros lineales) y Playa Sector Jalova del PNT (6.000 metros lineales), en la temporada del desove de la tortuga verde (*Chelonia mydas*).

a. Monitoreo de las tortugas que no desovan por la presencia de visitantes en la playa.

La información de este indicador lo debe aportar el CCC al finalizar cada mes.

b. Monitoreo de los guías autorizados.

Dos funcionarios del parque o las personas autorizadas, hacen un recorrido por la playa para verificar el cumplimiento de las normas establecidas en el reglamento para los guías y para el Uso Público. Se deben realizar al menos cuatro monitoreos al mes.

4.3.8 Monitoreo de la satisfacción del visitante con relación a la experiencia vivida en el PNT.

Se aplicará una encuesta a los visitantes dos veces al año, una en la temporada del desove de la tortuga verde, preferiblemente en los meses de agosto y setiembre; y otra en el mes de febrero. Hay que definir una cantidad de personas a entrevistar que represente la muestra del total de visitantes que llegan al parque.

La aplicación de la encuesta se hará al azar y sistemáticamente a visitantes de todas las nacionalidades, una vez que el mismo haya disfrutado de los recorridos por los diferentes sitios de visita del parque. Esto puede ser en el mismo parque cuando los visitantes salen de realizar la visita, o bien en los diferentes sitios de hospedaje de los turistas que visitaron el parque. En este último caso es necesario solicitar la colaboración de los hoteleros de la zona para la aplicación de la encuestas en sus respectivos hoteles.

Es necesario elaborar un informe de los resultados de las encuestas según la temporada, para interpretar los datos según los tipos de visitantes, dado que no son visitantes homogéneos.

Se adjunta un ejemplo de la encuesta que se debe aplicar (**Anexo 5**).

4.4 Monitoreo de la gestión.

Monitorear la gestión de un Área Silvestre Protegidas (ASP), es medir los cambios que ocurren en un tiempo, como producto de su administración. Para lograr esta medición, de forma objetiva y real, se utilizan indicadores de gestión, que son las acciones o variables aplicadas de una manera planificada al manejo del área y que conllevan al logro de los objetivos de creación de esa área protegida.

En Costa Rica se utiliza oficialmente La Estrategia de Monitoreo para ASP de Costa Rica, como la herramienta para dar seguimiento (monitoreo) y evaluar la gestión de manejo de las ASP del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Si bien es cierto, la aplicación de esta herramienta no sustituye al plan de manejo de un ASP, a falta de este, sirve para la orientación de sus acciones. Una vez que el área cuenta con su plan de manejo, la estrategia se utiliza para darle seguimiento y evaluarlo.

El monitoreo de la gestión tiene como objetivo orientar a los administradores de cualquier ASP para que dirijan la administración y desarrollo mediante procesos de planificación debidamente estructurados y bajo la visión de un escenario óptimo a alcanzar. La herramienta se caracteriza por ser sencilla de usar, de bajo costo, aplicable a diferentes categorías de manejo y por estimular la participación de diferentes actores vinculados a la planificación y manejo de las ASP.

La aplicación de esta metodología no implica la comparación entre el manejo de diferentes ASP, debe entenderse que cada una de ellas tiene características propias que la hacen única, de tal manera que el análisis comparativo entre resultados de la aplicación de un año a otro solo se hace entre un ASP específica consigo misma. Para lograr una medición efectiva la metodología recomienda, a los administradores, que orienten el proceso de planificación de actividades en un periodo de al menos cinco (5) años o bien en el plazo definido para la implementación de su plan de manejo.

Dado que ya existe un método oficial del SINAC para darle seguimiento a la gestión de las áreas protegidas, denominada “Hacia la Administración eficiente de las Áreas Silvestres Protegidas: Políticas e indicadores para su monitoreo, 2003”; no se desarrolla un método diferente.

La estrategia presenta una estructura compuesta por cinco (5) ámbitos o campos de acción, 19 factores o elementos que de manera integrada conforman el conjunto de los ámbitos, estos factores agrupan 31 criterios que son consideraciones esenciales que cada factor necesita desarrollar para alcanzar la eficacia del manejo y, finalmente, 37 indicadores de gestión definidos como acciones concretas que evidencian la efectividad de manejo del ASP.

4.5 Mecanismos y recursos para el desarrollo de la investigación y el monitoreo en el PNT.

4.5.1 Infraestructura.

Construcción de dos instalaciones en Jalova y Agua Fría para albergar investigadores (consiste en facilidades mínimas de hospedaje, alimentación y espacio de trabajo).

4.5.2 Equipo y materiales necesarios para implementar el Sistema de Investigación y Monitoreo.

- Materiales varios: frascos de vidrio, alcohol para preservar, cuerdas de pescar, trasmallos, chinchorros, atarraya, redes de mano, libretas de campo, marcadores, cintas métricas, bolsos impermeables, capas ligeras impermeables, yeso, otros.
- Medidor de oxígeno disuelto.
- Medidor de conductividad para una profundidad de hasta 3 metros.
- Medidor de pH.
- Botellas de vidrio de 1 L, 2,5 L o 4 L con tapa con empaque de teflón.
- Muestreador pasivo para 3 membranas semipermeables.
- Membranas semipermeables.
- Medidor de flujo.
- Equipo para tomar muestras de agua a profundidad.
- Hieleras, etiquetas, marcadores.
- Lancha con motor fuera de borda.
- Cámara fotográfica digital, con una resolución mínima de 5.0 megapíxeles.
- Sistema de Posicionamiento Global (Garmin- GPS-MAP 76 C).
- Binóculos (Swarovski, Nikkon, o Leica: 8x40 o 8x42).
- Linternas impermeables.
- Redes de niebla.
- Dos juegos de las hojas cartográficas: Agua Fría, California, Tortuguero y Colorado, a escala 1:50.000.
- Guías de fauna más actualizadas, por ejemplo:
 - ✓ Aves de Costa Rica: Gary Stiles y Alexander F. Skutch, 1995, INBio.
 - ✓ Mamíferos de Costa Rica: Eduardo Carrillo et al, 2002, segunda edición, INBio.
 - ✓ Mucielagos de Costa Rica: Richard K. Laval y Bernal Rodríguez, 2002, INBio.
 - ✓ The amphibians and reptiles of Costa Rica: Savage, J. M., 2002. The University of Chicago Press.
 - ✓ Peces de las aguas continentales de Costa Rica: Bussing, W. A. 1998, Universidad de Costa Rica, San José.

4.5.3 Personal para la investigación y monitoreo.

Implementar un sistema de investigación y monitoreo integral para el PNT y alrededores como el propuesto, requiere de una organización básica. En principio, la Dirección del Área de Conservación Tortuguero debe crear una unidad, componente o departamento de Investigación, Seguimiento (Monitoreo) y Evaluación.

Contratar o designar específicamente al menos un biólogo para que se dedique a tiempo completo a la tarea de conducir este proceso con la ayuda de diferentes personas del Área de Conservación y otras instituciones u organizaciones pertinentes. Esto es fundamental

para darle la legitimidad, la periodicidad, la objetividad y la confiabilidad a la información que se produzca y que luego será utilizada para la toma de decisiones importantes.

Este profesional puede ejecutar una rutina mensual que proveerá infinidad de datos extremadamente valiosos en términos del seguimiento (monitoreo) para el manejo adaptable del área, así como también para contribuciones científicas. La unidad de Investigación y Seguimiento (monitoreo) deberá generar informes pertinentes (mensuales, semestrales, anuales, etc.) con los resultados de monitoreo, de manera tal que los mismos estén disponibles para los usuarios principales y cualquier parte interesada tenga acceso a la información generada por la unidad de monitoreo del área en cuestión, así como a evaluar los avances y logros.

Esos informes técnicos deben ser de alto nivel, con análisis de datos incluidos. Al mismo tiempo, dicho profesional (o profesionales) debe analizar y presentar los datos en forma de publicaciones científicas.

Personal del parque bien entrenado (para no incurrir en errores), debe participar activamente en este proceso, especialmente para aquellos monitoreos que no requieren métodos especializados. Por ejemplo, los guardaparques pueden tomar datos de monitoreo de aves del bosque adentro, de aves rapaces, de aves como los loros y guacamayos, de aves de caza como las pavas y pavones, y de aves acuáticas; de mamíferos como felinos, cariblanco, manatíes, monos, tepezcuintles, dantas, etc.; de reptiles, como la tortuga negra y los guajipales; y de algunos anfibios como los dendrobatidos. También, hacer el monitoreo de desechos sólidos, del disturbio de flora, de la satisfacción del visitante y de monitoreo de las actividades de los guías locales.

Durante el monitoreo, al recorrer por ejemplo los transectos, los guardarecursos recogerán datos valiosos que ayudarán a entender mejor los procesos ecológicos y biológicos que sostienen la biodiversidad de las áreas protegidas, como ejemplo las épocas de reproducción de diferentes especies. Además, los datos son importantes ya que contribuyen con los inventarios de especies de flora y fauna del parque.

Personal especializado se necesita para el monitoreo de murciélagos, monitoreo de las tortugas marinas, monitoreo de insectos, monitoreo de peces y monitoreo de los cuerpos de agua.

Para el monitoreo de la vegetación, el Área de Conservación cuenta con ingenieros forestales que son los profesionales autorizados para este fin.

En los otros temas, es necesario que el encargado de la dirección del Sistema de Investigación, Monitoreo y Evaluación, identifique y contacte a las personas u organizaciones autorizadas o pertinentes. Por ejemplo, el monitoreo de los cuerpos de agua para determinar contaminantes químicos, que implica laboratorios, equipo y otras condiciones especiales, podría ser realizado por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), de la Universidad Nacional.

El monitoreo de murciélagos y el monitoreo de herpetofauna, podría ser parte de una alianza o convenio con la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, o bien con

otras universidades capacitadas sean estas nacionales o extranjeras, que involucren a estudiantes y profesores.

Para el tema de los indicadores para las actividades de los visitantes, es recomendable la existencia de una regencia de carácter externa para mantener una línea técnica objetiva, en el seguimiento del sistema de monitoreo y la interpretación de los datos. Los asesores externos que se involucren, deben ser profesionales que conozcan los temas de turismo en áreas protegidas y monitoreo biológico; esto es, con un respaldo académico (manejo de recursos naturales, biología, turismo sostenible), y con experiencia mínima de cinco años en áreas protegidas.

Se enfatiza en la necesidad de capacitar al personal de las ASP para que apoyen a los investigadores, en técnicas de monitoreo de especies de interés particular; y en el control de las investigaciones.

4.5.4 Administración de la información.

Debe existir una rigurosidad en el manejo de los datos del monitoreo. Una vez realizada la medición de cada indicador, se deben trasladar a un sistema de manejo de información que se diseñe para tal fin.

El sistema debe permitir la producción de informes para diferentes usuarios: Administración del Parque, Gerencia de Áreas Protegidas, Dirección del ACTo, Dirección Superior del SINAC, otros.

Los informes deben ser el resultado de los datos ya procesados y analizados por la persona responsable de la dirección de la investigación y monitoreo.

Es necesario crear la capacidad para recopilar, documentar, registrar, sistematizar, divulgar y utilizar adecuadamente las investigaciones realizadas y conocimientos acerca del PNT para apoyar la toma de decisiones y mejorar las acciones de manejo.

4.5.5 Divulgación.

Los resultados de la investigación y monitoreo deben divulgarse a los distintos usuarios: comunidad científica, estudiantes, comunidades y principalmente a las personas que son responsables de tomar las decisiones de manejo.

Se recomienda realizar talleres para divulgar los resultados de las investigaciones, tanto con los funcionarios como con las comunidades de la zona de amortiguamiento.

La red mundial de INTERNET, específicamente en la página del SINAC, es un medio adecuado para publicar tanto las necesidades de investigación y monitoreo, como los resultados de esas investigaciones.

CAPÍTULO V
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y ANOTADA

- Aranda, J.M. 1980. Rastros de los Mamíferos Silvestres de México. Instituto de Historia Natural. Tuxla Gutiérrez, México. 198 p.
- Bailey, J.A. 1984. Principles of wildlife management. John Wiley y Sons. Nueva York. 373 p.
- Bolaños, Watson y Tosi, 1999. Mapa ecológico (zonas de vida) de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- Castillo, L., Ruepert, C. y Solís, E., 2000. Pesticides Residues in the Atlantic Zone of Costa Rica. Environmental Toxicology and Chemistry. 19(8):1942-1950.
- Caughley, G. 1977. Análisis of Vertebrate Populations. John Willey y Sons. Nueva York. 234 p.
- Cooke, S.E., Ahmed, S. M. y MacAlpine, N.D. 2005. Introductory Guide to Surface Water Quality Monitoring in Agriculture. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Canada. 30 p.
- Cooperación Financiera Oficial entre Alemania y Guatemala KfW / SEGEPLAN. 2000. Diseño de un Sistema de Monitoreo y Evaluación de Indicadores Biológicos Para las Areas Protegidas del Sur de El Petén. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia de la República. Programa para la Conservación del Bosque Tropical de Petén PROSELVA. AHT INTERNATIONAL GMBH, Management & Engineering. 133 p.
- Dallmeir F. y A. Alonso (ed.) 1997. Biodiversity Assesment an Monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru: San Martín-3 and Cashiriari-2 Well Sites. Series #1. Smithsonian Institution/ MAB Biodiversity Program, Washington, D.C.
- EPA, 2002. Biological Assessments and Criteria: Crucial Components of Water Quality Programs. United States Environmental Protection Agency. EPA 822-F-02-006. sp.
- Heyer, W.R.; M.A. Donnelly; R.W. McDiarmid; L.A. Hayek y M.S. Foster (eds.). 1994. Measuring and monitoring biological Diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres. 364 p.
- Instituto Costarricense de Turismo, 2002. Levantamiento de Información para la elaboración del Plan de Uso del Suelo del Caribe Norte, Centro y Sur, Provincia de Limón. Diagnóstico Inicial editado por Rafael Arce M, Consorcio PUS Caribe. 134 pag.
- INTERNET, 2006. <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml#INTRO>, 2006.
- La Val, R. y B. Rodríguez-H. 2002. Murciélagos de Costa Rica: Bats. INBio. Heredia. 320 p.

-
- Ling, Francisco, 2002. Diagnóstico de la situación actual de los recursos naturales en los sitios críticos del Corredor Biológico Mesoamericano, Sección Tortuguero. 82 pag.
- Lyons, J.A. Utilizando aves como indicadores de la biodiversidad: programa de las áreas de importancia para las aves de Birdlife International. Páginas 106-107, en Ponencias. Primer Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y otras áreas protegidas. Ministerio del Medio Ambiente. Colombia.
- Medellín, R. y G. Ceballos (Eds.) 1993. Avances en el estudio de los mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. México. 464 p.
- Meffe, G.K. y Carroll R. 1997. Principles of Conservation Biology. Segunda edición Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. 729 p.
- MINAE-SINAC-ACTo-UE-COBODES, 2004. Plan de Manejo del Parque Nacional Tortuguero. Bermúdez Fernando y Hernández Carlos, Gúapiles de Pococí, Limón, Costa Rica. 146 páginas.
- MINAE-SINAC-ACTo-UE-COBODES, 2004. Plan de Manejo de Visitantes del Parque Nacional Tortuguero. Bermúdez Fernando y Hernández Carlos, Gúapiles de Pococí, Limón, Costa Rica.
- MINAE-SINAC, 2004. Sistema Monitoreo de Áreas Protegidas, “Base de Datos”, Formato de archivo Access 2000. San José Costa Rica.
- MINAE-SINAC, 2003. Agenda para las Áreas Silvestres Protegidas administradas por el SINAC. Editorial INBio, Heredia – Costa Rica. 43 páginas.
- MINAE-SINAC, 2002. Hacia la Administración Eficiente de las Áreas Protegidas: Políticas e indicadores para su Monitoreo. Por Gerardo Artavia y Yadira Mena. Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas. MINAE, SINAC, The Nature Conservancy, PROARCA. Editorial INBio. San José – Costa Rica. 55 páginas.
- MINAE-SINAC, 2002. Estrategia de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre. SINAC, San José - Costa Rica, 2002. 49 páginas.
- MINAE-SINAC, 2000. Estrategia Nacional de Investigación en Biodiversidad y Recursos Culturales. San José - Costa Rica. 104 páginas.
- MINAE-SINAC, 2000. Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad. Editada por Obando Vilma, García Randall, Sevilla Lesbia y Marín Patricia. San José - Costa Rica. 79 páginas.
- Moore, A., Went, B., Penna, L. y I. Castillo de Ramos. 1989. Manual para la capacitación del personal de áreas protegidas. NPS, Washington D.C. 1.050 p.

- Mora, J.M. 2004. Capítulo III: Evaluación y seguimiento para manejo y conservación de fauna silvestre. Pp. 25 – 40. En: Lineamientos para el manejo sostenible de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales in situ (M. T. Becerra, ed.). Instituto de investigación de recursos biológicos, Alexander Von Humboldt. Bogotá. Colombia.
- Mora, J. M. 2000. Mamíferos Silvestres de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. 240 p.
- Mora, J.M., M. A. Rodríguez y L. I. López. 2003. Sondeo ecológico rápido y monitoreo de especies indicadoras en el Parque Nacional Tortuguero. COBODES-ACTo.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4(4):355-364.
- Primack, R.B. 2002. *Essentials of conservation biology*. Tercera Edición. Sinauer Associates, Massachusetts, EUA. 698 pp.
- Ralph, C. j. y J. M. Scout, (Eds). 1981. Estimating numbers of terrestrial birds. *Studies in avian biology* no. 6. Cooper Ornithological Society. 630 p.
- Reaka-Kudla, M.L, D.E. Wilson y E.O. Wilson. 1997. *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press. Washington, DC. 551 p.
- Reid, F. 1997. *A Field Guide to the Mammals of Central America and South East Mexico*. Oxford University Press, New York. 334 pp.
- Scott, G.I. *et al.* 2002. Toxicological Studies in Tropical Ecosystems: an Ecotoxicological Risk Assessment of Pesticides Runoff in South Florida Estuarine Ecosystems. *J. Agric. Food Chem.* 50:4400-4408.
- Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas and keystones: in single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation*. 83(3): 247-257.
- Soulé, M. Editor. 1987. *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press. Cambridge 189 p.
- Stiles, F.G. y F.S. Skutch. 1989. *A guide to the Birds of Costa Rica*. Cornell University Press, Ithaca.
- Terborgh, J. y B. Winter. 1980. Some causes of extinction. Páginas 119-133, en M.E. Soulé y B.J. Wilcox, editores. *Conservation Biology: an evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- Whitacre, D. y R.K. Thorstrom. 1992. Proyecto Maya: Uso de Aves Rapaces y otra fauna como indicadores del medio ambiente para el Diseño y Manejo de Areas Protegidas y para Fortalecer la Capacidad Local para la Conservación en América Latina. Fundación Halcón Peregrino. Idaho, USA. 284 p.

-
- Wilcox, B.A. 1984. *In situ* conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. Páginas 639-647. *En* J.A. McNeely and K.R. Miller, editores. National Parks, Conservation and Development: The Role of Protected Areas in Sustaining Society. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Wilson, E. O. 1999. The Diversity of Life. W.W. Norton W.W. Norton & Company. Nueva York. 424 p.
- Wilson, D.E.; F.R. Cole; J.D. Nichols, R. Rudran y M.S. Foster. 1996. Measuring and monitoring biological Diversity: standard methods for mammals. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres. 409 p.

ANEXOS

Anexo 1

EJEMPLO DE FICHA DE MEDICIÓN DE LOS INDICADORES

INDICADOR BIOLÓGICO

Especie:	Guagipal (<i>Caiman crocodilos</i>).
Fecha de medición	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:00 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Caño Sérvulo.</u>
Observación:	cinco (5) individuos.
Comentarios:	:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Especie:	Tortuga Negra (<i>Rhinoclemmys funerea</i>).
Fecha de medición:	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:30 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Caño Sérvulo.</u>
Observación:	Quince (15) individuos.
Comentarios:	:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Especie:	Guagipal (<i>Caiman crocodilos</i>).
Fecha de medición	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:30 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Caño Negro.</u>
Observación:	Ocho (8) individuos.
Comentarios:	:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Especie:	Tortuga Negra (<i>Rhinoclemmys funerea</i>).
Fecha de medición	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:30 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Caño Negro.</u>
Observación:	Diez (10) individuos.
Comentarios:	:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Especie:	Manatí (<i>Trichechus manatus</i>).
Fecha de medición	10 de agosto, 2006.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 11:30 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Río Sierpe.</u>
Observación:	Un comedero, se adjunta fotografía
Ubicación (coordenadas)	Este 531209, norte 212572
Comentarios:	El pasto está cortado recientemente.

Especie:	Manigordo u ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>)
Fecha de medición	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 12:30 pm.
Responsable:	Francisco Pérez.
Transecto (sitio):	<u>Sierpe.</u>
Observación:	Huellas de 2 individuos, se adjunta fotografías.
Ubicación (coordenadas)	Este..., norte...
Comentarios:	

Especie:	Cariblanco o chanco de monte (<i>Tayassu pecari</i>).
Fecha de medición	25 de junio, 2005.
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:30 am.
Responsable:	José Gutiérrez.
Transecto (sitio):	<u>Juana López.</u>
Observación:	Un grupo de veintidos (22) individuos, fotografías de las huellas.
Ubicación (coordenadas)	Este..., norte...
Comentarios:	Muchos chanchos pequeños

Especie:	Mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>)
Fecha de medición	20 de enero, 2006
Hora de medición:	De 7:00 am, a 10:30 am.
Responsable:	Fernando Castro.
Transecto (sitio):	<u>Sendero El Gavilán.</u>
Observación:	Una tropa de doce (12) individuos.
Ubicación (coordenadas)	Este..., norte...
Comentarios:	Las hembras están paridas recientemente. Comiendo hojas de.....

Anexo 2

Resumen de los procedimientos de análisis de plaguicidas que se utilizarán en el laboratorio

a. **Determinación de residuos de plaguicidas semi volátiles mediante extracción líquido / líquido en muestras de agua.**

- **Extracción:** La muestra de agua se extrae con tres porciones de diclorometano, se concentra y se cambia a una mezcla de acetona/ciclohexano. El volumen final del extracto es de 1 mL.
- **Análisis cromatográfico:** La determinación de los plaguicidas se realiza mediante cromatografía de gases (GC) con columnas capilares de diferentes polaridades y usando cuatro tipos de detectores: el detector de captura de electrones (ECD), el detector nitrógeno-fósforo (NPD), el detector de fotómetro de llama (FPD) y el detector de masas (MS). Para la identificación y cuantificación de los plaguicidas se inyecta patrones de los diferentes plaguicidas.

Lo anterior está basado en los siguientes métodos:

- USEPA, Methods for the determination of organic compounds in drinking water, Method # 507 y Method # 508, EPA-600/4-88/039, Cincinnati, July 1991
- USEPA, Standardized methods for pesticides analyses of solid materials, SW-846, revision 1, November 1992, Method 3510A, Method 8081, Method 8141A.

b. **Determinación de residuos de plaguicidas con extracción con fase sólida en muestras de agua.**

Los plaguicidas presentes en la muestra de agua, se extraen haciendo uso de cartuchos de extracción de fase sólida (Isolute SPE ENV +) y se eluyen con metanol.

El solvente se concentra y se analiza mediante cromatografía líquida LC con PDA como detector, con las condiciones cromatográficas establecidas.

El procedimiento se basa en el siguiente método:

- UNE-EN ISO 11369, junio 1998. Determinación de ciertos agentes para el tratamiento de las plantas. Método por cromatografía líquida de alta resolución con detección UV tras extracción sólido-líquido.

c. **Determinación de residuos de plaguicidas fenoxi-ácidos en muestras de agua.**

Los fenoxiácidos y otros herbicidas se extraen del agua a un pH 2, con acetato de etilo, determinándose mediante cromatografía líquida HPLC, en fase reversa, con una columna C18 y un detector arreglo de diodos (PDA). El procedimiento está basado en el siguiente método:

- Schuster, R.; Gratzfelt-Husgen, A..Analysis of Phenoxy-acid Herbicides and Bentazone by HPLC with Diode-array Detection. Hewlett- Packard, Germany, 1990.

Determinación de multi residuos de plaguicidas con extracción con fase sólida y cromatografía líquida (SPE-LC)

Sustancia	Acción biocida	Método	Limites de cuantificación en agua (en µg/L)
Triazinas			
ametrina	herbicida	HPLC-PDA	<0,15
atrazina	herbicida	HPLC-PDA	<0,15
atrazina-desetil	metabolito	HPLC-PDA	<0,15
hexazinona	herbicida	HPLC-PDA	<0,2
terbutilazina	herbicida	HPLC-PDA	<0,15
Otros			
bromacil	herbicida	HPLC-PDA	<0,2
carbaril	insecticida	HPLC-PDA	<0,2
diuron	herbicida	HPLC-PDA	<0,2

Determinación de residuos de plaguicidas fenoxi-ácidos con extracción líquido/líquido o fase sólida y cromatografía líquida (FEN-LC)

Sustancia	Acción biocida	Método	Limites de cuantificación en agua (en µg/L)
Herbicidas fenoxi-ácidos y otros			
dicamba	herbicida	HPLC-PDA	<1
2,4-D	herbicida	HPLC-PDA	<1,5
diclorprop	herbicida	HPLC-PDA	<1
quinclorac	herbicida	HPLC-PDA	<0,4
bentazon	herbicida	HPLC-PDA	<0,4

Explicación	
GC	cromatografía de gases
NPD	detector nitrógeno-fósforo
ECD	detector de captura de electrones
FPD	detector fotométrico de llama
HPLC	Cromatografía líquida de alto rendimiento
PDA	detector de arreglo de diodos
Confirmaciones mediante	
GCMS: cromatografía de gases con detector de masas	

Determinación de multi residuos de plaguicidas con extracción liquido/liquido o con fase sólida (SPE) y cromatografía de gases (LL-GC)

Sustancia	Acción biocida	Método	Limites de cuantificación en agua (en µg/L)
Organoclorados			
endosulfán-a	insecticida	GC-ECD	<0,01
endosulfán-b	insecticida	GC-ECD	<0,01
lindano	insecticida	GC-ECD	<0,02
Organofosforados			
clorpirifós	insecticida	GC-FPD/ECD	<0,02
diazinón	insecticida	GC-FPD/NPD	<0,1
dimetoato	insecticida	GC-FPD/NPD	<0,1
edifenfos	insecticida	GC-FPD/NPD	<0,1
etoprofos	insecticida/nematicida	GC-FPD/NPD	<0,1
fenamifos	insecticida/nematicida	GC-FPD/NPD	<0,1
fenitrotion	insecticida	GC-FPD/NPD	<0,3
malatión	insecticida	GC-FPD/NPD	<0,1
paration-etil	insecticida	GC-FPD/ECD	<0,03
paration-metil	insecticida	GC-FPD/ECD	<0,03
pirimifos-metil	insecticida	GC-FPD	<0,1
terbufós	insecticida/nematicida	GC-FPD	<0,1
Piretroides			
bifentrina	insecticida	GC-ECD	<0,05
cihalotrina	insecticida	GC-ECD	<0,05
cipermetrina	insecticida	GC-ECD	<0,1
deltametrina	insecticida	GC-ECD	<0,1
permetrina	insecticida	GC-ECD	<0,2
Conazoles			
ciproconazol	fungicida	GC-ECD	<0,4
difeconazol	fungicida	GC-ECD	<0,2
propiconazol	fungicida	GC-ECD	<0,05
Otros			
bromacil	herbicida	GC-ECD	<0,05
clorotalonil	fungicida	GC-ECD	<0,04
imazalil	fungicida	GC-NPD	<0,05
tiabendazol	fungicida	GC-NPD	<0,05

Anexo 3

**HOJA DE CAMPO
MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL PARA PLAGUICIDAS**

Código de muestreo: _____
Área de muestreo: _____
Sitio de muestreo: _____
Fecha: _____
Hora: _____
Muestreador: _____

Datos de Campo

Código	Prof. (m)	Temp.	pH	ond	O.D	turbidez	Obs.

Botellas

Código	Observaciones
Plaguicidas	
Sedimentos	

Muestreador pasivo

Código	Observaciones
Plaguicidas	

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura ambiente: _____ Sol _____ Viento _____ Lluvia _____

Flujo del agua: _____
 Profundidad total: _____

OBSERVACIONES GENERALES

Anexo 4

FICHA DE MEDICIÓN DE LOS INDICADORES

Sitio 1: Sendero Terrestre El Gavilán – Cuatro Esquinas

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 Presencia de desechos sólidos.
 - a. Evidencias: cinco (5) botellas plásticas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez cada semana.
 - 4.2 La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*) en el sendero.
 - a. Evidencias: una tropa, de 8 individuos.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 La ausencia de huellas de mamíferos en el sendero.
 - a. Evidencias de cabro de monte: dos (2) huellas.
 - b. Evidencias de danta: una huella.
 - c. Evidencias de tepescuintle: cinco (5) huellas.
 - d. Evidencias de cariblanco o chanco de monte: un grupo por observación directa.
 - e. Frecuencia de medición: cada tres meses.
 - 4.4 La ausencia de la rana roja (*Dendrobates pumilio*).
 - a. Evidencias: 12 individuos.
 - b. Frecuencia de medición: cada tres meses.
 - 4.5 El disturbio de flora en el sendero (ensanchamiento).
 - a. Evidencias: cinco sitios, 10 metros cuadrados.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.6 La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.
 - a. Evidencias: cinco aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

Sitio 2: Sendero Acuático Río Tortuguero – Cuatro Esquinas (2.790 metros lineales)

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez y Carlos Hernández.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 Ausencia de especies de aves acuáticas.
 - a. Evidencias de la garza grande (*Ardea herodias*): 2 individuos.
 - b. Evidencias del pato aguja (*Anhinga anhinga*): 5 individuos.
 - c. Evidencias de la garcilla verde (*Butorides virescens*): 2 individuos.
 - d. Evidencias del cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*): 1 individuo.
 - e. Evidencias del águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 0 individuos.
 - f. Evidencias del pato cantil (*Heliornis fulica*): 6 individuos.
 - g. Evidencias de los martines pescadores (Alcedinidae):
 - ✓ Martín pescador collarajo (*Ceryle torquata*): 5 individuos.
 - ✓ Martín pescador norteño (*Ceryle acyon*): 2 individuos.
 - ✓ Martín pescador verde (*Chloroceryle americana*): 6 individuos.
 - ✓ Martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*): 10 individuos.
 - ✓ Martín pescador ventrirrojo (*Chloroceryle inda*): 8 individuos.
 - ✓ Martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*): 10 individuos.
 - h. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.2 La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).
 - a. Evidencias: xxx tropas de xxx individuos cada una.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).
 - a. Evidencias de tortuga negra, conteo a remo: 12 individuos.
 - b. Evidencias de tortuga negra, conteo a motor: 5 individuos.
 - c. Evidencias de guajipal, conteo a remo: 5 individuos.
 - d. Evidencias de guajipal, conteo a motor: 5 individuos.
 - e. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.4 La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.
 - a. Evidencias: seis (6) aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.5. La ausencia de rastros de alimentación del manatí (*Trichechus manatus*).
 - a. Evidencias: seis (6) rastros de alimentación.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

Sitio 3: Sendero Acuático Caño Harold - Cuatro Esquinas (3.500 metros lineales)

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez y Carlos Hernández.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 Ausencia de especies de aves acuáticas.
 - a. Evidencias de la garza grande (*Ardea herodias*): 2 individuos.
 - b. Evidencias del pato aguja (*Anhinga anhinga*): 5 individuos.
 - c. Evidencias de la garcilla verde (*Butorides virescens*): 2 individuos.
 - d. Evidencias del cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*): 1 individuo.
 - e. Evidencias del águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 0 individuos.
 - f. Evidencias del pato cantil (*Heliornis fulica*): 6 individuos.
 - g. Evidencias de los martines pescadores (Alcedinidae):
 - ✓ Martín pescador collarejo (*Ceryle torquata*): 5 individuos.
 - ✓ Martín pescador norteño (*Ceryle acyon*): 2 individuos.
 - ✓ Martín pescador verde (*Chloroceryle americana*): 6 individuos.
 - ✓ Martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*): 10 individuos.
 - ✓ Martín pescador ventrirrofo (*Chloroceryle inda*): 8 individuos.
 - ✓ Martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*): 10 individuos.
 - h. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.2 La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).
 - a. Evidencias: xxx tropas de xxx individuos cada una.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).
 - a. Evidencias de tortuga negra, conteo a remo: 12 individuos.
 - b. Evidencias de tortuga negra, conteo a motor: 5 individuos.
 - c. Evidencias de guajipal, conteo a remo: 5 individuos.
 - d. Evidencias de guajipal, conteo a motor: 5 individuos.
 - e. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.4 La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.
 - a. Evidencias: seis (6) aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

Sitio 4: Sendero Acuático Caño Mora y Chiquero-Cuatro Esquinas (3.070 metros lineales)

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez y Carlos Hernández.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 Ausencia de especies de aves acuáticas.
 - a. Evidencias de la garza grande (*Ardea herodias*): 2 individuos.
 - b. Evidencias del pato aguja (*Anhinga anhinga*): 5 individuos.
 - c. Evidencias de la garcilla verde (*Butorides virescens*): 2 individuos.
 - d. Evidencias del cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*): 1 individuo.
 - e. Evidencias del águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 0 individuos.
 - f. Evidencias del pato cantil (*Heliornis fulica*): 6 individuos.
 - g. Evidencias de los martines pescadores (Alcedinidae):
 - ✓ Martín pescador collarajo (*Ceryle torquata*): 5 individuos.
 - ✓ Martín pescador norteño (*Ceryle acyon*): 2 individuos.
 - ✓ Martín pescador verde (*Chloroceryle americana*): 6 individuos.
 - ✓ Martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*): 10 individuos.
 - ✓ Martín pescador ventrirrofo (*Chloroceryle inda*): 8 individuos.
 - ✓ Martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*): 10 individuos.
 - h. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.2 La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).
 - a. Evidencias: xxx tropas de xxx individuos cada una.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).
 - a. Evidencias de tortuga negra, conteo a remo: 12 individuos.
 - b. Evidencias de tortuga negra, conteo a motor: 5 individuos.
 - c. Evidencias de guajipal, conteo a remo: 5 individuos.
 - d. Evidencias de guajipal, conteo a motor: 5 individuos.
 - e. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.4 La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.
 - a. Evidencias: seis (6) aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

Sitio 5: Sendero Acuático Caño Aguas Negras - Jalova (1.155 metros lineales)

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez y Carlos Hernández.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 **Ausencia de especies de aves acuáticas.**
 - a. Evidencias de la garza grande (*Ardea herodias*): 2 individuos.
 - b. Evidencias del pato aguja (*Anhinga anhinga*): 5 individuos.
 - c. Evidencias de la garcilla verde (*Butorides virescens*): 2 individuos.
 - d. Evidencias del cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*): 1 individuo.
 - e. Evidencias del águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 0 individuos.
 - f. Evidencias del pato cantil (*Heliornis fulica*): 6 individuos.
 - g. Evidencias de los martines pescadores (Alcedinidae):
 - ✓ Martín pescador collarajo (*Ceryle torquata*): 5 individuos.
 - ✓ Martín pescador norteño (*Ceryle acyon*): 2 individuos.
 - ✓ Martín pescador verde (*Chloroceryle americana*): 6 individuos.
 - ✓ Martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*): 10 individuos.
 - ✓ Martín pescador ventrirrojo (*Chloroceryle inda*): 8 individuos.
 - ✓ Martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*): 10 individuos.
 - h. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.2 **La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).**
 - a. Evidencias: xxx tropas de xxx individuos cada una.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 **La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).**
 - a. Evidencias de tortuga negra, conteo a remo: 12 individuos.
 - b. Evidencias de tortuga negra, conteo a motor: 5 individuos.
 - c. Evidencias de guajipal, conteo a remo: 5 individuos.
 - d. Evidencias de guajipal, conteo a motor: 5 individuos.
 - e. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.4 **La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.**
 - a. Evidencias: seis (6) aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.5. **La ausencia de rastros de alimentación del manatí (*Trichechus manatus*).**
 - a. Evidencias: seis (6) rastros de alimentación.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

Sitio 6: Sendero Acuático Caño California - Jalova (4.255 metros lineales)

1. **Fecha de medición:** 25 de junio, 2005.
2. **Hora de medición:** de 7:00 am, a 12:30 pm.
3. **Nombre de la persona que hace la medición:** José Gutiérrez y Carlos Hernández.
4. **Indicadores:**
 - 4.1 **Ausencia de especies de aves acuáticas.**
 - a. Evidencias de la garza grande (*Ardea herodias*): 2 individuos.
 - b. Evidencias del pato aguja (*Anhinga anhinga*): 5 individuos.
 - c. Evidencias de la garcilla verde (*Butorides virescens*): 2 individuos.
 - d. Evidencias del cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*): 1 individuo.
 - e. Evidencias del águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 0 individuos.
 - f. Evidencias del pato cantil (*Heliornis fulica*): 6 individuos.
 - g. Evidencias de los martines pescadores (Alcedinidae):
 - ✓ Martín pescador collarejo (*Ceryle torquata*): 5 individuos.
 - ✓ Martín pescador norteamericano (*Ceryle acyon*): 2 individuos.
 - ✓ Martín pescador verde (*Chloroceryle americana*): 6 individuos.
 - ✓ Martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*): 10 individuos.
 - ✓ Martín pescador ventrirrojo (*Chloroceryle inda*): 8 individuos.
 - ✓ Martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*): 10 individuos.
 - h. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.2 **La ausencia del mono colorado (*Ateles geoffroyi*).**
 - a. Evidencias: xxx tropas de xxx individuos cada una.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.3 **La ausencia de tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y del guajipal (*Caiman crocodilos*).**
 - a. Evidencias de tortuga negra, conteo a remo: 12 individuos.
 - b. Evidencias de tortuga negra, conteo a motor: 5 individuos.
 - c. Evidencias de guajipal, conteo a remo: 5 individuos.
 - d. Evidencias de guajipal, conteo a motor: 5 individuos.
 - e. Frecuencia de medición: una vez al mes.
 - 4.4 **La presencia de aperturas de pequeños caminos que ingresan al bosque.**
 - a. Evidencias: seis (6) aperturas.
 - b. Frecuencia de medición: una vez al mes.
5. **Observaciones:**

7. Cuál es el nivel de satisfacción con los servicios y facilidades utilizados en este parque nacional?

1 es muy insatisfecho, 2 insatisfecho, 3 neutral, 4 satisfecho y **5 muy satisfecho**.

SERVICIO O FACILIDAD	1	2	3	4	5
Información de los guardaparques	_____	_____	_____	_____	_____
Información escrita	_____	_____	_____	_____	_____
Senderos	_____	_____	_____	_____	_____
Atención en la caseta de ingreso	_____	_____	_____	_____	_____
Sala de exhibiciones	_____	_____	_____	_____	_____
Basureros	_____	_____	_____	_____	_____
Servicios sanitarios	_____	_____	_____	_____	_____
Rotulación/señales	_____	_____	_____	_____	_____
Servicio de guías locales	_____	_____	_____	_____	_____
Agua potable	_____	_____	_____	_____	_____
Tarifa de ingreso	_____	_____	_____	_____	_____
Cantidad de visitantes (dentro del sendero y mirador)	_____	_____	_____	_____	_____

8. ¿En general, qué tan satisfecho está usted con la calidad de experiencia o expectativas (visita), en esta Área Silvestre Protegida?

_____ muy insatisfecho _____ insatisfecho _____ neutral
 _____ algo satisfecho _____ muy satisfecho

9. De acuerdo con las actividades realizadas, los servicios utilizados y la calidad de los atractivos, ¿cómo considera usted la tarifa para ingresar a este parque nacional? (US \$6.00 no residentes).

_____ muy baja _____ baja _____ justa _____ alta _____ muy alta

10. Con base en la calidad de experiencia y cumplimiento de sus expectativas sobre su visita a esta área, ¿cuánto estaría usted dispuesto a pagar por la cuota de entrada diaria a este parque nacional?

_____ menos de US \$6.00 _____ \$6.00 _____ \$7.000 _____ \$8.00 _____ \$9.00
 _____ \$10.00 _____ \$11.00 _____ \$12.00 _____ más de \$12.00 _____ \$_____

11. Cuál es el nivel de satisfacción con la visita y experiencia **en los alrededores** de este parque nacional, por tipo de servicio y facilidad, donde **1 es muy insatisfecho**, 2 insatisfecho, 3 neutral, 4 satisfecho y **5 muy satisfecho**.

SERVICIO O FACILIDAD	1	2	3	4	5
Servicios de hospedaje	_____	_____	_____	_____	_____
Servicios de alimentación	_____	_____	_____	_____	_____
Información de los atractivos	_____	_____	_____	_____	_____
Transporte	_____	_____	_____	_____	_____
Seguridad	_____	_____	_____	_____	_____
Manejo de desechos sólidos y líquidos	_____	_____	_____	_____	_____
Rotulación/señales	_____	_____	_____	_____	_____
Servicio de guías locales	_____	_____	_____	_____	_____
Agua potable	_____	_____	_____	_____	_____
Tarifas de los servicios	_____	_____	_____	_____	_____
Cantidad de visitantes	_____	_____	_____	_____	_____
Otros atractivos de la zona	_____	_____	_____	_____	_____

12. ¿Cuánto tiempo permaneció en la zona?

