

FUNDACION DEFENSORES DE LA NATURALEZA / SD RIO HONDO LTDA

INFORME FINAL

(borrador para comentarios. 7 dias hábiles desde 08-03-04)

**LINEA BASE PARA MONITOREO BIOLOGICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO
COLORADO, RIO HONDO SIERRA DE LAS MINAS**



Equipo de Trabajo

Coordinador de Equipo, diseño experimental, edición y taxa Aves: Biol. Edgar Selvin Pérez

Vegetación, diseño experimental y edición: Biol. Julio Morales Can, USAC

Coprófagos (Coleóptera), Análisis de datos edición: M Sc Carlos Avendaño, USAC

Anfibios y reptiles: Biol. Carlos Vásquez Almazán, USAC

Mamíferos menores: Biol. Salvador Lou Vega, USAC

Componente de Hidrología: MSc Guillermo Santos, USAC

Jazmín Quintana: diversidad de peces y macroinvertebrados

Guatemala, Marzo del 2003

LÍNEA BASE PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO COLORADO, RÍO HONDO, SIERRA DE LAS MINAS.

Editores:

Biol. Edgar Selvin Pérez, Biol. Julio Morales Can,

Biol. Carlos Avendaño

1. Resumen ejecutivo

Se evaluó a través de indicadores biológicos (herpetofauna, aves, mamíferos menores, escarabajos coprófagos y vegetación) un gradiente altitudinal en la sub cuenca del río Colorado, previo a cualquier actividad de impacto ambiental reciente. Luego del muestreo en época lluviosa, se observó en los bosques ribereños la división de varias comunidades biológicas: a) Pino-encino (piso A: 1700 msnm); y b) bosque seco (piso B: 400 msnm) que en algunos taxa, presentó traslape con el bosque seco altamente perturbado (piso C: 300 msnm). Se registró una similitud en la respuesta de todos los taxa. Las aves presentaron división entre el bosque seco y el bosque ribereño: Bosque pino-encino (Piso A), bosque seco (pisos B y C) y bosque ribereño de la parte baja de la cuenca (pisos B y C).

Lo anterior sugiere que cada piso es prioritario para la conservación, ya que la diversidad presente en tierras altas no se distribuye en tierras bajas, ni siquiera aquellas especies de mamíferos menores, anfibios y reptiles de distribución latitudinal amplia. Las condiciones topográficas, el aprovechamiento forestal de hace 30 años, la previa existencia de un embalse y los efectos del Huracán Mitch (1998) han afectado seriamente la diversidad biológica distribuida a lo largo del río Colorado, en especial la cuenca baja del río Hondo. Luego de evaluar 5 taxa, se recomienda continuar el monitoreo con los siguientes: Vegetación, Escarabajos coprófagos y diversidad de macroinvertebrados y peces bénticos en el piso C.

La reducción del caudal puede afectar seriamente a las comunidades biológicas del río Colorado desde el piso B hacia abajo, mismas que en la actualidad ya están bajo condiciones muy críticas y frágiles. Con base en revisión de literatura y observando las condiciones ambientales de la subcuenca, se recomienda una dejar un caudal ecológico básico de 60% (utilizar el 40%), considerando los regímenes hidrológicos del cauce natural del río, es decir, simular condiciones naturales.

El estudio hidrológico propone la conservación de cuencas con alto potencial recaudador y de retención de agua como: Colorado, Agua Fría, La Virgen-Mono, vital para el funcionamiento de proyectos hidroeléctricos y para la disminución de impactos negativos a la diversidad presente en el bosque ribereño. Por otra parte, el análisis de calidad del agua en la parte baja de la cuenca, denotaron que ésta no llena los requisitos sanitarios para consumo humano.

Palabras clave: Bosque ribereño, gradiente altitudinal, Sierra de la Minas, Reserva de Biósfera, cuenca hidrológica, caudal ecológico, estudio multitaxonómico.

2. ANTECEDENTES

2.1 Área de estudio:

La Sierra de las Minas está bordeada al Norte por el río Polochic y al Sur por el río Motagua, siendo la sección mas importante del parte aguas de estos ríos. El relieve, la orientación Este – Oeste y sus caras Sur - Norte con relación a las corrientes de viento determinan fuertemente el comportamiento climático de la Sierra de las Minas (CDC 1993).

Las biotemperaturas poseen un comportamiento indirecto con respecto a la altitud, o sea a medida que aumenta la altitud disminuye la biotemperatura, con un gradiente altitudinal de 1 grado centígrado por cada 150 metros. Es así como la precipitación va es mayor con relación directa al aumento de altitud, por cada 100 metros la precipitación aumenta 80 milímetros aproximadamente.

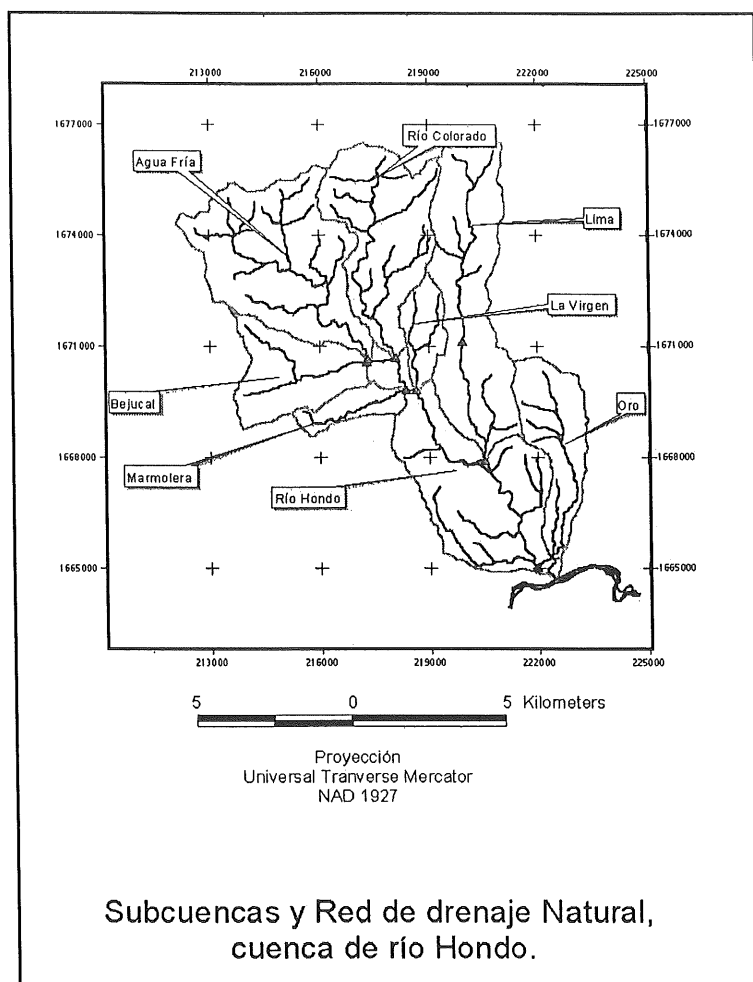
Sub cuenca Río Colorado, cuenca Río Hondo:

La subcuenca del río Colorado es el principal afluente de la cuenca hidrográfica Río Hondo y está, a su vez, compuesta por varios afluentes y quebradas que incluyen:, Agua Fría, El Mono, la Virgen quebrada Marmolera, Bejucal (ver mapa #1). Posee gradiente altitudinal que va desde los 100 a 2,300 msnm. Dentro de este amplio gradiente altitudinal, se encuentran 3 comunidades vegetales: Monte espinoso seco, bosque seco y bosques mixtos de pino encino.

Una cuenca hidrográfica es un sistema que involucra aspectos biofísicos, demográficos, económicos, y sociales que se encuentran interrelacionados (CATIE, 1996 citado por Saavedra 2003). Del tipo de relaciones entre los elementos anteriores depende el desarrollo armónico y sostenible, es decir, fomentar un equilibrio que garantice una producción óptima (CATIE, 1996 citado por Saavedra 2003).

En la actualidad es casi imposible encontrar un río en condiciones prístinas o naturales. Para el caso de los ríos que drenan hacia el Valle semiárido del Motagua, éstos han sido ampliamente por sistemas de cultivos tradicionales de regadíos desde tiempos de la colonia, condición que está continuamente cambiando hacia sistemas de cultivo monotípico como el del mango variedad Tommy, tabaco, limón y papaya (observación personal). En resumen la cuenca del río Hondo desde su tramo en Panaluya hacia su desembocadura en el río Motagua, constituye en tramos de cultivares mezclados con algunas especies propias de los bosques de galería. Las condiciones anteriores, dan una connotación de fragilidad a la diversidad biológica actual y se considera un ecosistema "frágil".

Fig.1 Mapa del sistema de drenaje de la cuenca Río Hondo, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.



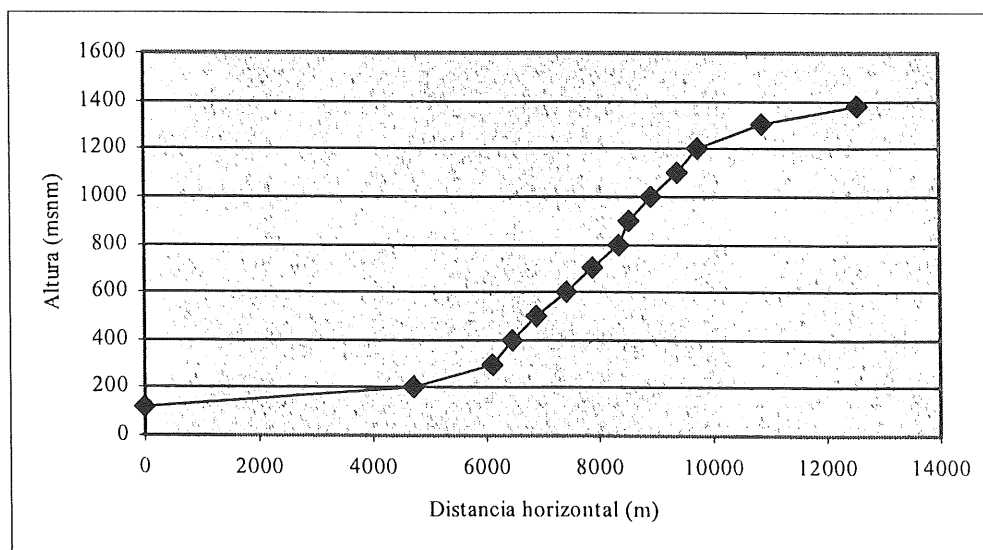
2.2. Resumen de las características principales del Proyecto hidroeléctrico Río Hondo II (Basado en: Juárez A, 1995, Proyecto Hidroeléctrico Río Hondo. Evaluación de Impacto Ambiental Significativo):

- **Generación:** 42 Mw.
- **Presa derivadora:** de cuarenta y cinco metros de altura (45m) y una cresta de 140 metros.
- **Área de Inundación:** 2.6 Ha en colindancia, sin adentrarse en la Zona núcleo de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.
- **Altitud:** 1295 msnm. Desnivel aproximadamente 1000 metros hacia donde se ubica la casa de máquinas (antigua casa generadora de Panaluya).
- **Caudal promedio del río** 7.80 m³/seg.
- **Caudal "ecológico"** propuesto en EIA: 70 Litros / seg; eq. 0.7m³/seg

- **Túnel de desvío:** con una longitud de 100metros y diámetro de 4.5m. Será construido de concreto.
- **Línea de Conducción:** constituida por un túnel de aducción con una longitud de 1 Km y diámetro aproximado de 3 metros, una tubería de presión de 2Km. De longitud y diámetros que oscilan entre 1 a 1.4 metros. Esta línea conducirá el caudal de generación por la margen izquierda del río Colorado.
- **Casa de máquinas:** se localizará a 300 msnm, sobre el cauce del río, a 50metros de la ubicación que tuviera la antigua casa generadora del INDE conocida como "Panaluya". En esta construcción se ubicarán 2 turbinas axiales de impulso horizontal de 21 MW. cada una. se ubica aproximadamente a 3 Km. sobre el cauce desde el sitio propuesto como presa.
- **Línea de Transmisión:** esta tendría una capacidad de 69 KV y una longitud aproximada de 3.5 Km y conectaría con la estación Panaluya del INDE.
- **Área de influencia:** 40 Km² en parte alta de la cuenca y 15 Km² en la parte baja.

El potencial para desarrollar un proyecto hidroeléctrico es topográficamente ideal (Ver Figura # 2). La distancia de caída entre entre el embalse y la casa de máquinas es de aproximadamente 1 kilómetro, condición ideal para producción de energía limpia. Las condiciones anteriores del tipo topográfico, se ven favorecidas por la escasa población en partes altas y medias, lo que conlleva a una cobertura forestal bastante continua y en buen estado.

Figura 2. Perfil altitudinal de la subcuenca Río Colorado, Cuenca Río Hondo, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.



2.2. Ecología de los bosques ribereños y su papel en la conservación

Los ambientes acuáticos lóticos, es decir aquellos que presentan movimiento continuo de sus aguas (Brown y Lomolino 1998, Lowe-McConnell 1987, Odum y Sarmiento 1998) pueden dividirse en ribereños y estuarinos (Gómez 1984), en este trabajo citaremos al ambiente ribereño. Este sistema está delimitado por el cauce de aguas, sea río, riachuelo o quebrada. La vegetación o bosque se llama ripario, reófilo o ribereño si crece en las orillas; o intermitente si ocupa porciones modificables del lecho, de barras arenosas, bancos o meandros (Gómez 1984).

Los ríos y el bosque ribereño son ecosistemas diversos, dinámicos y de composición biofísica compleja. Son el marco para comprender la organización, diversidad y la dinámica de las comunidades biológicas asociadas a los sistemas fluviales. La dinámica está afectada por variables como: Regímenes de inundación, procesos geomorfológicos, gradientes altitudinales y la interacción entre las partes altas y bajas de la cuenca. Debido a lo anterior, los ríos son sistemas con "equilibrio inestable"¹ y la diversidad biológica asociada debe adaptarse a las condiciones cambiantes (Beschta y Platts, 1986; Naiman *et al* 1993).

La conservación de la diversidad biológica en ríos y bosques ribereños se debe enfocar especialmente en el manejo de cuencas hidrológicas en una escala regional. Evidencia disponible sugiere que la diversidad biológica de las cuencas está afectada por disturbios naturales en el largo plazo espacio-temporal (Kalliola *et al* 1992 citado por Naiman *et al* 1993). Los ecosistemas y paisajes ligados al agua son elementos clave para el mantenimiento de la diversidad biológica. Investigaciones comparativas, han demostrado que un manejo correcto y la conservación de bosques, resulta económica y biológicamente más factible que los proyectos de restauración iniciados en países industrializados. Las condiciones ecológicas de los bosques ribereños definitivamente inciden sobre la calidad del agua usada para consumo humano, agricultura, regadíos y generación eléctrica (Arrojo 1998, Goldsmith y Hildyard 1984). Aunque se ha reconocido la importancia de los bosques ribereños para el mantenimiento de la biodiversidad y sus procesos ecológicos, poco se han considerado en la formulación de políticas de conservación. Países altamente desarrollados han perdido en los últimos 200 años más del 80% del bosque ribereño y fauna asociada (Readeke 1989 citado por Naiman *et al* 1993).

Se mencionan a continuación algunos aspectos de diversidad biológica, bienes y servicios ligados a los bosques ribereños (Goldsmith y Hildyard 1984, Redford y Fonseca 1986 y Arrojo 1998):

- Alto porcentaje de la diversidad biológica presente en ambientes semiáridos depende de los bosques ribereños como refugio, en especial aquellas

¹ **Equilibrio inestable:** Sistema en el cual, al existir una perturbación no regresa a su estado de equilibrio anterior.

especies que no presentan adaptaciones naturales para sobrevivir en ambientes semiáridos.

- La vegetación natural de los ríos y fauna acuática contribuyen en el mantenimiento de la calidad del agua y de ecosistemas fluviales, reciclaje de elementos vitales (P, N, K) y control de la contaminación agraria indirecta
- Los bosques ribereños estabilizan los márgenes e impiden que la fuerza de las aguas pueda erosionarlos, retardando la crecida de ríos en el invierno.

2.3. Monitoreo de la diversidad biológica

Las comunidades de fauna responden primariamente al tipo de vegetación, y ésta a factores climáticos, determinados por la posición altitudinal o latitudinal; y a los edafológicos, determinados por la geodinámica externa. Sin embargo, en los últimos 10,000 años (Holoceno), probablemente el factor determinante ha sido la perturbación antropogénica.

Es necesario conocer las condiciones ambientales que determinan el estado de la diversidad biológica, manifestada en comunidades de especies y así poder analizar efectos y consecuencias de perturbación ecológica. Para la evaluación del manejo ambiental a través de flora y fauna, deben seleccionarse grupos sensibles (indicadores), que puedan reflejar el estado de los ecosistemas. Por ello es necesario conocer el estado de las poblaciones, antes y después de alguna perturbación, lo que se conoce como monitoreo biológico (Noss 1990).

Los grupos indicadores deben presentar las siguientes cualidades:

- Taxonomía y biología ampliamente conocida.
- Fáciles y baratos de coleccionar.
- Sensibles a un intervalo amplio de perturbaciones.
- Especificidad de hábitat.

2.4. Grupos taxonómicos para el monitoreo de la diversidad biológica

2.4.1. Vegetación

Las llamadas plantas acuáticas o hidrófitas (Pöll 1983, Dalton y Novelo 1983, Gómez 1984, Novelo y Gallegos 1988 y Lot *et al.* 1993) se han adaptado a realizar todos sus ciclos vitales en asociación con el ambiente acuático, particularmente en sus aspectos reproductivos. Así también, las plantas anfibas pueden utilizar alternativamente el medio acuático para realizar sus ciclos vitales dentro o fuera de ese ambiente (Pöll 1983, Gómez 1984), pero no pueden vivir mucho tiempo fuera del agua. Las plantas denominadas tolerantes pueden sobrevivir en suelos inundados o en condiciones muy húmedas por un corto periodo (Dalton y Novelo 1983, Novelo y Gallegos 1988 y Lot *et al.* 1993), y también habitan grandes extensiones de la tierra, en los bordes de los ríos, pantanos y los manglares (Novelo y Lot 1988). Al conjunto de estas plantas (acuáticas, anfibas y tolerantes) generalmente se les encuentra

dentro y en los márgenes de ríos, lagos y pantanos (Dalton y Novelo 1983, Novelo y Gallegos 1988 y Lot *et al.* 1993).

Estos vegetales se encargan de producir energía en forma de materia orgánica, para otros organismos, además de ser el abrigo y en muchos casos el sustrato donde estos se desarrollan (Novelo y Lot 1988). Dentro de las funciones principales de las plantas acuáticas están: 1) Ser productores primarios; 2) intervenir en la captura, estabilización y producción de alimentos; 3) proveer refugio y materia para anidación a un gran número de animales; 4) ser oxigenadores del agua; 5) proveer de sustrato a especies epibiontes (Novelo y Lot 1988).

2.4.2. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)

El grupo Scarabaeinae, descomponedor de materia orgánica y sensible a cambios en la vegetación (Halffter y Favila 1993) se ha utilizado ampliamente como indicador biológico de perturbación antropogénica en diferentes regiones del mundo (Klein 1989). El factor más importante que determina la distribución y abundancia de escarabajos coprófagos, es la humedad ambiental, gracias a que su alimento principal, el excremento mamífero, puede mantenerse por más tiempo (Gill 1991). Dicha humedad es proporcionada por la vegetación, ya que actúa como receptor de precipitación pluvial y además recibe la proveniente de cuerpos de agua lóticos (e.g. ríos) y lénticos (e.g. lagos). Davis (2000) menciona que se han demostrado los efectos de borde creados por ríos grandes, como importantes influyentes en la distribución de Scarabaeinae en comunidades tropicales, por lo que pueden ser importantes para determinar la relación entre cuerpos lóticos y su bosque ribereño.

En este sentido, para el análisis del estado de la diversidad ecológica se cuenta con información sobre la influencia de perturbaciones sobre la vegetación, manifestada en una simplificación de la comunidad de Scarabaeinae (Howden y Nealis 1975, Cano 1998 y Davis 2000) lo que puede afectar el funcionamiento de ecosistemas, ya que este grupo juega un papel importante en el reciclaje de materia orgánica (Klein 1989 y Gill 1991).

2.4.3. Mamíferos menores

Este término toma en cuenta aquellos mamíferos con menos 0.5 kg de peso. Entre estos se encuentran algunos roedores, quirópteros, marsupiales e insectívoros. Alrededor del 70 % de vertebrados utilizan los bosques ribereños de alguna manera durante sus ciclos de vida (Raedecke 1989) citado por Naiman *et al.* (1993).

Se ha señalado la importancia del bosque ribereño en la conservación de la diversidad, y en algunos casos de endemismo (Redford & Fonseca 1983, González-Romero 1995). Redford & Fonseca (1986) le atribuyen al bosque ribereño la diversidad de mamíferos en la región del Cerrado en Brasil, donde predomina el tipo de vegetación xeromórfica. Ellos concluyen que la mayoría de las especies de mamíferos en el Cerrado están vinculados con el bosque ribereño, y las especies de

mamíferos adaptadas específicamente a condiciones áridas son muy pocas. A pesar del área reducida que abarca el bosque ribereño en la región, es responsable de la presencia de varias especies adaptadas a bosque no xeromórfico y de la persistencia de otras que utilizan un variado tipo de hábitats (Redford & Fonseca 1983). Por otro lado González-Romero (1995) determinan que la vegetación ribereña es la más rica y abundante en especies de roedores en relación a otros tipos de vegetación en la región del Pinacate, México, una de las regiones más áridas del país.

2.4.4. Herpetofauna

Se le llama así al conjunto de fauna de anfibios y reptiles de un determinado lugar. En cuanto a patrones de riqueza, el número de especies de anfibios se mantiene constante entre 0 m y 1,500 m; mientras que arriba de este nivel decrece. La riqueza de reptiles en comparación, decrece firmemente desde los 0 m a los 4,000 m. Un incremento en el número de anfibios y reptiles ocurre entre los 1,200 m a 1,700 m; lo que puede ser el resultado del traslape de la distribución vertical de tierras bajas y las tierras altas (Campbell & Vannini 1989). Esto puede ser un reflejo del alto número relativo de especies endémicas restringidas a elevaciones moderadas o puede ser debido a la mayor diversidad de hábitat encontrado en estas elevaciones (Campbell & Vannini 1989).

En las décadas pasadas se han observado disminuciones significativas en las poblaciones de anfibios en varios países de Centroamérica. Desde hace mucho tiempo se conoce que la destrucción del hábitat, la contaminación, la introducción de especies exóticas y otras actividades humanas, son causas de la disminución y desaparición de poblaciones de anfibios. Sin embargo, pérdidas inexplicables de anfibios han tenido lugar en áreas protegidas y aisladas que aún están cubiertas con vegetación primaria. (Köhler 2001)

Los anfibios son muy sensibles a la alteración y contaminación de su hábitat. Por esta razón, estas especies pueden servir como indicadores. Estos animales constituyen excelentes registros de las condiciones locales: No emigran del sitio en que nacen, permaneciendo durante toda su vida, confinados en regiones bastante limitadas (Blaustein y Wake 1995, Citado por Morales, 1999).

2.4.5. Avifauna

Para el área de estudio se reportan 223 especies de aves (Dearbon 1907, Griscom 1932, Land 1970, Ponciano 1998, Pérez 1999 y 2001). Los bosque ribereños proporcionan el corredor biológico para algunas aves como: *Melanotis hypoleucus*, *Catharus spp* (Pérez 2000).

Especies altamente frugívoras y nectarívoras que forrajean a nivel de copas, presentan conductas fuertes hacia la migración local altitudinal (Levey & Stiles 1994).

La importancia de este tipo de bosque, radica en que funciona como refugio para especies no adaptadas a condiciones áridas, esta condición facilita el acceso para explotar recursos y proporciona hábitat de reproducción para especies que habitan en cavidades en árboles de diámetro superiores a los 50cms (DAP), dentro de éstas están: *Glaucidium brasilianum*, *G. minutissimum*, *Trogon elegans*, *Centurus aurifrons*, etc (Linnea & Karuban 1996).

2.4.6 Peces y macroinvertebrados

Los peces y macroinvertebrados bénticos pueden ser buenos indicadores de los efectos de la construcción y operación de un proyecto hidroeléctrico (com pers. Pedro Ríos USFS, Puerto Rico), debido a que la presencia de algunas especies depende de los cambios en el flujo y en el arrastre de materiales de los que se alimentan. Debido a ello se decidió hacer una investigación corta sobre los especímenes (solo listado) encontrados "antes" de que se ejecute el proyecto.

3. Hidrología

La Sierra de las Minas se localiza entre los departamentos de Izabal, Zacapa, El Progreso, Alta Verapaz y Baja Verapaz. Para evaluar las características hidrológicas de la Sierra de las Minas es necesario estudiar a detalle las aguas terrestres, su origen, movimiento y distribución, sus propiedades físicas-químicas, su interacción con el medio ambiente físico y biológico como su influencia sobre las actividades humanas. Esto implica estudios a largo plazo como el monitoreo continuo del clima y las fuentes de agua.

Los aspectos biofísicos como suelo, pendiente, temperatura, precipitación, entre otros; determinan el comportamiento de la escorrentía superficial en los cursos de agua dentro de la montaña. En la cara Sur de Sierra del las Minas existen 29 ríos permanentes que desembocan en el río Motagua, el cual corre por las áridas tierras del Valle del Motagua hasta llegar al océano Atlántico. Estos cursos de agua se caracterizan por poseer régimen torrencial o de respuesta rápida a un evento de precipitación, con el aumento inmediato de la escorrentía superficial. A pesar de la gran cantidad de agua que produce la Sierra de las Minas, sólo hay estaciones hidrométricas en los ríos Hondo, Matanzas, San Jerónimo, Pasabién, Jones y una represa para generar electricidad en Río Hondo.

La protección y manejo de grandes cabeceras de subcuencas como el río Polochic y Motagua asegura la producción de agroforestal aguas abajo, abastecimiento de agua potable y para usos industriales, generación de energía eléctrica y reducción de desastres naturales.

Para el presente estudio se planea evaluar mediante mediciones de caudales y uso de Sistemas de información geográfica, un balance hídrico de la cuenca y los

criterios de esta ciencia para apoyar los de biología y proponer un caudal que no afecte la diversidad biológica de la zona.

4. Caudal Ecológico

El concepto de “caudal ecológico “ ha sido ampliamente utilizado con múltiples connotaciones por técnicos, políticos, gestores de agua, etc. En nuestro caso se refiere a **“el cauce que es capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales”**.

Desde este concepto básico, se entiende que su conocimiento no concierne únicamente a la hidrología, sino a la fusión de ésta con la biología. Muchas metodologías han resultado como ejercicio de esta fusión (Tennant 1976; White 1976, citados por Baeza y García de Jalón 2001), siendo la más exitosa la de Stanalcker (1979) y Bovee, quienes desarrollaron un método (IFIM: Instream Flows Incremental Methodology) basado en relaciones cuantitativas entre los caudales circulantes y los parámetros físicos e hidráulicos que determinan el hábitat biológico. Para efectos de esta investigación, se hace una propuesta de Caudal ecológico básico, el cual debe monitorearse para evaluar los efectos de éste sobre la diversidad y grupos taxonómicos propuestos.

4. OBJETIVOS

- Determinar la distribución de la diversidad biológica en el Río Hondo, subcuenca del río Colorado antes de la construcción de una hidroeléctrica.
- Proponer actividades de manejo que contribuyan a la reducción de los impactos a la diversidad biológica.
- Proponer un caudal hidrológico que disminuya los impactos a la diversidad biológica.

5. HIPÓTESIS:

La distribución y abundancia de los taxa (vegetación, escarabajos coprófagos, herpetofauna, mamíferos menores y avifauna) se ve influenciada por el gradiente altitudinal, a lo largo de los bosques ribereños del Río Colorado en todas las épocas del año.

6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para contrastar la hipótesis planteada, se propuso un diseño experimental de tres pisos altitudinales (tratamientos), afectados de manera particular por el proyecto hidroeléctrico. Los impactos que las fases de construcción y mantenimiento de la

hidroeléctrica causarán sobre la diversidad, son los más importantes para la medición y representan el punto de interés principal para el establecimiento de la línea base para el monitoreo biológico posterior. Los taxa seleccionados fueron: Vegetación del bosque ribereño, escarabajos coprófagos, mamíferos menores, herpetofauna (anfibios y reptiles) y aves. Los tratamientos propuestos son (Ver Cuadro siguiente figura 1):

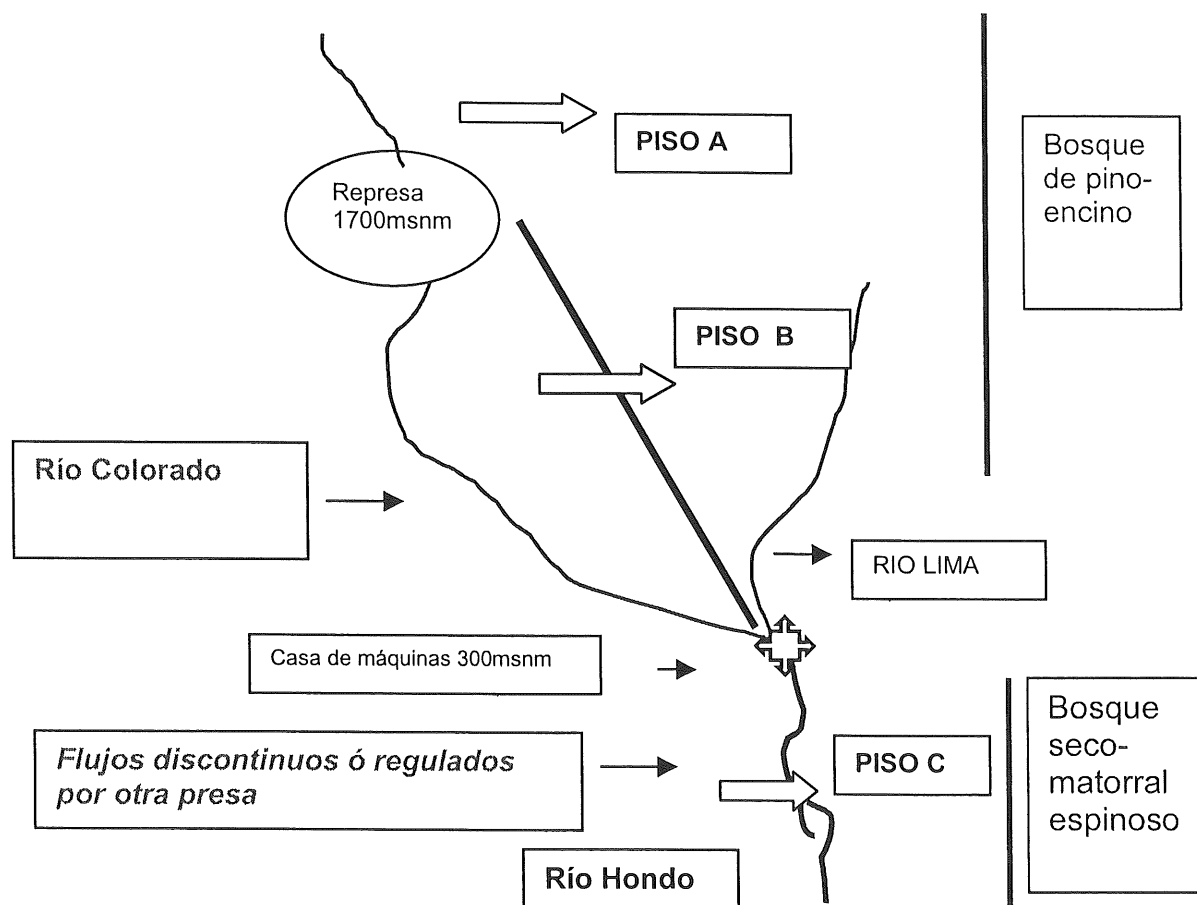


Figura 3. Localización de los tratamientos del diseño experimental.

A continuación se describen, de manera general, las principales características de cada piso altitudinal propuesto.

Piso altitudinal	Descripción
Piso A. Bosque pino-encino: 1720 msnm	Bosque ribereño de pino encino, con sustrato rocoso y geomorfología ondulada de mediana profundidad.
Piso B. Bosque Méscico. 400 msnm.	Vegetación de pino y asociadas a rocas en parte alta y por especies xerófilas mezcladas con especies de mayor demanda de humedad en parte

	baja. Se encuentran también especies exóticas cultivadas como: Mango, manzana rosa y caña de azúcar. La geomorfología es ondulada de alta profundidad sobre sustrato rocoso.
Piso C. Bosque seco Monte espinoso. 250 msnm.	La vegetación predominante es heliófita y de crecimiento secundario (<i>Cecropia peltata</i> , <i>Muntingia calabura</i> y <i>Ricinus comunis</i>), mezclado con pastos y cultivos anuales. En este sitio la geomorfología es plana y de naturaleza aluvial.

Los posibles impactos a la diversidad biológica, que se pueden dar como un efecto del proyecto hidroeléctrico (Ver cuadro #1), fueron la base o las hipótesis de trabajo que originaron el diseño experimental y los taxos a trabajar en todo el experimento.

Cuadro 1. Impactos esperados en el área de estudio.

Tipo de impacto	Piso A	Piso B	Piso C
1. Pérdida de cobertura boscosa y fauna asociada.	Si. Eliminación por inundación.	Si. La disminución del caudal puede afectar la fenología, estructura y composición de especies vegetales con mayor adaptación a la humedad (Petts, 1984 citado en Baeza y García de Jalón 2002).	
2. Pérdida de fauna asociada a cuerpos de agua en movimiento.	Si. Se estanca el agua.	Si. Disminuye el caudal, pérdida de hábitat aumento de competencia.	La disminución del caudal puede afectar microhábitats ocupados en tomas y regadíos.
3. Sustitución de los comunidades de vegetación y fauna asociada	Si. Comunidades afectadas al alterarse condiciones ambientales.	Si. Alteración de hábitat.	Es posible
4. Interrupción del flujo de especies entre las poblaciones de los diferente pisos altitudinales	Si. La presa interrumpe el paso de flora y fauna acuática que se dispersa a través del río o sus riveras.		
5. Pérdida de refugio temporal para especies visitantes en busca de alimento o hábitat para reproducción.	Si. La composición y estructura de la vegetación puede cambiar al disminuir el caudal y se modifique el margen.		

6.1. Muestreo y métodos de colecta

6.1.1. Vegetación

En cada piso altitudinal se utilizó parcelas modificadas de Whitacker de un décimo de hectárea (Aymard y Cuello 1995, Stohlgren 1995, Estohlgren *et al.* 1995). Las medidas de la parcela fueron de 10 x 100 m. Las parcelas se ubicaron un forma lineal una tras otra, sin distancia de separación entre ellas.

Dentro de cada parcela se identificaron las especies presentes en los estratos: Arbóreo, arbustivo, herbáceo, emergente flotador y sumergido de la vegetación ribereña del río Colorado. El estrato epífita se trabajó de manera no sistemática, debido a la dificultad del muestreo, ya que es necesario subir a cada árbol. Para medir el estrato arbustivo se hicieron dos parcelas de 2 x 5 m, colocadas en dos esquinas de la parcela mayor. De la misma manera para el estrato herbáceo se levantaron parcelas de 1 x 1 m ubicadas en cada esquina de la parcela mayor de 2 x 5 m. Para poder medir las plantas definidas como estrictamente acuáticas, las parcelas se colocaron con 2 m dentro del agua a partir de la orilla y 8 m fuera.

En el margen del río se colocaron dos parcelas en el piso C, cuatro en el B y nueve en el A, para completar trece parcelas. Las parcelas se colocaron en ambas orillas para poder cubrir la heterogeneidad. Adicionalmente, con el fin de comparar la vegetación colectada en el bosque ribereño, se levantaron tres parcelas en bosques no ribereños del piso C, dos parcelas en el B y dos en el A. También se realizaron muestreos no sistemáticos por medio de caminatas para poder evaluar la riqueza de especies que no estaban contenidas en las parcelas.

6.1.2. Escarabajos coprófagos

En cada piso se utilizaron dos transectos de 90 metros, separados entre 300 a 500 m. En cada transecto se colocaron seis trampas tipo "pit-fall" separadas por 15 m, cebadas con excremento humano por 48 horas (7:00 AM primer día a 7:00 AM siguiente día). Se realizó un esfuerzo de 36 trampas, 12 por localidad, en agosto y octubre del 2002; y de 54 trampas, 18 por localidad, en febrero y mayo del 2003. El esfuerzo total fue de 180 trampas y 8640 horas. En febrero y mayo del 2003 se muestrearon bosques secos aledaños a la cuenca del río Colorado para contrastarlos con el bosque ribereño.

6.1.3. Mastofauna

En cada piso altitudinal se colocaron dos transectos de 400 m de longitud. En cada transecto se colocaron 62 trampas de golpe Victor y Museum Special. Estas trampas se distribuyeron a lo largo del transecto en estaciones separadas 10 m. En las estaciones impares se colocaron dos trampas y en las impares solamente una. Las trampas permanecieron abiertas por dos noches consecutivas. Las trampas se cebaron con una mezcla de maní, avena, pasas y tocino.

Cada día se revisaron las trampas y algunos especímenes se prepararon como pieles de estudio para formar una colección de referencia.

6.1.4. Herpetofauna

Se levantaron cuatro transectos por localidad dos en la orilla del río y dos a 400 m del río. Se trabajó 2 días en cada localidad. En el día se colectó entre las 9:00 y 13:00 horas, y por las noches entre las 19:00 y 23:00 horas. Los anfibios y reptiles se colectaron manualmente y se almacenaron en bolsas plásticas o sacos de manta (Según Scrocchi & Kretzchmar, 1996). Se efectuó un registro *in situ* de todos los especímenes colectados.

6.1.5. Avifauna

En cada piso altitudinal se levantaron dos transectos de un kilómetro; uno paralelo al río y otro a una distancia que varió entre 200 y 500 metros. Por cada transecto se marcaron 10 puntos de conteo separados por 100m, en los que se registraron las especies observadas y escuchadas en un radio de 50m durante 10 minutos. Los muestreos tuvieron una duración de 100 minutos, iniciando entre las 5:30 y 6:15 de la mañana.

6.1.5 Peces y macroinvertebrados.

Los muestreos de peces y macroinvertebrados se llevaron a cabo en los pisos B y C. Estos consistieron en capturas vespertinas y nocturnas con atarraya. Por otra parte, se muestrearon los inicios de tomas debido a la acumulación de materia orgánica para peces y macroinvertebrados bentónicos. Los especímenes colectados fueron identificados con el apoyo del especialista Herman Kihn y Gina Cazali del Museo de Historia natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

6.2. Hidrología

Los métodos utilizados para determinar las características hidrometeorológicas y aspectos morfométricos de la cuenca de Río Hondo son los siguientes:

A. Aspectos lineales, superficiales y de relieve

- Se definieron los límites de las subcuencas, su perímetro y áreas de captación de cada micro y sub cuenca.
- Se identificaron tres tipos diferentes de corrientes de las subcuencas, Cuantificación de ramificaciones por cauce.
- Se calcularon los aspectos de superficie combinados con los lineales para obtener la relación de forma y relación circular.
- Se evaluó la pendiente media del cauce principal para cada subcuenca.

B. Determinación de la Precipitación y Evapotranspiración media.

Para el análisis meteorológico (Precipitación, Temperatura y Evapotranspiración por Thorthwaite) debido a que no existe información climática dentro de la cuenca se realizó una extrapolación de información climática con las estaciones de la Fragua, Pasabien, Morazan, Ipala, Esquipulas, La Unión y Albores. Para minimizar los errores llevó a cabo: estandarización de datos, Modelación y Simulación del comportamiento climático en el espacio utilizando el software ARCVIEW módulos de Análisis espacial y modulación Climática, modelos hidrológicos como el WATER y modelos de elevación digital MED a escala 1/50,000 con curvas cada 20 metros. La simulación climática fue a un nivel de semidetalle el cual se considera que algunas particularidades de microclimas en quebradas o sumideros no fueron posibles de interpretar.

- ***Simulación del Balance Hídrico General para la cuenca de Río Hondo***

El cálculo del balance hídrico se realizó con la siguiente ecuación:

$BH = PP - ETP$ de donde PP es la precipitación media anual o mensual y ETP la Evapotranspiración a través del método de Thorthwaite. Es importante recalcar que no se tomara en cuenta la pérdida por escorrentía ya que se desconoce el caudal medio anual para cada microcuenca y solamente se poseen valores puntuales de los aforos realizados que proporcionan una aproximación general al caudal real.

C. Cálculo de caudal o escorrentía derivado de las microcuencas que aportan agua al embalse de la presa y pertenecen a la cuenca de Río Hondo

- Luego de delimitar las microcuencas se ubico el punto de aforo en la parte más baja georeferenciando el punto de control con un Geoposicionador.
- En esté punto de aforo el cálculo del caudal se realizó a través del método sección – velocidad que consiste en medir la sección transversal del cauce en el río y luego calcular la velocidad del río a través de un molinete en diferentes secciones verticales. Al final se calculó de la escorrentía o el caudal derivado por cada microcuenca con la formula siguiente: $Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$.

D. Toma de muestras de agua para análisis de calidad los cuales se llevaron a laboratorios especializados.

- Las tomas de muestras de agua se realizaron en los puntos de aforo de las principales microcuencas que aportan agua al embalse, se colectaron en frascos de vidrio esterilizados para luego ser analizadas en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

E. Estimación del Balance Hídrico para las microcuencas que confluyen a el embalse:

En la estimación del balance hídrico se procedió con la precipitación media, la evapotranspiración media y la escurrentía. Se comparo el caudal observado con el caudal calculado.

6.3. Caudal Ecológico Básico

Para dar un estimado sobre caudal ecológico básico², se tomó como base las metodologías propuestas por Bovee (1982, citado en Baeza y García de Jalón 2001 en prensa), adaptado a las condiciones propias de la sub cuenca de Río Colorado, Río Hondo y a la información generada y la existente. Para el establecimiento de éste caudal ecológico básico se pretende tomar en cuenta una combinación de:

- a. análisis de los regímenes de caudales históricos y
- b. análisis de la variación de las poblaciones de taxas indicadores respecto del caudal ecológico básico (monitoreo).

En este caso, el caudal ecológico básico representa estimaciones de las condiciones límites de tolerancia a la escasez del caudal, en otras palabras, el estimado de caudal que luego de monitorearse, proponga los umbrales de resiliencia de las los taxa seleccionados para monitoreo biológico.

6.4 Análisis de datos

Se utilizaron los siguientes parámetros y técnicas de análisis para revelar cambios en la comunidad a lo largo del gradiente altitudinal en las cuatro colectas (Palmer 1990 y ter Braak 1996):

- Riqueza de especies.
- Índice de Shannon-Wiener. En la escala de cuenca se tomo en cuenta abundancias solo durante los primero 2 muestreos, luego se dio mas énfasis a la distribución de las especies.
- Índice de similitud de Sorensen.
- Extrapolación de riqueza de especies en base al esfuerzo de muestreo y
- evaluación del mismo (Método de Jackknife de primer orden).
- Clasificación de comunidades por agrupamiento jerárquico con los coeficientes de distancia Euclideana (datos cuantitativos) y de Sorensen (datos cualitativos) con el algoritmo de agrupación de promedio de grupos (UPGMA).

² Caudal ecológico básico: es un concepto y criterio que liga las exigencias de hábitat de especies fluviales o dependientes de, con las variaciones de éstas en función de los caudales circulantes.

- Ordenación de comunidades a través de un gradiente indirecto con un análisis de correspondencia rectificado (DCA).

7. RESULTADOS

7.1 RESULTADOS POR TAXA

7.1.1 Vegetación

Después de cuatro muestreos sistemáticos se obtuvo 764 registros. En muestreos sistemáticos y no sistemáticos se realizaron 392 colectas botánicas. El total de especies fue de 226 (morfoespecies incluidas). La familia más abundante en especies fue Cyperaceae con 19, seguida por Bromeliaceae con 15, Fabaceae con 15 y Poaceae con 13. El género más abundante fue *Tillandsia* con 14 especies. En muestreos no sistemáticos se colectaron 16 especies de la familia Cyperaceae (anexo). Los pisos A y C comparten las especies *Eleocharis elegans* y *E. linealis*.

En el estrato sumergido no se colectó ninguna macrófita, solamente una especie de briofita no identificada y en el río Motagua (Piso C), fuera de la cuenca del río Colorado, se colectó *Potamogeton illinoensis*.

En el estrato flotante no se encontró ninguna especie, mientras que en el estrato emergente se colectó *Typha dominguensis*, *Cyperus Canus*, *Eleocharis liniaris* y *Eleocharis elegans*.

De los datos obtenidos a la orilla del río, en el estrato arbustivo se colectaron 61 especies, 20 de ellas en el piso B; una en el piso C; y 29 en el piso A. Árboles de conocida afinidad hídrica como *Salix* spp., no fue reportado y otros como *Ficus* spp. sólo se reportó una vez.

El estrato arbóreo fue el mejor representado en el piso B, con 40 especies. La especie más abundante fue *Astronium graveolens* (6 especímenes), mientras que en el piso A se colectaron 8 especies con predominancia de *Pinus oocarpa* (124 especímenes), mismo número de especies que se colectó en el piso C.

Por su parte el estrato herbáceo fue más abundante en el piso A con 21 especies, seguido por el C con 19 especies, y finalmente el piso B con 15 especies.

En cuanto a distribución vertical, las epífitas y las plantas epípetras, presentaron 7 especies en el piso B y 5 en el piso A. El piso B es el sitio con mayor riqueza de especies (82), le sigue el piso A (55) y el C con 29. En el piso B están mejor definidos los estratos.

El piso B presentó una mayor equidad de abundancias, reflejado con un índice de Shannon-Wiener de 3.23; seguido por el piso C, con un índice de 2.84; y por último el piso A con 2.44. Estos índices se calcularon hasta la segunda colecta, ya que

después ya no se tomó en cuenta la abundancia, sino solamente la distribución. De esto también podemos decir que el sitio con mayor heterogeneidad fue el piso B y el más homogéneo fue el piso A, bosque de Pino-Encino.

Los pisos no compartieron ninguna especie arbórea, por lo que el índice de Sorensen fue de 0 para este estrato. En el estrato herbáceo, el índice de Sorensen también es bajo, entre los pisos B y C, ya que es de 0.08. Se reportó en el piso B de forma no sistemática *Muntingia calabura*, por lo que podemos decir que es una especie compartida con el Piso C.

En cuanto a la riqueza de especies esperada, según el método de Jackknife de primer orden, se esperó coleccionar 369 especies de las que se coleccionaron 210 en muestreos sistemáticos, y aproximadamente 40 más en muestreos no sistemáticos.

7.1.2 Escarabajos coprófagos

Se coleccionaron 32 especies de la subfamilia Scarabaeinae a lo largo de cuatro colectas en los tres pisos altitudinales de la cuenca del río Colorado. La extrapolación de riqueza con Jackknife de primer orden indicó que se contó con un 84.66% de las especies esperadas. Las dos primeras colectas en agosto y octubre del 2002 fueron similares en cuanto a riqueza acumulada de especies (21 y 22 respectivamente), siendo ambas mayores a las realizadas en febrero y mayo del 2003 (9 y 11 respectivamente). Esto evidenció la estacionalidad de las especies de Scarabaeinae en la cuenca del río Colorado.

En agosto, octubre y mayo se observó que la riqueza de especies fue mayor en el piso B y menor en los pisos A y C. Este patrón es parecido a lo encontrado por Lobo y Halffter (2000), aunque el pico de riqueza de especies se da en otra altitud. En el mes de febrero la riqueza de especies fue similar entre los tres pisos, siendo la del piso B menor que la de los pisos A y C. A pesar de esto la riqueza de especies acumulada durante las cuatro colectas en cada piso fue similar: Piso A, 20; piso B, 22; y piso C, 19 especies. En cuanto a porcentaje coleccionado de especies esperadas, la extrapolación de riqueza indicó: Piso B, 86%; piso C, 70.37%; y piso A, 63.29 %. Cada piso altitudinal presentó una dinámica temporal distinta, lo que sugiere una independencia entre pisos, debido a las respuestas asincrónicas de las comunidades de Scarabaeinae de la cuenca.

Los bosques secos no ribereños (Piso C) muestreados en cada piso, resultaron ser en febrero parecidos en riqueza con los bosques ribereños. En mayo, al menos en los pisos B y C los bosques ribereños presentaron mayor riqueza de especies con respecto a los bosques secos ribereños.

7.1.3 Mastofauna

A lo largo del estudio se coleccionaron 114 individuos correspondientes a 8 especies de mamíferos menores: *Peromyscus levipes*, *Peromyscus aztecus*, *Ototylomys phyllotis*,

Heteromys desmarestianus, *Sigmodon hispidus*, *Liomys salvini*, *Marmosa sp.* y *Oryzomys sp.* Ningún muestreo logró capturar la totalidad de especies. En cada muestreo se capturó entre 5 a 7 especies. A continuación se comparan, por medio de la prueba de jackknife de primer orden el número de especies capturadas con el número estimado de especies por muestreo: a) Primer muestreo, 6 especies de 9 especies estimadas; b) 2do. Muestreo, 7 de 11 especies estimadas; c) 3er. muestreo, 5 de 5 especies estimadas y d) 4to. Muestreo, 6 de 7 especies estimadas.

Las especies con menor frecuencia de aparición fueron *Marmosa sp.* y *Oryzomys sp.* Éstas especies solo se lograron capturar una vez a lo largo de todo el estudio y en el piso B. Entre las especies más abundantes se encuentran *Peromyscus levipes*, *Liomys salvini* y *Peromyscus aztecus*. Las primeras dos corresponden a las partes bajas (pisos "B" y "C") mientras que la otra pertenece al piso altitudinal más alto.

El sitio de mayor riqueza y abundancia por especie, fue el piso B con 6 especies. Los otros dos pisos presentaron la misma riqueza de especies (2 especies). En una unidad muestral del piso C, no se logró colectar especie alguna. En general el piso C, fue el que menos abundancia de mamíferos menores presentó. Los resultados del análisis de agrupamiento cuantitativo muestran la formación de dos grupos, el piso A (A1 y A2), parte alta de la cuenca; y el piso B y C, de las partes bajas. Estos dos grupos presentan más del 85% de similitud. Este patrón fue consistente en los cuatro muestreos a lo largo del año. La única especie compartida entre estos dos grupos fue *Heteromys desmarestianus*.

7.1.4. Herpetofauna

7.1.4.1. Anfibios

Las familias de anfibios representadas durante las cuatro colectas, son Ranidae, Hylidae, Bufonidae y Leptodactylidae. De la familia Ranidae estuvo presente en el piso A *Rana maculata* y en los pisos B y C *Rana berlandieri*. La familia Hylidae fue representada en los tres pisos por *Ptychohyla spinipollex*, en el piso A; y *Smilisca baudinni* en los pisos B y C. La familia Bufonidae presentó dos especies en el piso A y tres especies en el piso C: *Bufo marinus*, y *B. valliceps* y *B. coccifer*, respectivamente. La familia Leptodactylidae fue representada mayormente en el piso B por tres especies: *Leptodactylus melanonotus*, *Physalaemus pustulosus* y *Eleutherodactylus rugulosus*.

Durante la investigación se colectó un total de 12 especies (92.3%) de anfibios representados en 8 géneros y 4 familias de un total aproximado de 13 especies presentes en esta área (Campbell & Vannini 1989). El método de extrapolación de Jackknife de primer orden, indicó un valor de 14 especies.

El piso A reportó dos especies únicas (16%) que son *Ptychohyla spinipollex* y *Rana maculata*. El piso B reportó tres especies únicas (25%) que son *Physalaemus pustulosus*, *Eleutherodactylus rugulosus* y *Ptychohyla sp.* El área de bosque seco

reportó dos especies únicas (17%): *Bufo coccifer* y *Scinax staufferi*, rana de áreas perturbadas de vegetación anegada (Campbell 1998 y Lee 2000).

La especie más abundante fue *Bufo marinus* que reportó el 22% del total de individuos. Esta especie está adaptada a vivir en muchos lugares perturbados, inclusive dentro de las habitaciones humanas (Campbell 1998 y Lee 2000). La segunda especie más abundante fue *Leptodactylus melanonotus* con el 21% y la tercera *Ptychohyala spinipollex* con el 15% de las observaciones.

El área de mayor riqueza de especies fue el piso B con 8 especies (67%). En éste se colectó *Physalaemus pustulosus*, rana de bosques secos y *Eleutherodactylus rugulosus* de bosques no perturbados (Lee 2000). El piso C presentó 7 especies, entre ellas *Bufo coccifer*, *Scinax staufferi* y *Smilisca baudinni*.

El análisis de agrupamiento cualitativo separó dos comunidades de anfibios: las comunidades B y C, totalmente distintas al piso A. La comunidad formada por el piso A reportó 114 (25.8%) individuos y la comunidad formada por B y C reportó 328 (74.2%) individuos del total. El piso C presentó el 62% del total de individuos observados con 7 especies presentes, el resto A y B representó el 38% de los individuos observados.

7.1.4.2 Reptiles

Las familias representadas en los pisos fueron Phrynosomatidae, Colubridae y Teiidae. La familia Phrynosomatidae presentó una especie compartida entre los tres pisos al igual que Colubridae (con 9 especies, 26%). Las especies de Colubridae del piso A fueron *Leptophis modestus*, *Tantilla taeniata*, *Conophis lineatus*, *Leptodeira annulata*; y del piso B fueron *Stenorrhina freminvillei* y *Leptodeira nigrofasciata*. La familia Teiidae presentó tres especies de lagartijas del mismo género: *Cnemidophorus motaguae*, endémico de la región (Cambell & Vannini, 1989), *Cnemidophorus deppei* y *Cnemidophorus angusticeps*.

Durante la investigación se observó un total de 27 especies (68%) de reptiles representados en 21 géneros y 11 familias de un total aproximado de 40 especies presentes en esta área (Campbell & Vannini, 1989). La curva de acumulación de especies (Jackknife) de primer orden, da un valor de 38 especies, obteniendo el 71% de las esperadas. Se contabilizó un total de 374 especímenes de reptiles. En el piso A se contaron 31 individuos (8.3%); en el B 150 individuos (40.1%), y en el C, 193 individuos (51.6%).

El piso A presentó 6 especies únicas (22.2%): *Leptodeira annulata*, *Sphenomorphus incertum*, *Atropoides nummifer*, *Conophis linneatus*, *Tantilla taeniata* y *Leptophis modestus* (Marineros, 2000). El piso B presentó 5 especies únicas (18.5%): *Drymarchon corais*, *Phyllodactylus tuberculosus*, *Stenorrhina fremminvillei*, *Norops uniformis* y *Leptodeira nigrofasciata*. El piso C presentó 4 especies únicas (14.8%): *Iguana iguana*, *Ctenosaura similis*, *Crotalus durissus* y *Leptothyphlops sp.* En este piso se colectó a *Cnemidophorus motaguae*, reptil endémico regional (Cambell &

Vannini 1989) y a *Cnemidophorus angusticeps* que probablemente no se ha reportado para esta región (Campbell & Vannini 1989 y Lee 2000).

La especie más abundante fue *Cnemidophorus deppei* que presentó el 23.5% del total de reptiles observados en los tres pisos. Esta especie se ha adaptado a vivir en lugares perturbados, bosques abiertos y plantaciones de coco con temperaturas muy cálidas (Lee, 2000). La segunda especie más abundante fue *Sceloporus variabilis* con el 19.5%, fue la única especie distribuida en los tres pisos. La tercer especie más abundante fue *Cnemidophorus motaguae* con el 13.6% (Cambell & Vannini 1989).

El análisis de agrupamiento cualitativo presentó dos comunidades de reptiles asociadas posiblemente a un gradiente altitudinal, la del piso A y la comunidad de los pisos B y C. La comunidad del piso A presentó 31 (8.3%) individuos y la comunidad formada por B y C presentó 343 (91.7%) individuos del total.

7.1.5. Avifauna

Se registraron 86 especies de aves en los tres pisos, incluyendo algunas observaciones casuales. De este total, un 27.05 % fueron aves migratorias especialmente de la sub-familia Parulinae; el 72.95 % restante, perteneció a aves residentes, de grupos de forrajeo mixto. Se observaron grupos de forrajeo mixto entre aves residentes y migratorias Neotropicales.

El análisis de agrupamiento indicó que la discriminación *a priori* del diseño experimental se ajustó con el patrón observado. Los transectos del piso B, se asociaron al bosque de pino- encino y al bosque seco matorral.

La mayoría de las especies registradas presentaron pocas sensibilidad hacia perturbaciones o cambios en el hábitat (66.67 %). Pocas especies (7.4 %) presentaron sensibilidad alta a cambios en el hábitat: En el piso A, *Bolborynchus l. lineola*, *Myadestes occidentales*, *Peucedramus taeniatus* y *Dendroica chysoparia*. Mientras que para el piso C se registró a *Chlorostilbon canivetti*. El resto de aves (25.9%) perteneció a la categoría de sensibilidad media.

Por otra parte, la mayoría de especie se registró con dieta insectívora (51.2%). La mayoría de los insectívoros necesitan una percha alta para atrapar en el aire a sus presas, eso se ve reflejado en que un alto porcentaje (32.55%) de estas aves también forraje a nivel de copas. En este grupo se encuentran los forrajeros de insectos en ramas de las copas densas de bosques de pino-encino y otros árboles de mediana altura; y los insectívoros aéreos que utilizan las copas para lanzarse y atrapar a sus presas en el aire (*flycatchers*).

7.1.5. Peces y macroinvertebrados

En los pisos B y C se han encontrado las siguientes especies de peces:

Astyanax fasciatus,
Atherinella meeki,
Alfaro huberi,
Poecilia mexicana,
Amphilophus spilurum.

Respecto a macroinvertebrados se encontraron 2 especies de langostinos de río aun no identificados. Estos tienen la mayor parte de su actividad alimenticia durante la noche y pueden ser buenos indicadores de los efectos de la construcción y operación de un proyecto hidroeléctrico (Com pers. Pedro Ríos, USFS Puerto Rico) debido a que sus hábitos alimenticios incluyen la depredación de invertebrados y de materia orgánica en descomposición, es decir, detritos de origen animal y vegetal.

6.2. RESULTADOS INTEGRACIÓN TAXONÓMICA

Al realizar un análisis de agrupamiento con datos de distribución de cada una de las cuatro colectas, se logró identificar el patrón de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal. A excepción de la vegetación que se segregó en tres pisos altitudinales, los demás grupos mostraron un patrón similar en el cual el piso A es distinto del B y C.

Durante los meses de octubre y mayo, los pisos B y C se mezclan parcialmente, mientras el piso A se separa. En los meses de agosto y febrero se separan los tres pisos altitudinales. La comunidad del piso A se conforma como una comunidad en las cuatro colectas, que en agosto y febrero es más similar en sus dos unidades de muestreo (A1 y A2), mientras que lo contrario sucede en octubre y mayo. Este patrón fue similar en el piso B, en donde sus unidades de muestreo son más similares también en agosto y febrero, mientras en octubre y mayo, es que mezcla parcialmente con el piso C. El piso C en agosto y febrero presentó una baja similitud, por lo que no se identificó con las características de los otros pisos.