

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD CENTRO NACIONAL DE PLANIFICACION ELECTRICA

PROCESO DE PLANEAMIENTO AMBIENTAL



CARACTERIZACION BIÓTICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO REVENTAZÓN 265

Dr. Rodrigo Rojas Morales (Biólogo) M.Sc. Wilfredo Segura López (Ing. Forestal / SIG) M.Sc. Sergio Bermúdez Muñoz (Biólogo)

ÍNDICE

RES	UMEN EJECUTIVO	4
AGR	6	
INTR	7	
Justi	ificación	8
OBJ	ETIVO GENERAL	9
Obje	tivos específicos	9
MÉTODOLOGIA		
RES	ULTADOS	18
Ento	rno Ecológico	18
Cobe	19	
Cohe	23	
Inve	29	
Anál	isis faunístico	37
Inve	ntario de especies con condición especial	39
	isis ecológico del río	41
	sideraciones finales	45
BIBL	IOGRAFIA	47
	ÍNDICE DE CUADROS	
1	Sectores utilizados para muestreo biológico	11
2	Distribución faunística asociada a las macroactividades	39
3	Distribución de especies con condición especial por ecosistemas	40
4	Especies de peces capturados en la zona de estudio	41
5	Abundancia de peces en diferentes estaciones de muestreo	42
	ÍNDICE DE MAPAS	
1	Áreas definidas para la caracterización biótica	10
2	Ubicación de sitios de muestreo de flora y fauna	13
3	Ubicación de sitios de muestreos de peces	14
4	Cobertura vegetal del All del PH R-265	22
5	Cohesión espacial del área de influencia PH R-265	25
6	Cobertura boscosa en 1992 para el All del PH Reventazón 265.	26
7	Cobertura boscosa en 1997 para el All del PH Reventazón 265	27
8	Cobertura boscosa en el 2000 para el All del PH Reventazón 265	28
	INDICE DE FIGURAS	
1	Número de especies de plantas por macroactividad	30
2	Distribución porcentual de los grupos faunísticos	37
3	Número de especies recolectadas por sitios de muestreo	13

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

1	Charral de La Florida, cerca de sitio de presa	31
2	Bosque secundario, cerca de toma, presa y vertedero, sector La Florida	32
3	Plantación forestal de pilón, margen derecha río Reventazón	33
4	Tacotal, sector del embalse, Lomas, PH R-265	34
5	Pastizal con árboles dispersos, sector casa de máquinas, La Florida PH R-265	35
6	Humedal, Laguna Bonilla, sector cola del embalse PH R-265	36

RESUMEN EJECUTIVO

A continuación se presentan los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental Preliminar del Proyecto Reventazón 265 (PH R-265). Esta opción de generación hidroeléctrica se ubica en la Vertiente del Caribe, en la cuenca media baja del río Reventazón, entre las comunidades de Pascua y La Florida, Provincia de Limón. El clima es típico de la región caribeña, con altos regímenes de lluvia, humedad y temperatura, así como una mezcla de asociaciones florísticas y faunísticas con elementos típicos del Valle Central, Talamanca y llanuras del Caribe. El informe ha sido dividido en cuatro secciones. Los detalles más importantes se presentan a continuación.

En la primera sección se presenta el contexto institucional que respalda esta caracterización, denominada "Introducción y Justificación". Ahí se explica la línea base utilizada para sustentar el estado del conocimiento ecológico del área del proyecto, así como el objetivo, que en este caso es: describir los factores bióticos y abióticos relevantes que permitan desarrollar la caracterización y valoración ambiental del área de influencia del PH R-265. Para lograrlo, se desarrolló una estrategia metodológica, esta se presenta en la sección dos. En esta se describe como han sido combinadas varias fuentes de información sobre la condición ecológica del entorno geográfico, una serie de inventarios sobre flora y fauna, así como análisis ecológico del río, la cobertura vegetal y la cohesión espacial.

La sección tres muestra los resultados, los cuales señalan que el área de estudio es una zona con coberturas vegetales en diferentes grados de sucesión ecológica. En términos generales los bosques (secundarios y primarios intervenidos) representan el principal tipo de vegetación, ocupando el 42% (3575 ha). Los pastizales son los segundos en importancia, abarcan el 27% (2317 ha). Las plantaciones forestales y los charrales/tacotales representan el 10% (820 ha) y el 6% (549 ha) respectivamente. El restante 15% (1212 ha) son coberturas del tipo cultural, como los monocultivos (ejemplo banano y piña). Solamente el 11% del bosque (390 ha) forma parte de alguna área protegida, ya sea de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central o de la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres. El tipo de distribución espacial de las diferentes coberturas vegetales es al azar o uniforme, o sea no hay indicios que la presencia de una cobertura vegetal sea propia o exclusiva de un solo sector del área de estudio.

Con respecto a la riqueza de plantas, se identificaron 414 especies de flora. Una de las zonas florísticamente más diversas es la que coincide con el sector del embalse, en ese tramo existen bosques secundarios, humedales, charrales y pastizales con árboles dispersos, que conforman un conjunto florístico de 350 especies, lo que representa el 84.3% de los taxones que se encuentran en toda la zona de estudio. En el sector también hay una serie de especies bajo estatus de conservación, algunos ejemplos son *Cedrela odorata* (extinción), *Conceveiba pleiostemoma* (endémico), Dussia macroprophyllata (extinción), Minguartia guianensis (extinción) y Trichilia obtusanthera (endémico). En contraste, también hay zonas con baja diversidad florística, un ejemplo de esta situación es el sector del tramo crítico donde solo se observó un 4.6% de la diversidad total.

Con respecto a la fauna, se reconocieron elementos muy diversos y de diferentes zonas biogeográficas. Se identificaron 190 especies. Las aves son el grupo más abundante con un total de 84 taxones. En segundo orden están los mamíferos con un total de 64 especies, la lista incluye monos, roedores, carnívoros, e inclusive especies con hábitos acuáticos como el caso de la nutria (Lutra longicaudis), también se observaron mamíferos que viven en hoyos y cavernas, como por ejemplo ratones (Mus musculus), la quatuza (Dasyprocta punctata) y la taltuza (Orthogeomys sp.), así como especies que se desplazan y migran a lo largo de los bosques de la zona, como por ejemplo el armadillo (Dasypus novemcinctus), el oso hormiguero (Myrmecophaga tridactyla), el coyote (Canis latrans) y el pizote (Nasua narica) entre otros. Se observaron 19 especies de reptiles (iguanas, lagartijas y las típicas serpientes). Los anfibios son el grupo con menor número de especies, ahí se agrupan los sapos y las ranas. Se determinó una relación entre la densidad de cobertura vegetal y aumento de riqueza faunística, por ejemplo en el sector de Lajas, Lomas y Laguna Bonilla, la cadena de bosques secundarios ha permitido la presencia de una rica diversidad de especies. Sin embargo en el sector de Four Cliff los bosques son sustituidos por charrales, pastos con árboles dispersos y tacotales. Se contabilizaron 87 especies con condición especial (21 son plantas y 66 animales). Las aves son las que tienen más taxones con estatus de conservación. El área del embalse es el sector con más especies con condición especial (74) y la zona con menos especies es Las Nubes de La Florida.

El estudio del ecosistema río permitió determinar la diversidad, distribución de peces y analizar las posibles afectaciones del proyecto sobre este ecosistema. Se identificaron 21 especies y tres patrones,

desde el punto de vista numérico, de riqueza ictiológica. Baja diversidad entre Pascua y Quebrada Guayacán, diversidad media entre Bajo 52 y Bonilla y en el sector de Lomas y Florida alta diversidad. Las diferencias posiblemente son atribuibles a los cambios de temperatura o a las modificaciones en el hábitat a lo largo del río. Las sardinas y machacas son las más frecuentes en las capturas. Hay dos especies endémicas (*A. myrnae* y *A. alfari*).

El análisis de cohesión espacial ecológica evidencia dos zonas con diferentes grados de deforestación en la margen izquierda y derecha del río Reventazón. La margen izquierda presenta un mayor grado de fragmentación. Los bosques de la margen derecha están divididos en menos fragmentos, el área promedio de los parches es mayor y la distancia promedio entre ellos es menor. La margen izquierda alberga más cantidad de asentamientos humanos y caminos que la margen derecha.

El proceso de deforestación para el área de estudio señala que en el período 1992–1997 se perdieron 1110 hectáreas de bosque, con un promedio de 222 ha/año y una tasa de deforestación de 4.9%. Este valor indica una deforestación de intensidad muy alta. Para el período 1997-2000 se perdieron aproximadamente 170 hectáreas de bosque, con un promedio de 57 ha/año y una tasa de deforestación de 1.7%/año (deforestación de intensidad media). Estos datos indican que la zona presenta un proceso de deforestación continua pero con tendencia a la reducción.

Como parte de las consideraciones finales (sección cuatro) es posible plantear que el estudio de los factores del medio ambiente, los ecosistemas y el análisis de los patrones de cobertura vegetal y fragmentación de bosques han aportado no solo una caracterización del estado de salud del entorno ecológico del PH R 265, sino una tendencia sobre la condición ambiental. Se considera que hay una adecuada selección de los factores del medio, ya que estos reflejan la condición biótica del entorno. Con base en ello concluimos que el área del proyecto es ecológicamente vulnerable, frágil y con problemas de deforestación. Actualmente sólo existen 390 hectáreas de bosque protegidas, o sea más del 85% del bosque del área de estudio está propenso a talas, lo que implica una reducción constante del legado natural que ahí co-existe. En caso de prevalecer esta situación, es previsible un mayor deterioro de los ecosistemas terrestres y acuáticos con repercusiones sobre la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

De parte del equipo biótico de Planeamiento Ambiental se agradecen a todos las personas que sumaron esfuerzos para la finalización de esta investigación y que posibilitaron un mejor trabajo de campo con rigurosidad y ética científica. En especial los aportes de:

Los ingenieros forestales Diego Arguello (PySA) y Rolando Nuñez (PySA) por sus aportes en la identificación de plantas.

A los Biólogos Germán González (PySA UMC-Peñas Blancas), Jorge Villalobos (PySA UCSARA) y Susy Segura (PySA) por su apoyo en el campo e identificación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios respectivamente.

A los Biólogos Carlos Gamboa (PySA – Proyecto Caudales) y Alex Molina (PySA UMC-Peñas Blancas) por su apoyo en los trabajos de campo durante los muestreos de peces con electropesca.

Finalmente agradecemos a las jefaturas de cada uno de los funcionarios mencionados, este apoyo fue vital para la conclusión de esta investigación.

I. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Hidroeléctrico Reventazón 265 (PH R-265) se ubica en la vertiente del Caribe, en la cuenca media baja del río Reventazón, entre las comunidades de Pascua y La Florida, Provincia de Limón. Bioclimáticamente es una región con alta precipitación (3667 mm), humedad (83%) y temperatura (26C°) anual promedio. Esta relación entre lluvia, humedad, temperatura y ubicación geográfica hacen del área del proyecto un punto convergencia de biota de la parte centro y sur de Costa Rica, con asociaciones florísticas entre plantas típicas del Valle Central con flora de la zona de Talamanca y llanuras del Caribe. Igualmente es una zona donde hay mezcla de fauna que proviene de las zonas montañosas de la Cordillera Volcánica Central y las estribaciones media-bajas de la costa Atlántica.

Desde el punto de vista de alcances, la caracterización del componente biótico se concentra en la descripción de los diferentes ecosistemas (bosques, humedales, tacotales, río) y su estado (fragmentación y cobertura vegetal), así como la elaboración de inventarios sobre la riqueza de flora y fauna y su estado de conservación en el área de influencia directa e indirecta del PH R-265. Para tal efecto se reúne, organiza, analiza y se presenta, de forma lógica y sistemática, un conjunto de información sobre la condición ecológica del entorno geográfico donde será la eventual construcción del proyecto.

La caracterización es una síntesis que tiene como punto de partida una serie de investigaciones que han sido desarrolladas en su mayoría por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y coordinadas por el Proceso de Planeamiento Ambiental del Centro Nacional de Planificación Eléctrica. Se adicionan como antecedentes y referencias estudios ecológicos, que aunque no son específicos del área de estudio, tienen incidencia sobre las variables estudiadas. La línea base utilizada incluye las siguientes investigaciones: Carrillo *et al* (1999), Calderón (2000), Zamora & Jiménez (2000), Bolaños *et al.* (2002), ICE (2002, 2003), Segura (2004), Arguello (2005), González (2005) y Villalobos (2005).

Con base en este conjunto de elementos y otras investigaciones complementarias (Rojas *et al.* 2005), se estableció un marco de referencia sobre el estado de los factores ambientales seleccionados, es decir la diversidad de flora y fauna y las especies con condición especial, así como la cobertura vegetal y la fragmentación de bosques. De esta forma se puede explicar la tendencia que han tenido las

variables en el tiempo. La caracterización se suma a los aspectos sociales y económicos¹ y con estas tres fuentes de información se hace una interpretación y luego un pronóstico de los posibles escenarios que podrían ocurrir por la construcción de una obra de generación hidroeléctrica.

JUSTIFICACIÓN

Como parte de la Política Ambiental, el ICE ha adoptado el principio de planificar y ejecutar sus actividades con fundamento en el desarrollo sostenible, realizando sus gestiones con una visión de conservación, protección, recuperación y uso responsable del medio ambiente. Consecuente con lo anterior y dentro de los estudios de proyectos, corresponde al Proceso de Planeamiento Ambiental la misión de desarrollar estudios, que en la fase de prefactibilidad, permitan establecer basados en fundamentos científicos la viabilidad o no de los proyectos hidroeléctricos que se analizan. En este sentido la caracterización es el insumo base para la valoración de impactos, ya que mediante un conjunto de indicadores (fragmentación, área afectada de cobertura vegetal, especies de flora y fauna afectadas y taxones afectados con condición especial) se puedan identificar y evaluar las potenciales fuentes de alteraciones ambientales que puedan derivarse por la construcción y operación de una determinada obra de generación. Con base en estas afectaciones y un conjunto de medidas ambientales, se evalúa la viabilidad ambiental del proyecto.

Esta caracterización se justifica como la principal fuente de insumos actualizados sobre el estado de conservación del entorno biótico (bosques, río, flora y fauna) y donde se espera la presencia de obras de infraestructura. A la luz de la síntesis de recientes investigaciones se pone a disposición un conjunto de información sobre el comportamiento de las variables que definen el actual estado de conservación del área de estudio. Queda explícita la necesidad de contar con una futura descripción más detallada y actualizada del tramo del río afectado, así como de las implicaciones de las macroactividad sobre los diferentes tipos de cobertura vegetal y biota en general.

-

¹ Estos son desarrollados por otros equipos del Proceso, para complementar la Evaluación Ambiental Preliminar del PH-R-265.

OBJETIVO GENERAL

Describir los elementos bióticos relevantes que permitan desarrollar la caracterización y valoración ambiental del área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón 265 (PH R-265).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

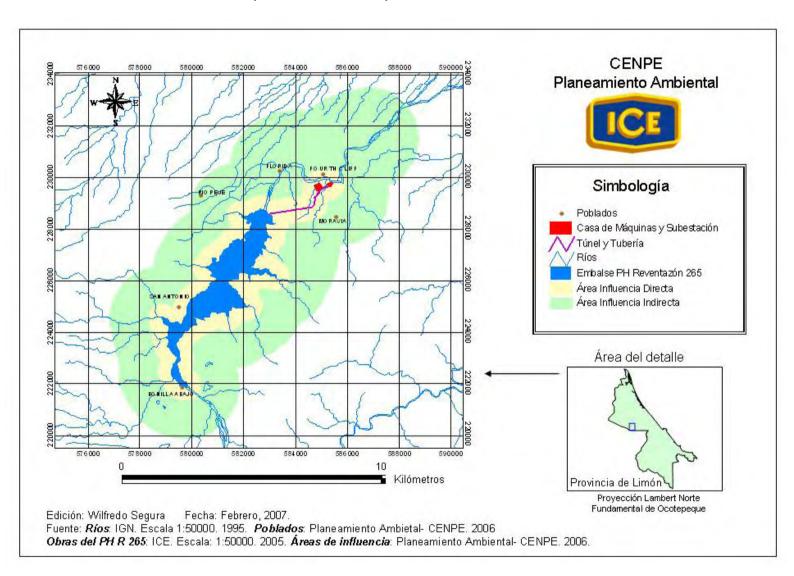
- a) Caracterizar los ecosistemas (terrestres y acuáticos) que se ubican en el entorno ecológico del área de influencia del P.H. R-265.
- b) Caracterizar, mediante inventarios, la diversidad de especies de flora y fauna de ecosistemas terrestres, acuáticos y aéreos, incluyendo las especies bajo estatus especial de conservación.
- c) Determinar el tipo de cobertura vegetal y la fragmentación de bosques

II. METODOLOGÍA

Definición de áreas de influencia

Esta caracterización tomará como punto de partida lo que señala la Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA) para un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), en lo que se refiere a las áreas de influencia. La definición de las áreas está en función de tres aspectos: a) las características ecológicas del lugar, b) la ubicación geográfica y dimensión de las macroactividades y c) la afectación de las obras sobre el medio ambiente. Para establecer las áreas de estudio se requiere de la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), los cuales permiten asociar las principales macroactividades del proyecto con las características naturales de la zona de estudio. Esta relación entre proyecto y ambiente facilitan la interpretación de los posibles impactos que genera la construcción de infraestructura. Para el PH R-265, se han definido tres niveles para las áreas de estudio: Área de proyecto (AP): Debido a que las caracterizaciones ecológicas necesitan un análisis puntual de los ecosistemas, por ejemplo el río. Se propone como área puntual una banda de estudio de 0 a 20 metros inmediata a las macroactividades. Área influencia directa (AID): Es la banda inmediata al área del proyecto y se extiende hasta los primeros 500 m para cada macroactividad. Área de influencia indirecta (AII): El área que abarca se extiende hasta los 2 km a partir de cada macroactividad (Mapa 1).

Mapa 1. Áreas definidas para la caracterización biótica.



INVENTARIOS

Para la elaboración de los inventarios, del área del proyecto PH R-265, se utilizará como referencia las investigaciones de flora y fauna realizadas por un equipo de biólogos bajo la supervisión del Proceso de Planeamiento Ambiental. Los detalles sobre el esquema metodológico sigue lo propuesto por Bolaños *et al.* (2002), ICE (2002, 2003), Segura (2004), Arguello (2005), González (2005) y Villalobos (2005).

La caracterización biótica se complementó con muestreos en zonas del PH R-265 y grupos faunísticos (por ejemplo los peces, Rojas *et al.* 2005) que no fueron abordadas en estudios previos. Las nuevas estaciones de muestreo se seleccionaron considerando zonas de vida y tipos de cobertura vegetal semejantes. Una explicación sobre el tipo de cobertura vegetal y sectores estudiados se muestra en el cuadro 1 y Mapa 2.

Cuadro 1. Sectores de estudio para muestreos biológicos

Sector	Tipo de cobertura vegetal	Coordenadas Lambert Norte	
		Υ	Х
Caudal ecológico (un tramo entre	Pastos con árboles dispersos	230075.53243	584688.32913
sitio de presa y casa de			
máquinas)			
G	Bosque secundario	228644.48377	582561.35956
Florida	Charral	2300546.01417	583541.52987
ш	Pastos con árboles dispersos	228477.85482	582473.14423
	Bosque secundario	227360.46067	582022.26589
Lajas	Plantación forestal	226066.63586	581336.14667
	Tacotal	226252.86822	581385.15519
S	Humedal	219479.89137	580091.33038
Lomas	Pastos con árboles dispersos	226145.04948	581336.14667

Fuente: Elaboración propia y complemento con Bolaños et al (2002).

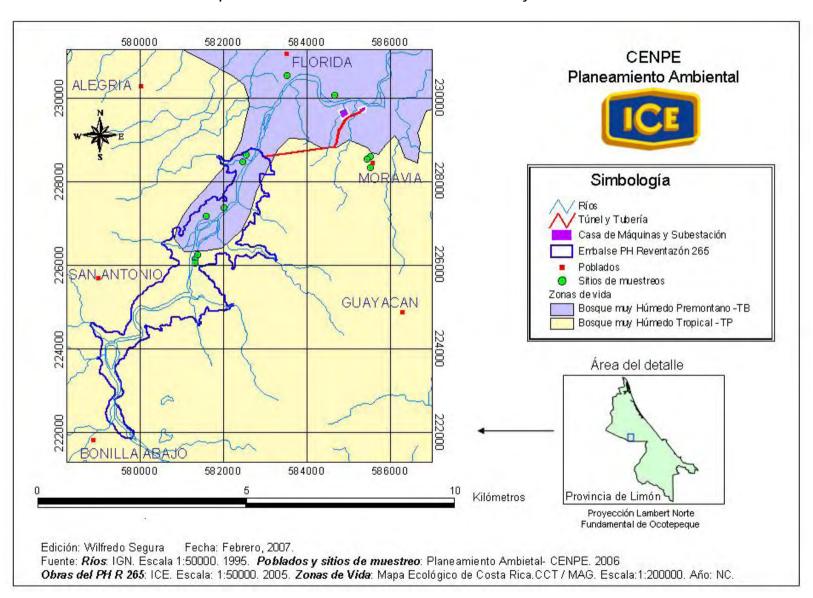
Los inventarios siguen la metodología propuesta por Bolaños *et al.* (2002) e incluyen los estudios complementarios de plantas (Arguello, 2005), anfibios y reptiles (Segura, 2004), aves (González, 2005), mamíferos (Villalobos, 2005) y peces (Rojas *et al.* 2005). En campo se hicieron caminatas en las

parcelas designadas. Para el caso de las aves los recorridos se hicieron de 6:00 a 8:30 am y de 3:00 a 5.30 pm, se incluyeron especies identificadas por observación directa. Para el inventario de mamíferos, reptiles y anfibios también se hicieron caminatas diurnas y nocturnas entre 7:00 a 12 pm y de 7:00 pm a 12 am, además de caminatas de 45 minutos por los alrededores de las parcelas. La identificación incluyó avistamientos, olor, sonidos, huellas y excrementos. Para el trabajo ictiofaunístico se establecieron sectores estratégicos entre casa de máquinas y la cola del embalse. Las muestras se recolectaron en remansos y pozas usando una red tipo chinchorro y electropesca (Mapa 3). La identificación taxonómica se apoyó en lo propuesto por Bussing (1998) para la zona.

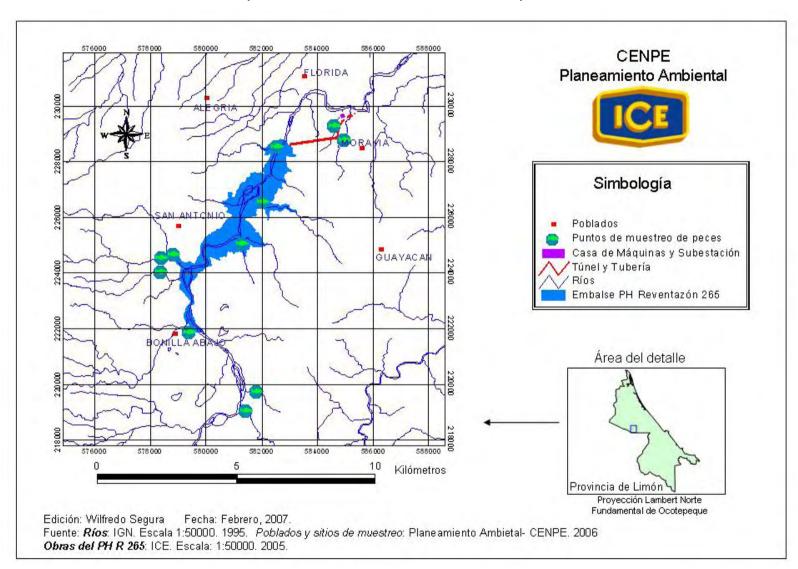
CONDICIÓN ESPECIAL

La categoría de especies de flora y fauna con condición especial sigue los lineamientos propuestos por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (1994) en lo que se refiere a especies endémicas, en peligro de extinción, amenazadas y especies con poblaciones reducidas o especies raras.

Mapa 2. Ubicación de los sitios de muestreo de flora y fauna



Mapa 3. Ubicación de los sitios de muestreo de peces.



COBERTURA VEGETAL.

Este factor o variable del medio ambiente se desarrolla con el fin de conocer las diferentes coberturas vegetales asociadas a cada una de las macroactividades que conforman el P.H. R-265. Para analizar este factor se contó con un mapa de cobertura vegetal actualizado.

La cartografía se se elaborará a partir del mapa de ecosistemas que confeccionó el INBio en el año 2003 (INBio 2003). La actualización (redefinición de límites y reasignación de categorías) se realizó con base a los siguientes recursos:

- a) Fotografías aéreas infrarrojas del año 2005 del Proyecto CARTA 2005, a escala 1:40000 y suministradas por el Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS).
- b) Visitas de campo en el 2006 para registrar puntos de verificación: Cada punto se georeferenció con un GPS (GPSMAP 76CSX GARMIN) y se ubicó en cada una de las coberturas vegetales identificadas. Se registró como mínimo 200 puntos de verificación.

Además se realizó un análisis estadístico del vecino más próximo, mediante el uso de la extensión NEAREST NEIGHBOUR ANALYST (Saraf, 2002) y el programa ARCVIEW. Este análisis permitió determinar para cada cobertura vegetal su patrón de distribución espacial, ya sea de tipo aleatorio, uniforme o agrupado. En otras palabras puede determinar si algún tipo de cobertura vegetal esta asociada a un sector en particular del área de estudio. La extensión NEAREST NEIGHBOUR ANALYST (Saraf, 2002) calcula el estadístico R y al mismo tiempo realiza una prueba de significancia (cálculo del valor Z), para finalmente concluir la tendencia o patrón de distribución espacial.

COHESIÓN ESPACIAL ECOLÓGICA (FRAGMENTACIÓN DE BOSQUES).

La cohesión espacial ecológica es entendida como la conectividad y/o continuidad natural de las áreas boscosas. El proceso opuesto a la cohesión espacial ecológica se le conoce como fragmentación. De esta manera, la fragmentación es la división de un hábitat continuo en fragmentos más pequeños y aislados, cuyo resultado es la reducción del área total de hábitat, disminución del tamaño de los parches de hábitat y el aumento del aislamiento (ECOTONO, 1996).

Para describir el grado de cohesión espacial de los bosques presentes en el área de estudio (en otras palabras para valorar la situación actual de la fragmentación de bosques), se realizaron cálculos mediante SIG, basados en metodologías que han sido diseñadas y usadas para tal fin (Rutledge, 2003; WWF-Oficina de Programa Perú, 2003). Las métricas más utilizados en este tipo de análisis son: número de parches, tamaño promedio de parches de bosque y distancia media al vecino más cercano (Fleishman, 2002, Rutledge, 2003). Este último cálculo define la distancia euclidiana promedio borde con borde entre un parche y el parche de bosque adyacente más cercano.

El mapa insumo para realizar dichos cálculos (métricas del paisaje) fue el mapa de uso y cobertura vegetal descrito en el punto anterior, y el programa que se utilizó es ARCVIEW GIS 3.2 y las extensiones PROXIMITY ANALYSIS (Stefan, 2004) y PATCH ANALYST (Elkie *et al.*, 1999).

Con la finalidad de visualizar la tendencia de la deforestación y por ende del proceso de fragmentación se calculó la tasa de deforestación para los periodos 1992 al 1997 y 1997 al 2000 (para este análisis no se utilizó la información cartográfica del 2006 porque no se considera comparable). El procedimiento de cálculo sigue lo establecido por Hernández y Pozzobon (2002):

$$T_d = \frac{(A1 - A2) * 100}{(A1 * n)}$$

Donde:

T_d= Tasa de deforestación

A1= Superficie boscosa en el momento inicial

A2= Superficie boscosa al final del período analizado

n = Período de tiempo entre A1 y A2 en años.

Para determinar la intensidad de la deforestación, las tasas de deforestación se clasificaron con base en la propuesta de Hernández y Pozzobon, (2002), en donde la intensidad está dada por:

Deforestación (%/año)	<u>Calificativo</u>
< 0.5	Baja
0.5 - 2.0	Media
2.0 – 3.0	Alta
> 3.0	Muy Alta

Los mapas que se utilizaron en este análisis son:

1992 = Savitsky, B.; Tarbox D.P.; Blaricon D. van; Lacher, T. E. y Fallas, J. 1995. Mapa de los Hábitats de Costa Rica 1992. Escala 1:500,000., PRMVS, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

1997 = CCT, CIEDES y FONAFIFO. 1997. Mapa del Estudio de Cobertura Forestal y de Cambio de Cobertura para el Periodo entre 1986/87 y 1996/97 para Costa Rica. Escala 1:1,000,000.

2000 = Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre (EOSL) Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera Universidad de Alberta y Centro Científico Tropical. 2000. Mapa del Estudio de cobertura forestal de Costa Rica con imágenes Landsat tm 7 para el año 2000. Escala 1:250000.

III. RESULTADOS

ENTORNO ECOLOGICO

En el área del PH R-265 prevalece el clima tropical lluvioso típico de la zona del Caribe de Costa Rica. Los vientos alisios dominan la región, estos se caracterizan por un flujo con dirección media del estenoreste, pero que fluctúan según el movimiento de masas de aire polar y que provocan frentes fríos de diciembre a enero. La dinámica de vientos afecta las precipitaciones, de ahí que llueve durante todo el año. No hay época seca, aunque se presentan dos mínimos de precipitación en febrero-marzo y septiembre-octubre (Valerio 1991).

El relieve es abrupto con laderas de más del 60% de pendiente. Las planicies son aluviones recientes y hay terrazas en la parte media, colindante con la montaña. Cerca del río se encuentran restos de cauce y meandros abandonados (Caura 1994).

Con respecto a las zonas de vida se han identificado dos. La primera es el bosque muy húmedo tropical transición a premontano, que cubre la mayor parte del embalse y aproximadamente el 50% del sector de la conducción. De acuerdo con Montiel (2000), en esta zona de vida los bosques secundarios tienen una mezcla de grandes árboles cubiertos de abundantes epífitas. El bosque muy húmedo premontano transición a basal es la segunda zona de vida, esta se ubica en la casa máquinas, subestación, eje de presa y aproximadamente 50% de la conducción. Holdridge (1987) considera que en esta formación vegetal se presenta la mayor complejidad florística, estructural y fisonómica de la vegetación. Este es un bosque de 4-5 estratos, perennifolio, con especies hasta de más de 40 m de altura y con gran abundancia de palmas.

La zona del proyecto tiene contrastes, la margen derecha presenta, en general, un buen estado, con pequeños parches con bosques muy poco intervenidos, la margen izquierda está más alterada con pastizales con árboles dispersos, algunos sectores con bosques secundarios y tacotales. La mayoría de los asentamientos humanos, caminos y las áreas deforestadas se encuentran en el sector izquierdo. A pesar del mejor estado ambiental del sector derecho, hay plantaciones forestales de valor económico, como por ejemplo pino (*Pinus* sp.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y laurel (*Cordia alliodora*). Es además un sitio con crecimiento demográfico y con un continuo aumento de actividades agrícolas en zonas que

funcionan como reservorios de flora y fauna. El río representa una conexión natural para anfibios y reptiles que se mueven entre los sectores medios de la cuenca y eventualmente hacia la boca del estuario.

A lo largo del proyecto se encuentran una serie de ecosistemas, en el sector relacionado con la cola del embalse encontramos los humedales de la Laguna Bonilla y Bonillita. En Lajas encontramos plantaciones forestales, tacotales y bosques secundarios. En Lomas observamos pastos, bosques secundarios y pastizales con árboles dispersos; ya en el sector de La Florida encontramos charrales, bosques secundarios y pastizales. Estos diferentes ecosistemas combinados con condiciones bioclimáticas hacen que a lo largo de la zona del proyecto se desarrollen diferentes conjuntos florísticos. De hecho este sector permite albergar especies de flora extintas en la mayor parte del país. Algunos ejemplos son *Astronium graveolans, Zamia neurophyllidia y Dussia macroprophyllata*, de igual forma se encuentran especies endémicas como: *Aristolochia tonduzii, Trichilia obtusanthera, Passiflora talamancensis*. También encontramos animales que han sido afectados por la caza o simplemente son ecológicamente frágiles, tal es el caso del ave bolsero coliamarillo (*Icterus mesomelas*) o el mono congo (*Alouatta palliata*). Igualmente en el río se encuentran especies con características especiales, tal es el caso de los guapotes endémicos *Astatheros alfari* y *Archocentrus myrnae*.

COBERTURA VEGETAL

En el área de influencia indirecta del PH R-265 se encuentran los siguientes tipos de vegetación natural o seminatural: Bosque primario intervenido, Bosque secundario, charral/tacotal, pastizales y plantaciones forestales. La presencia de estas coberturas y su distribución espacial indican que el área de estudio es una zona alterada (Mapa 4). Prácticamente no existen los bosques vírgenes, y los bosques existentes o son secundarios o han sido intervenidos (extracción selectiva de especies). Aún así, los bosques (secundarios y primarios intervenidos) representan la principal cobertura, ocupando el 42 % (3575 ha) del área de estudio, le siguen los pastizales con el 27 % (2317 ha). Las plantaciones forestales y los charrales / tacotales representan el 10 % (820 ha) y el 6 % (549 ha) respectivamente. El restante 15 % (1212 ha) son coberturas de tipo cultural, como infraestructura y monocultivos (ejemplo banano y piña).

En cuanto a la distribución espacial de las diferentes coberturas, los análisis realizados con la extensión NEAREST NEIGHBOUR ANALYST y el programa ARCVIEW indican que las mismas se distribuyen en forma uniforme o al azar, ninguna presentó una distribución de tipo conglomerado. Esto significa que la ubicación espacial de cada una de las coberturas es prácticamente igual para toda el área de estudio, o no hay indicios que la presencia de una cobertura vegetal sea propia o exclusiva de un sector del área de estudio.

En términos de área la mayor cantidad de bosque se ubica en la margen derecha del río Reventazón, representada por el 60.3 % del bosque presente en el área de estudio, mientras que los pastizales y los charrales/tacotales son más abundantes en la margen izquierda. Con respecto al estatus de conservación de los bosques, se tiene que el 89 % (3185 ha) se encuentran en terrenos privados y solamente el restante 11 % (390 ha) forma parte del alguna área protegida. Específicamente 159 hectáreas de bosques pertenecen a la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, ubicada en el sector Sureste del área de estudio (margen izquierda del Río Reventazón) y 231 hectáreas pertenecen a la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres, ubicada en el sector Noreste, cerca de la comunidad de Moravia de Siquirres (margen derecha del Río Reventazón).

A continuación se presentan las principales características ecológicas de cada cobertura vegetal:

A) Bosques (primario intervenido y secundario): Los bosques son un tipo de ecosistema intervenido o no, regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del 70% de esa superficie (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996). Estos ecosistemas combinan especies arbóreas de diferentes tamaños y con diferentes requerimientos ecológicos, conviven especies tolerantes a la sombra con tolerantes al sol. El estrato más bajo de este tipo de cobertura se denomina sotobosque y está dominado por una

se ha dado una extracción selectiva de especies leñosas de origen comercial, generalmente corresponden a árboles de maderas finas. Mientras que los bosques secundarios son

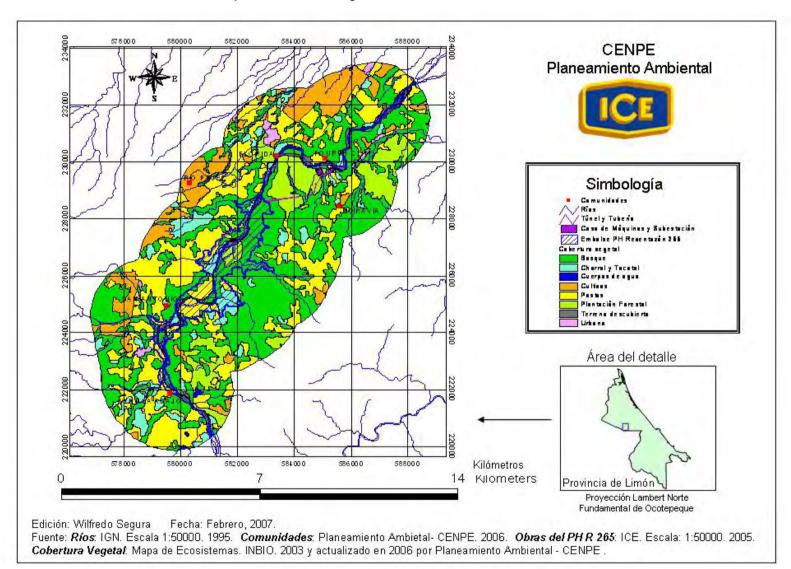
gran variedad de arbustos, hierbas y palmas. La principal diferencia entre bosques primarios intervenidos y bosques secundarios es que los primeros son ecosistemas naturales en donde

ecosistemas que se desarrollan una vez que la vegetación original ha sido eliminada por

actividades humanas y/o fenómenos naturales, en donde abundan lianas, bejucos y arbustos resultantes de la sucesión ecológica. En este ecosistema son menos abundantes los árboles de gran diámetro (en relación al bosque primario intervenido) y hay mayor presencia de especies vegetales de rápido crecimiento.

- B) Charral / Tacotal. Son áreas de sucesión ecológica activa y fases tempranas de crecimiento, en esta zona se encuentran pequeños arbustos, bejucos y un rico sotobosque. El charral constituye una de las primeras fases de la sucesión secundaria, que se inicia comúnmente en tierras que son cultivadas o intervenidas durante un tiempo y posteriormente se abandonan, dando la oportunidad que las plantas heliófitas efímeras colonicen formándose así un dosel cerrado (Finegan 1995). Los tacotales es una comunidad mixta de herbáceas, arbustos, bejucos y en general plántulas de especies invasoras (Holdridge, 1987)
- C) Pastizal o potrero con árboles dispersos: Cobertura vegetal donde hay alternancia de zacates o pastos de diferente altura con árboles aislados que han sido plantados o son remanentes del bosque original.
- D) *Plantación forestal*: Cobertura vegetal que se produce debido a cultivos de una o dos especies de árboles exóticos o nativos para su aprovechamiento forestal. Por ejemplo plantaciones de *Gmelina arborea* (melina), *Tectona grandis* (teca) y *Cordia alliodora* (laurel).

Mapa 4. Cobertura vegetal del All del P.H. Reventazón 265.



COHESIÓN ESPACIAL.

En el área de influencia indirecta del PH R-265 se pueden distinguir o delimitar dos zonas con diferentes grados de cohesión espacial, precisamente el límite está dado en forma natural por el río Reventazón (Mapa 5). Las características de cada zona son:

1) Margen izquierda

Se caracteriza por un alto grado de fragmentación de sus bosques. Solamente el 32.4% del área de esta zona corresponde a bosques, equivalentes a 1407 hectáreas que se reparten en 40 parches boscosos. El parche más grande posee una superficie de 237 hectáreas y el tamaño promedio es de 35 hectáreas. La distancia mínima promedio entre un parche y otro (esta es una medida del grado de aislamiento de los parches) es de 112 metros.

2) Margen derecha

Esta margen también ha experimentado un acelerado proceso de fragmentación de sus bosques. Sin embargo, en menor grado que la margen izquierda. Aproximadamente el 52 % de está área está cubierta por bosques, el restante 48% corresponde a pastizales, charrales / tacotales y plantaciones forestales. Los bosques de esta zona son de mayor tamaño, el parche más grande supera las 1000 hectáreas y el tamaño promedio es de 194 hectáreas, más de cinco veces el área promedio de los bosques que se ubican en la margen izquierda. En esta zona se contabilizaron 11 parches de bosques y la distancia mínima promedio es de 107 metros. En efecto, los 4 parámetros de fragmentación por separado (número de parches boscosos, tamaño promedio de parches, porcentaje de área cubierta de bosques y distancia promedio al parche más cercano) indican que los bosques de la margen izquierda del río Reventazón se encuentran más fragmentados que los bosques de la margen derecha.

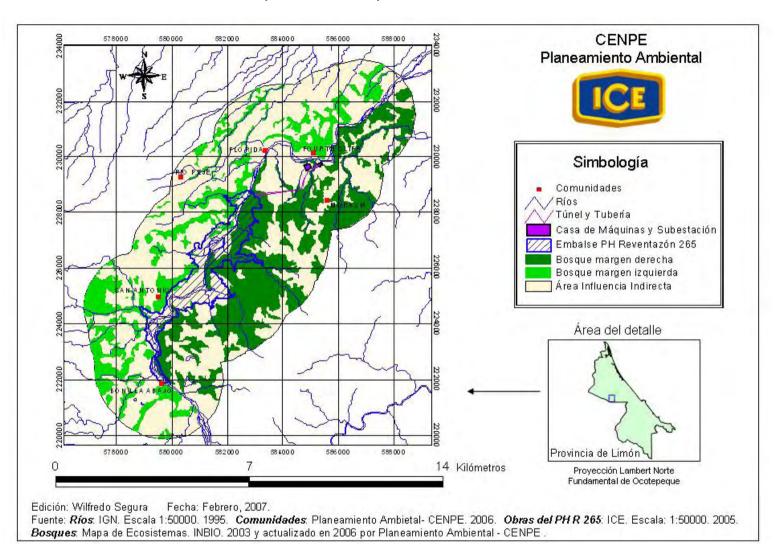
Retomando los datos de distribución espacial, calculados con la extensión NEAREST NEIGHBOUR ANALYST - ARCVIEW (mencionado en la caracterización de la cobertura vegetal), se tiene que el proceso de deforestación y por ende la fragmentación de bosques ha ocurrido en forma uniforme para toda el área de estudio. La fragmentación del área de estudio, al igual que el resto de Costa Rica es el producto de la constante deforestación que ha vivido el país en los últimos 40 años. Estadísticas del Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible (SITES) de MIDEPLAN indican que la tasa anual

de deforestación ha disminuido en los últimos años, pero también es cierto que dicho proceso es continuo y no estático (http://www.mideplan.go.cr/sides/ambiental/).

Según un estudio realizando por el Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre (EOSL) Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera Universidad de Alberta y el Centro Científico Tropical (2002) durante el periodo 1997-2000 se experimentó en Costa Rica una pérdida de 9100 hectáreas de bosque, con un promedio de 3000 ha/año, menor que la tasa detectada para el periodo 1987-1997 de 12000 ha/año. Además, señalan que esta pérdida de cobertura se focaliza en la Zona Atlántica, Zona Norte y Península de Osa.

Durante el periódo 1992-1997 el área de estudio (AII) del P.H. R- 265 perdió aproximadamente 1110 hectáreas de bosque, con un promedio de 222 ha/año y la tasa de deforestación fue de 4.9% / año (valor expresado en porcentaje del área de bosque disminuida por año), según la clasificación de las tasas de deforestación de Hernández y Pozzobon (2002) corresponde una deforestación de intensidad muy alta (mapas 6 y 7). Mientras que para el periodo 1997-2000, el AII del P.H. R-265 perdió 170 hectáreas de bosque, con un promedio de 57 ha/año y la tasa de deforestación fue de 1.7% (casi tres veces menos que el periodo 1997-2000), valor que indica una deforestación de intensidad media (mapas 7 y 8). Estos datos indican que la zona de estudio presenta un proceso constante deforestación, pero al igual que el resto del país, hay una tendencia hacia la disminución de la misma.

Mapa 5. Cohesión espacial del All del PH Reventazón 265.



CENPE Planeamiento Ambiental Simbología Comunidades /Ríos Túnel y Tubería Embalse PH Reventazón 265 Casa de Máquinas y Subestación Cobertura boscosa Áre a Influencia Indirecta AN ANTONIO GUAYÁCAN Área del detalle SANTAMARTA Provincia de Limón 4 584000 14 Kilómetros Proyección Lambert Norte Fundamental de Ocotepeque Edición: Wilfredo Segura Fecha: Febrero, 2007. Fuente: Ríos: IGN. Escala 1:50000. 1995. Comunidades: Planeamiento Ambietal- CENPE. 2006. Obras del PHR 265: ICE. Escala: 1:50000. 2005. Cobertura boscosa: Savitsky, B.; Tarbox D.P.; Blaricon D. van; Lacher, T. E. y Fallas, J. 1995. Mapa de los Hábitats de Costa Rica 1992. Escala 1:500,000., PRMVS, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Mapa 6. Cobertura boscosa en 1992 para el All del PH Reventazón 265.

CENPE Planeamiento Ambiental Simbología Comunidades /Ríos Túnel y Tubería Embalse PH Reventazón 265 Casa de Máquinas y Subestación Cobertura boscosa Áre a Influencia Indirecta GUAYACAN Área del detalle SANTAMARTA 582000 584000 58 000 0 Provincia de Limón 14 Kilómetros Proyección Lambert Norte Fundamental de Ocotepeque Edición: Wilfredo Segura Fecha: Febrero, 2007. Fuente: Rios: IGN. Escala 1:50000, 1995. Comunidades: Planeamiento Ambietal- CENPE, 2006. Obras del PHR 265: ICE. Escala: 1:50000, 2005. Cobertura boscosa: CCT, CIEDES y FONAFIFO. 1997. Mapa del Estudio de Cobertura Forestal y de Cambio de Cobertura para el Periodo entre 1986/87 y 1996/97 para Costa Rica. Escala 1:1,000,000.

Mapa 7. Cobertura boscosa en 1997 para el All del PH Reventazón 265.

CENPE 576000 Planeamiento Ambiental Simbología Comunidades Rios Túnel y Tubería Embalse PH Reventazón 265 Casa de Máquinas y Subestación Cobertura boscosa Áre a Influencia Indirecta GUAYÁCAN Área del detalle SANTAMARTA Provincia de Limón 3 14 Kilómetros Proyección Lambert Norte Fundamental de Ocotepeque Edición: Wilfredo Segura Fecha: Febrero, 2007. Fuente: Ríos: IGN, Escala 1:50000, 1995. Comunidades: Planeamiento Ambietal- CENPE, 2006. Obras del PHR 265: ICE, Escala: 1:50000, 2005. Cobertura boscosa: EOSL y CCT. 2000. Mapa del Estudio de cobertura forestal de Costa Rica con imágenes Landsat tm 7 para el año 2000.

Mapa 8. Cobertura boscosa en el 2000 para el All del PH Reventazón 265.

Escala 1:250000.

INVENTARIOS FLORÍSTICOS

Considerando los tipos de ecosistemas y zonas de vida, en el área de estudio se identificaron 414 especies de flora (Lista en anexo 1). La distribución del número total de especies en cada uno de los sitios de muestreo asociados a las macroactividades del PH R-265 se presenta en la figura 1.

De este análisis se desprende que una de las zonas florísticamente más diversas es la que coincide con el sector del embalse, específicamente entre la Laguna Bonilla (cola del embalse) y el sector de La Florida (inicio del embalse). En ese tramo existen bosques secundarios, humedales, charrales y pastizales con árboles dispersos, que conforman un conjunto florístico de 350 especies, lo que representa el 84.3% de los taxones que se encuentran en toda la zona de estudio. En el sector también hay una serie de especies bajo estatus de conservación, algunos ejemplos son *Cedrela odorata* (extinción), *Conceveiba pleiostemona* (endémico), *Dussia macroprophyllata* (extinción), *Minguartia guianensis* (extinción) y *Trichilia obtusanthera* (endémica), mayores detalles se presentan en la sección de especies con estatus de conservación y en el anexo 2 de la lista respectiva.

Otra zona igualmente rica en flora es el bosque secundario que se encuentra cerca del sitio de presa, toma y vertedero en la margen derecha del sector de La Florida, donde se contabilizaron 250 especies, es decir el 60.2% de la diversidad total de la zona de estudio. El bosque funciona como un relicto que incluye desde especies de bejucos, en donde se encuentran el Bejuco de agua (*Gnetum leyboldii*), Bejuco de hombre (*Thoracocarpus bissectu*) y Bejuquillo (*Serjania acuta*), hasta árboles con grandes fustes como el Biribá (*Rollinia mucosa*), Lorito (*Cojoba arborea*), Balsa (*Ochroma pyramidale*) y Barraquillo (*Acidoton nicaraguensis*).

En contraste algunas zonas del proyecto se han deteriorado y han experimentado pérdida de cobertura vegetal y evidente reducción de la diversidad florística. Un ejemplo de esta situación es el sector del tramo crítico de La Florida, especialmente en la margen izquierda cerca de casa máquinas, donde prevalecen potreros y pastizales con árboles dispersos, así como el sector de campamentos y escombreras donde los bosques han dado paso a potreros o a lo sumo a pastizales con árboles dispersos y en algunos casos una delgada banda de bosque secundario. En el sector del tramo crítico solo 19 especies fueron contabilizadas, lo que representa el 4.6% de la diversidad total.

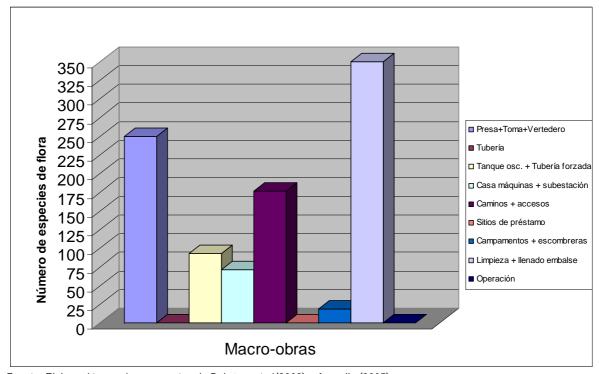


Figura 1. Número de especies de plantas en cada macroactividad

Fuente: Elaboración propia con aportes de Bolaños et al (2002) y Arguello (2005)

Diversidad y ecosistemas

Charrales

De acuerdo con Bolaños *et al.* (2002) en la zona de estudio se han constituido charrales en La Florida, Lomas y Lajas donde se encontraron árboles de jocote (*Spondias dulcis*), limón ácido (*Citrus limettioides, Citrus aurantium*), papaya (*Carica papaya*) e hierbas en sucesión natural (Fotografía 1). Algunas heliófitas encontradas en estos charrales son *Cordyline fructicosa, Impantiens walleriana, Costus sp., Malachra alceifolia, Malvaviscus arboreus, Arachis pintoi, Coix lachryma-jobi e Ischaemum timorense* son plantas que se reproducen y colonizan rápidamente en áreas donde el bosque ha sido talado o la vegetación natural ha sido removida. También hay especies medicinales (*Citrus limettioides, Citrus aurantium y Priva lappulacea*) y *Smilax domingensis* una especie bajo la categoría de escasa y conocida como cuculmeca. Entre los árboles maduros se encontraron dos especies maderables *Cecropia obtusifolia* y *Gliricidia sepium*.

Fotografía 1. Charral de la Florida, cerca de sitio de presa.

Fuente: Fotografía tomada de Bolaños et al (2002).

Bosque secundario

En términos generales el bosque secundario del área de estudio (Fotografía 2) posee árboles de gran fuste que regularmente alcanzan más de 10 metros de altura. Los bosques secundarios se encuentran en parches desde el sector de Lomas hasta el sector de sitio de presa en el sector de casa de máquinas (Bolaños *et al.* 2002). La mayor parte de la margen derecha del río Reventazón está protegida por bosques secundarios y de galería en donde hay una gran producción de hojas y semillas que son utilizados como alimento por los peces y otros grupos acuáticos. También hay especies de importancia económica, por sus maderas, son el panamá (*Sterculia costaricana*), el sangrillo (*Pterocarpus hayesii*) y el laurel (*Cordia alliodora*) que también presenta otros usos medicinales y ornamentales. Entre las especies endémicas tenemos *Aristolochia tonduzii* una enredadera cuyo fruto tiene forma de canasta, de ahí se deriva su nombre común ("canastilla"), es endémica del Atlántico.

Fotografía 2. Bosque secundario, cerca de toma, presa y vertedero, sector La Florida



Plantaciones forestales

Por otro lado, las plantaciones forestales del área de estudio son abundantes, las especies más representativas son Melina (*Gmelina arborea*), Laurel (*Cordia alliodora*) y Eucalipto (*Eucalyptus* sp). (Fotografía 3) (Bolaños *et al.* 2002). Existen dos macroactividades que dentro de su área de influencia directa se encuentran plantaciones forestales, estas son la tubería forzada y el tanque de oscilación.

Figura 3. Plantación forestal de pilón, margen derecha río Reventazón

Tacotales

Hay algunos en el margen derecho del Río Reventazón cerca de la Quebrada Lajas. Esta área ha sido muy utilizada para el pastoreo, se observa la compactación del suelo y una vegetación típica de este tipo de ecosistema, como son las Asteráceas y Poáceas. Muchas de las especies encontradas en los tacotales (Fotografía 4), son helechos y bejucos, además de plantas indicadoras de regeneración como lo son las Melastomatáceas y Piperáceas (Bolaños *et al.* 2002). Otras especies presentes en este tipo de ecosistema son: *Neurolaena lobata, Vernonia patens, Casearia sylvestris*. Algunas son consideradas para uso ornamental, entre ellas *Senna papillosa, Heliconia clinophila, Phytolacca rivinoides*. Uno de los tacotales principales se localiza en la Finca del "Cubano", cerca de la Quebrada Lajas.

Fotografía 4. Tacotal, sector del embalse, Lomas, PH R-265

Pastizales con árboles dispersos

Los pastizales de la zona de estudio (Fotografía 5) están cubiertos en su mayoría por "zacates" (*Cyperus luzulae*), utilizados principalmente para la alimentación del ganado. Se observan árboles aislados, algunos de gran tamaño como el Jabillo (*Hura crepitans*), el Laurel (*Cordia alliodora*) y el Indio desnudo (*Bursera simaruba*), generalmente estas especies son remanentes del bosque original. En cuanto a plantas medicinales se encontró *Phyllanthus acuminatus* (Euphorbiaceae), que aún no se le ha considerado de gran importancia medicinal, pero su raíz ha sido usada por algunas personas como posible cura contra el cáncer (Bolaños *et al.* 2002). Además, se identificaron familias como Passifloraceae con el único género *Passiflora* presente en Costa Rica y la familia Urticaceae el género *Laportea*, con la única especie *Laportea aestuans* que esta reportada para nuestro país.

Fotografía 5. Pastizal con árboles dispersos, sector casa de máquinas, La Florida PH R-265

Humedales

Finalmente, en el área de estudio se encuentran humedales con diversas especies, algunas de ellas maderables, como el caso de *Terminalia oblonga*, *Cordia alliodora* y *Luehea seemanii*, la primera y segunda muy conocidas por su madera (Fotografía 6). También se reconocieron especies medicinales, como por ejemplo *Cordia alliodora*, *Tillandsia usneoides*, *Piper peltatum y Smilax sp*, esta conocida como "Cuculmeca", ha sido poco estudiada y cuenta con especies del mismo género lo que generalmente causa confusión en su identificación. Aunque en este estudio no se consideran la identificación de orquídeas y bromelias, se incluyó una especie de la familia Bromeliaceae llamada Barbas de viejo (*Tillandsia usneoides*).

Fotografía 6. Humedal, Laguna Bonilla, sector cola del embalse PH R-265



Fuente: Archivo fotográfico de Planeamiento Ambiental

Inventario faunístico

La zona de estudio se caracteriza por tener elementos faunísticos muy diversos y de diferentes zonas biogeográficas del país. Este sector reúne fauna tanto del sector montañoso, especialmente mamíferos, como de las estribaciones bajas del Caribe (peces, aves, anfibios y reptiles autóctonos). Para la zona de estudio se identificaron un total de 190 especies, que incluye mamíferos, anfibios, reptiles, aves y peces (Figura 2 y Anexo 2).

De acuerdo con los inventarios que llevaron a cabo Bolaños *et al.* (2002) y González (2005) entre La Laguna Bonilla y La Florida, las aves son el grupo más abundante con un total de 84 especies. Este valor representa el 44% de la diversidad total de la zona de estudio. Hay una gran variedad de familias y de especies conocidas, entre ellos los colibríes (*Amazilia tzacatl*), halcones (*Buteo magnirostris*), palomas (*Columba fascista*), siete colores (*Tangara larvata*) e inclusive el pájaro bobo (*Momotus momota*), en el anexo 2 se presenta una lista taxonómica de la ornitofauna.

3.6 %

3.6 %

Aves
Anfibios
Peces
Reptiles

N= 190

Figura 2. Distribución porcentual de los grupos faunísticos

Fuente: Elaboración propia con base en Bolaños et al (2002), Segura (2004), Villalobos (2004(, González (2005) y Rojas *et a*l (2005).

En segundo orden están los mamíferos con un total de 64 especies, es decir un 33.7% de la riqueza total (Anexo 2), la lista incluye, monos, roedores, carnívoros e inclusive mamíferos de agua como el caso de la nutria (*Lutra longicaudis*). Hay un conjunto de mamíferos voladores (murciélagos), entre los cuáles podemos mencionar los come frutas (*Artibeus jamaicensis*, *Dermanura phaeotis*), los cola corta (*Carollia castanea*), así como una rica variedad de especies que incluyen desde los mamíferos que viven en hoyos y cavernas, como por ejemplo ratones (*Mus musculus*), la guatuza (*Dasyprocta punctata*) y la taltuza (*Orthogeomys* sp.), hasta especies que se desplazan y migran a lo largo de los bosques de la zona, como por ejemplo el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), el coyote (*Canis latrans*) y el pizote (*Nasua narica*) entre otros.

Se identificaron 19 especies de reptiles, la mayor parte de ellas en ecosistemas muy cerca del río en el sector de la Florida. De acuerdo con Segura (2004) en la zona de estudio existen tres grandes Ordenes. Testudinata que es la tortuga candado (*Kinosternon leucostonum*), los Squamata/Sauria donde se incluyen las iguanas (*Iguana iguana*), lagartijas (*Basiliscus plumifrons*), gallegos (*Norops humilis*) y los Squamata/Ophidea en donde se encuentran las típicas serpientes, como el caso de la bocaracá (*Bothriechis schegelii*), la terciopelo (*Bothrops asper*) y la sabanera (*Drymarcon corais*).

Los anfibios son el grupo con menor número de especies y menor participación porcentual (3.6%) en la diversidad total. Dentro del grupo tenemos sapos (*Bufo marinus*), ranas (*Rana vallianti, Hyla ebraccata, Hyla phlebodes, Smilisca phaeota*) y ranas de montaña (*Eleutherodactylus diastema* y *Leptodactylus melanonotus*).

Cuando analizamos la riqueza de fauna a lo largo de los diferentes ecosistemas desde el sector de Laguna Bonilla hasta La Florida observamos una relación entre la densidad de cobertura vegetal y aumento de riqueza faunística (Cuadro 2). En el sector de Lajas, Lomas y Laguna Bonilla, específicamente en el sector del embalse hay una cadena de bosques secundarios en muy buen estado que ha permitido la presencia de una rica diversidad de especies. Al llegar al sector de La Florida (presa, toma, vertedero) el margen derecho del río mantiene una buena calidad ambiental representada por un parche de bosque secundario y en donde también se observó una rica diversidad faunística. Sin embargo cuando avanzamos hacia el sector de Four Cliff (casa de máquinas y sitios de préstamo) los bosques son sustituidos por charrales, pastos con árboles dispersos y tacotales. Este

cambio en la cobertura también influye en la reducción de la riqueza faunística que se observa en el sector de Las Nubes (La Florida) donde se ubican campamentos y escombreras y donde actualmente hay pastizales con árboles dispersos y algunos sectores con charrales.

Cuadro 2. Distribución faunística asociada a ecosistemas y macroactividades

Sector	Tipo de ecosistema	Macroactividades	Número de especies de fauna	Porcentaje de la diversidad total (N= 190)
Florida	Pastos con árboles dispersos, Bosque secundario, Plantación forestal, Charral.	Presa, vert. toma	80	42%
		Túnel	30	15.7%
		Tanque de osc., tub. forzada	35	18.4%
		Casa de máquinas y subestación	31	16.4%
		Sitios de préstamo	30	15.7%
		Campamentos y escombreras	33	17.3%
Florida, Lajas y Lomas Florida, Lajas y Lomas	Pastos con árboles dispersos, Bosque secundario, Charral, Plantación forestal, Tacotal, humedal	Limpieza y llenado embalse	177	93.1%
Florida, Laj Florida, Laj		Operación de la planta	30	15.7%
		Accesos y caminos	76	40%

Fuente: Elaboración propia con base en Segura (2004), Villalobos (2004), González (2005) y Rojas et al (2005)

Inventario de especies con condición especial

La zona de estudio tiene un conjunto de especies que no pueden ser consideradas comunes en los inventarios, son taxones que tienen restricciones de historia de vida muy particulares o que han sido inducidos a situaciones de fragilidad o vulnerabilidad. En especial se trata de especies endémicas, en extinción, especies raras o especies amenazadas. No se hace ninguna diferencia entre plantas y animales con condición especial.

En total se contabilizaron 87 especies (21 son plantas y 66 animales). Desde el punto de vista faunístico las aves, con 47 especies (54%) son las que tienen más especies con estatus de

conservación. Algunos ejemplos son: *Bubulcus ibis* (endémica), *Icterus mesomelas* (extinción), *Sarcoramphus papa* (amenazada) y *Ceryle torquata* (reducida). Le siguen los anfibios y reptiles que tienen 8 especies (9.2%), dentro de este grupo se incluye *Basilliscus plumifrons* (reducida), *Sphenomorphus cherriei* (amenazada) y *Bufo haematiticus* (endémica). Hay también una serie de plantas que se encuentran con estatus especial de conservación, por ejemplo *Cedrela odorata* (extinción), *Conceveiba pleiostemona* (endémica) y *Cordia alliodora* (reducida).

En el cuadro 3 se observa la distribución de las especies de flora y fauna con condición especial en los diferentes ecosistemas del área de estudio y las macroactividades. El sector con más especies en condición especial corresponde al área del embalse con 74 especies (esta área abarca charrales, bosques secundarios en el sector de Laguna Bonilla, Lajas, Lomas y La Florida). En segundo lugar, con 27 especies, se encuentran los bosques secundarios donde se construiría los accesos y caminos. La zona que menos especies tiene es el sector de Las Nubes de La Florida, en el lugar en que se ubicarían los campamentos y escombreras solo serían afectadas 7 especies de fauna (3 aves, 2 reptiles, 1 mamífero y 1 anfibio), no se identificaron especies de flora.

Cuadro 3. Distribución de especies con condición especial por ecosistema

Sector	Tipo de ecosistema	Macroactividades	Extinción	Endémica	Amenazada	Reducidas	Totales
Florida	Pastos con árboles dispersos, Bosque secundario, Plantación forestal, Charral.	Presa, vert. toma	1	3	1	13	18
		Túnel	0	3	1	5	9
		Tanque de osc., tub. forzada	1	1	1	6	9
		Casa de máquinas y subestación	1	1	3	6	11
		Sitios de préstamo	0	3	2	7	12
		Campamentos y escombreras	1	0	1	5	77
dis Sect Plal	Pastos con árboles dispersos, Bosque secundario, Charral,	Limpieza y llenado embalse	9	7	3	55	74
	Plantación forestal, Tacotal, humedal	Operación de la planta	0	1	2	4	7
		Accesos y caminos	4	3	3	17	27

Fuente: Elaboración propia con base en Bolaños et al (2002), Segura (2004), Villalobos (2004(, González (2005) y Rojas *et a*l (2005)

Análisis del ecosistema río

Como parte de la caracterización se llevó a cabo un análisis ictiofaunístico. El objetivo es determinar la diversidad, distribución y frecuencia de capturas de los peces y explicar las posibles afectaciones del proyecto sobre este ecosistema.

Se recolectaron un total de 335 ejemplares distribuidas en 21 especies (Cuadro 4). La Familia Characidae (sardinas y machacas) es la más abundante con 6 especies. Le sigue Cichlidae (mojarras y guapotes) con 5 especies, en esta familia hay dos especies endémicas *Archocentrus myrnae* y *Astatheros alfari*. La especie más frecuente en las capturas es la sardina común (*Astyanax aeneus*) con 99 ejemplares, luego el tepemechín (*Agonostomus monticola*) (N= 92) y en tercer lugar la olomina (*Poecilia gillii*) (N= 63).

Cuadro 4. Especies de peces capturadas en la zona de estudio

Nombre científico	Nombre común		
Agonostomus monticola	Tepemechín		
Archocentrus myrnae (endémico)	Mojarra		
Archocentrus nigrofasciatus	Guapote		
Archocentrus septemfasciatus	Mojarra		
Astatheros alfari (endémico)	Guapote		
Astyanax aeneus	Sardina		
Awaous banana	Chupapiedra		
Brachyraphis scleroparius	Sardina		
Brachyrhaphis sp.	Sardina		
Brycon guatemalensis	Machaca		
Gobiomorus dormitor	Guavina		
Joturus pichardi	Bobo		
Parachromis dovii	Guapote		
Phallichthys amates	Sardina		
Poecilia gillii	Olomina		
Priapichthys annectens	Sardina		
Rhamdia guatemalensis	Cuminate		
Rhamdia rogersi	Cuminate		
Sicydium altum	Chupapiedras		
Sicydium salvini	Chupapiedra		
Symbranchus marmoratus	Caballito		

Fuente: Elaboración propia Proceso de Planeamiento Ambiental

Al analizar el número de ejemplares capturados por sitio (Cuadro 5) encontramos un aumento en el número de especimenes conforme se desciende altitudinalmente en la cuenca. En términos generales el sector de Bonilla, Pascua, Guayacán y San Antonio tienen menos abundancia de peces, con respecto al sector del río en La Florida, propiamente en el sector de sitio de presa donde se encontró la mayor cantidad de ejemplares.

Cuadro 5. Abundancia de peces en diferentes estaciones de muestreo

Sitio	Frecuencia numérica	Porcentaje de participación
Bajo 52	24	7,2
Bonilla	36	10,7
Pascua	40	11,9
San Antonio	12	3,6
Guayacán	10	3,0
Lajas	51	15,2
Bajo Filler (Lomas)	21	6,3
Presa (Florida)	93	27,8
Poza Wil (Florida)	28	8,4
Casa, poza 3 (Florida)	20	6,0
Total	335	100,0

Fuente: Elaboración propia, Proceso de Planeamiento Ambiental

Con respecto a la presencia en las capturas, la mayor parte de las 21 especies se encuentran ampliamente distribuidas a lo largo del trayecto estudiado. Algunas son más frecuentes en las capturas y otras especies aparentemente están restringidas a ciertos lugares específicos (Figura 3). Por ejemplo en Bajo 52 no se capturaron machacas (*B. guatemalensis*), ni barbudos (*R. rogersi* o *R. guatemalensis*), sin embargo no implica que no existan, lo que sugiere un mayor esfuerzo de muestreo en las siguientes fases. Cuando a la presencia de especies se le agrega la pendiente del río, encontramos un patrón de distribución respecto al sentido de drenaje de la cuenca. Desde el sector Bajo 52 hasta la poza 3 en el sector del desfogue de la casa de máquinas, se observa una alternancia en el número de especies. El sector de Bajo 52 se tienen más especies con respecto a las quebradas del sector de casa de máquina, donde se evidenció muy baja diversidad (2-3 especies).

16 ■ Bajo 52 14 ■ Bonilla Número de ejemplares 12 □ Pascua ■ San Antonio 10 ■ Guayacán 8 Lajas 6 ■ Bajo Filler ■ Presa 4 ■ Poza Will 2 CM, poza 3 0 Sitios de muestreo

Figura 3. Número de especies recolectadas por sitio de muestreo

Fuente: Elaboración propia, Proceso de Planeamiento Ambiental

En cuanto a la diversidad se han reconocido al menos tres sectores. Un sector de baja diversidad que se encuentra entre Pascua y Quebrada Guayacán, un sector con diversidad media entre Bajo 52 y Bonilla y de alta diversidad el sector de Lomas y Florida. La adición y sustitución de especies a lo largo del gradiente longitudinal entre Bajo 52 y La Florida quizás se debe a los cambios de temperatura o las modificaciones en el hábitat a lo largo del río. En el sector alto, el río es mas angosto, con flujo turbulento, caudal de gran velocidad y con escaas quebradas y/o riachuelos, lo que implica un ambiente poco adecuado para la presencia de especies de baja capacidad natatoria en aguas rápidas. En el sector del La Florida el río cambia, se amplia tiene menor velocidad y mayor número de quebradas y aportes laterales, condición que explica la presencia diferentes especies a lo largo del transepto estudiado. Se encuentran especies con un rango amplio de distribución a lo largo de la zona de estudio, tal es el caso de las sardinas *Astyanax aeneus* presente en todas los puntos de muestreo. Caso contrario los cíchlidos *Parachromis dovii y Astatheros alfari*, restringidos a unas cuantas quebradas del sector de San Antonio y Lajas. La temperatura podría estar funcionando como barrera térmica que estaría afectando la distribución y abundancia de especies, sin embargo se requiere mayor fundamento.

Algunas especies presentan ámbitos de mayor tolerancia, que les permiten explotar mejor ciertos sitios del río en donde son más abundantes. Varios estudios, entre ellos Staso & Rohel (1994), Peterson & Rabeni (1996) y Honran *et al.* (2000), han mostrado algunas generalizaciones, acerca del rol de los factores abióticos, aislando los sitios y las especies presentes, esto es quizás lo que estemos observando en el río Reventazón, aunque falta confirmarlo. La adición continua de especies, de riachuelos pequeños hacia grandes ríos es un patrón consistente en la mayoría de las comunidades de peces de río en zonas tropicales. Este patrón se atribuye, principalmente, al aumento de la diversidad del hábitat río abajo, como se nota especialmente en el sector de La Florida. Los ríos de orden medio, como en este estudio, mantienen una menor diversidad y comunidades menos estructuradas, debido a su poca complejidad y a la alta variabilidad en el ambiente. La dinámica de recolonización, variación temporal en el éxito reproductivo y la habilidad para encontrar refugios apropiados durante condiciones extremas, parecen ser más importantes que las interacciones biológicas como determinantes de la organización de las comunidades en estos ríos. Este estudio muestra la estructura de las comunidades de peces desde el sector de Pascua hasta Four Cliff en el sector de La Florida.

Sin embargo se insiste en lo general de esta fase de investigación y en la necesidad de profundizar en el conocimiento de este sistema riverino. En forma particular deben aumentarse los muestreos en quebradas, riachuelos y aportes, así como en los factores que alteranlos patrones de distribución. Igualmente se debe considerar la dinámica migratoria que ocurre entre la parte baja del estuario y algunas zonas del PH R-265, en particular casa de máquinas, tramo crítico, sitio de presa, toma y vertedero.

IV. CONSIDERACIONES FINALES

Para una correcta caracterización ambiental es requisito no solo una adecuada selección de los factores del medio, sino también el tipo de metodología que se utilice para el análisis e interpretación de dichos factores. En este caso particular, los inventarios de biodiversidad así como el estudio de la cobertura boscosa y fragmentación ecológica, reflejan la condición biótica del entorno, en términos de riqueza de flora y fauna y de conservación de las masas boscosas.

El balance general indica un área de estudio alterada con problemas de deforestación catalogada como de intensidad media (período 1997-2000) y caracterizada por un paisaje formado por pequeños parches de bosques secundarios y primarios intervenidos, con una alternancia azarosa de tacotales, charrales y humedales.

La integración de información recabada en el campo junto con los análisis geoespaciales permiten comprender la distribución y dinámica de los principales bosques, también nos facilita el reconocimiento de las zonas con un avanzado estado de deforestación y de uso cultural de las tierras. Otras aplicaciones geoespaciales permiten identificar las asimetrías en cobertura vegetal y en el grado de fragmentación que presenta las márgenes izquierda y derecha del río. Estas diferencias también se reflejan en los inventarios, en donde el patrón general indica que la margen derecha tiene mayor riqueza de especies de flora y fauna.

Aunque existe una tendencia hacia la disminución de la tasa de deforestación en la zona de estudio, también es cierto que se trata de un proceso continuo, en donde se ha calculado en promedio una pérdida anual de 57 hectáreas. Esta reducción es probable que siga ocurriendo en cualquier sector del área, ya que solamente existen 390 hectáreas bajo alguna categoría de conservación, el restante (3185 hectáreas) se encuentra en terrenos privados sin ningún régimen de protección.

Por su dimensión y eventual impacto sobre una variedad de ecosistemas, el área geográfica que ocuparía el embalse es la más afectada en términos de pérdida de cobertura, flora y fauna. Un 84.3% del conjunto florístico y el 93.1% del total de las especies de fauna serán eventualmente afectadas. En contraste hay zonas que por su condición actual no se espera fuertes afectaciones, tal es el caso del

sitio que ha sido seleccionado para la casa de máquinas y los campamentos y escombreras, donde la cobertura vegetal es escasa al igual que el número de especies deflora y fauna.

En lo que al río se refiere este estudio muestra la estructura de las comunidades de peces desde el sector de Pascua hasta Four Cliff en La Florida. Se identificaron 21 especies de peces en tres diferentes sectores. Hay un sector de baja diversidad que se encuentra entre Pascua y Quebrada Guayacán, la diversidad media se da entre Bajo 52 y Bonilla y la mayor ocurrencia de especies entre Lomas y Florida. Desde el punto de vista de dinámica de caudales y biota, el sector alto es más angosto con flujo turbulento y gran velocidad de caudal, condiciones que estimulan la presencia de especies de nado activo como los tepemechines, bobos y algunas especies de sardinas y roncadores. Caso contrario lo observamos en el sector de casa de máquinas (Four Cliff) donde hay quebradas y pozas con especies de nado pasivo como los guapotes, olominas y chupapiedras.

Finalmente, la caracterización es un instrumento ejecutivo apropiado que le permite, a los tomadores de decisión, obtener una adecuada opinión sobre el área de estudio y los factores relevantes, en términos de flora, fauna y cobertura vegetal. La información provista en esta caracterización ha sido ordenada y sistematizada en torno al cumplimiento del objetivo general y los específicos, responde adecuadamente a los alcances y expectativas esperaradas para esta fase.

En la siguiente sección se desarrolla el método de valoración de impactos sin medidas ambientales, para tal efecto son analiza la interacción entre los factores del medio ambiente estudiados y las macroactividades del proyecto.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Arguello, D. 2005. Lista de plantas sector de La Florida. Documento técnico para el Proceso de Planeamiento Ambiental. 5 p.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. 1996. Ley Forestal. N. 7575
- Bolaños, A., A. González, R. Ortiz, Y. Ramírez, J. Víquez y M. Bogarín. 2002. Caracterización preliminar de la flora y fauna asociada a las zonas de los proyectos hidroeléctricos Reventazón y Guayabo-Siquirres. Instituto Costarricense de Electricidad. 266 p.
- Bussing, W. 1998. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 256 p.
- Calderón, R. 2000. Las Familias de plantas. Documento preliminar curso de flora de Costa Rica. UNA, Heredia, Costa Rica. 342 p.
- Carrillo, E., J. Sáenz & G. Wong. 1999. Mamíferos de Costa Rica. Primera edición. Santo Domingo de Heredia: INBio, 250 p.
- Caura, 1994. Evaluación de impacto ambiental del sistema hidroeléctrico Guayabo y Siquirres. Informe Final. Caracas Venezuela, San José Costa Rica. ICE.
- CCT, CIEDES y FONAFIFO. 1997. Mapa del Estudio de Cobertura Forestal y de Cambio de Cobertura para el Periodo entre 1986/87 y 1996/97 para Costa Rica. Escala 1:1, 000,000.
- ECOTONO.1996. Fragmentación y Metapoblaciones. California USA. Center for Biology Conservation 12 p.
- Elkie, P., R. Rempel and A. Carr. 1999. Patch Analyst User's Manual. Ont. Min. Natur. Resour. Northwest Sci. & Technol. Thunder Bay, Ont. TM-002. 16 p.
- Finegan, B. 1995. Bases Ecológicas para la Silvicultura. Programa de Manejo Integrado de Recursos. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 212 p.
- Fleishman, E. 2002. Assessing the Roles of Patch Quality, Area, and Isolation in predicting metapopulation dynamics. Conservation Biology. Volumen 16: 3 (1-11).
- González, G. 2005. Lista de aves, sector de La Florida, P. H. Reventazón. Documento técnico para el Proceso de Planeamiento Ambiental. 5 p.
- Hernández, E y H. Pozzobon, 2002. Tasas de deforestación en cuatro cuencas montañosas del occidente de Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 46 (1): 35-42.
- Holdrige, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa

- Honran, D., J. Kershner, C. Hawkings & T. A. Crowl. 2000. Effects of habitat area and complexity on Colorado River cutthroat trout density in Uinta Mountain Stream. Transactions of the American Fisheries Society 129: 1250-1263.
- http://www.mideplan.go.cr/sides/ambiental/
- ICE. 2002. Caracterización preliminar de la flora y fauna asociada a las zonas de los proyectos hidroeléctricos Reventazón y Guayabo-Siquirres. Centro Nacional de Planificación Eléctrica. CENPE. 30 p.
- ICE. 2003. Informe sobre el estudio comparativo multicriterio de opciones PH Guayabo-Reventazón y PH Guayabo-Siquirres. Centro Nacional de Planificación Eléctrica, Proceso de Planeamiento Ambiental, Tecnologías de Generación. 88 p. + anexos.
- INBIO. 2003. Mapa digital de ecosistemas. Proyecto ECOMAPAS. Escala 1:25000. San José. C.R.
- Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre (EOSL) Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera Universidad de Alberta y Centro Científico Tropical. 2002. Estudio de cobertura forestal de Costa Rica con imagenes. Landsat tm 7 para el año 2000. EOSL CCT FONAFIFO. 12 p.
- Montiel, M. 2000. Introducción a la flora de Costa Rica. Tercera edición. San José, Costa Rica. Editorial de la U.C.R. 345 p.
- Peterson, J. & C. Rabeni. 1996. Natural thermal refugia for temperate warmwater stream fish. North American Journal of Fisheries Management 16: 738-746.
- Rojas, J., W. Segura & S. Bermúdez. 2005. Análisis ictiofauniístico del río Reventazón, tramo PH Reventazón 265. Proceso de Planeamiento Ambiental. 8 p.
- Rutledge, D. 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? DOC Science Publishing, Science & Research Unit. Science Technology and Information Services, Department of Conservation, Wellington. Nueva Zelandia. 26 p
- Saraf, A. 2000. Nearest Neighbour Analyst Extension. Department of Earth Sciences, University of Roorkee. India. Extensión para ARCVIEW GIS.
- Savitsky, B.; D. Tarbox.; D. van Blaricon; T. Lacher, y Fallas, J. 1995. Mapa de los Hábitats de Costa Rica 1992. Escala 1:500,000., PRMVS, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Segura, S. 2004. Monitoreo biológico, regencia ambiental PH Reventazón. Proyectos y Servicios Asociados. 7 p.
- Stasso, J. & F. Rohel. 1994. Influence of water temperature on interactions between juvenile Colorado River cutthroat trout and brook trout in a Laboratory stream. Transactions of The American Fisheries Society 123: 289-297.
- Stefan, L. 2004. Extensión PROXIMITY ANALYSIS.

- UICN. 1994. Categorías de listas rojas de la UICN. Gland, Suiza. 22 p.
- Valerio, C. 1991. La diversidad biológica de Costa Rica. Editorial Heliconia. San José, Costa Rica. 147 p.
- Villalobos, J. 2005. Lista de mamíferos, PH. Reventazón. Documento técnico para el Proceso de Planeamiento Ambiental. 5 p.
- WWF Oficina de Programa Perú. 2003. Análisis de cambios de paisaje: tournavista campo verde y su área de influencia: Pérdida y Fragmentación de Bosques: (1963 2000). 31 p.
- Zamora, N. & Jiménez, Q. 2000. Árboles de Costa Rica. Vol. II. Primera edición. Sto. Domingo de Heredia, Costa Rica: INBIO. 350 p.