



Fundación
Defensores de la Naturaleza

**Línea base para el monitoreo biológico
de la sub-cuenca del río Colorado,
Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas,
Guatemala.**



Guatemala
2005

INDICE DE CONTENIDO

I. RESUMEN EJECUTIVO	2
II. ANTECEDENTES	4
2.1. Marco Geográfico	4
2.1.1. Área de estudio	4
2.1.2. Resumen de las características principales del Proyecto hidroeléctrico Río Hondo II.	6
2.2. Marco Conceptual	7
2.2.1. Ecología de los bosques ribereños y su papel en la conservación	7
2.2.2. Monitoreo de la diversidad biológica	8
2.2.3. Grupos taxonómicos para el monitoreo de la diversidad biológica	9
a) Vegetación	9
b) Mamíferos	9
c) Aves	10
d) Anfibios y reptiles	10
e) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)	11
f) Peces y macroinvertebrados acuáticos	11
g) Hidrología	12
2.2.4. Caudal Ecológico Básico	13
III. JUSTIFICACIÓN	14
IV. OBJETIVOS	14
V. METODOLOGÍA (DISEÑO EXPERIMENTAL)	15
5.1. Efectos esperados de la construcción y funcionamiento de la hidroeléctrica	16
5.2. Muestreo y métodos de colecta	18
a) Vegetación	18
b) Mamíferos	18
c) Aves	19
d) Anfibios y reptiles	19
e) Escarabajos coprófagos	19
f) Peces y macroinvertebrados.	19
5.4. Análisis de datos	21
VI. RESULTADOS	22
6.1. RESULTADOS POR TAXA	22
a) Vegetación	22
b) Mamíferos	23
c) Aves	24
d) Anfibios y reptiles	24
e) Escarabajos coprófagos	26
f) Peces y macroinvertebrados	27
6.2. RESULTADOS DE LA INTEGRACIÓN TAXONÓMICA	28
a) Abundancias temporales	28
6.3. RESULTADOS DE ANÁLISIS HÍDRICO.	31
a) Calidad del Agua	32
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	33
7.1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL GRADIENTE ALTITUDINAL	33

7.2.	CONSERVACIÓN A ESCALA DE CUENCA HIDROLÓGICA	35
7.3.	EL BOSQUE RIBEREÑO COMO UN REFUGIO ECOLÓGICO	37
7.4.	ESPECIES DE AMPLIA DISTRIBUCIÓN	38
7.5.	INTEGRACIÓN TAXONÓMICA	39
VIII.	CONCLUSIONES	40
IX.	RECOMENDACIONES	42
9.1.	INDICADORES PARA EL MONITOREO Y JUSTIFICACIÓN POR TAXA	42
a)	Temporalidad	42
b)	Capacidad técnica necesaria	42
c)	Metodología	43
9.2.	RECOMENDACIONES DE MANEJO	43
a)	Medidas sugeridas de mitigación	43
b)	Producción de Agua y diversidad biológica:	44
c)	Caudal Mínimo de Conservación - Vegetación ribereña	46
d)	Manejo y conservación de la cuenca	46
e)	Recomendaciones de restauración:	48
X.	BIBLIOGRAFÍA.	49
XI.	GLOSARIO	52

CUADROS

Cuadro 1.	Descripción de los pisos altitudinales muestreados	16
Cuadro 2.	Efectos esperados de la hidroeléctrica en función de su construcción y su funcionamiento	17
Cuadro 3.	Impactos esperados en el área de estudio	17
Cuadro 4.	Datos sobre análisis microbiológico de muestras tomadas en los contribuyentes de la sub cuenca del Río Colorado y la Lima, cuenca Río Hondo.	32
Cuadro 5	Medidas de mitigación sugeridas para los impactos identificados	44

FIGURAS

Figura 1.	Ubicación y sistema de drenaje de la cuenca Río Hondo, Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas	5
Figura 2.	Perfil altitudinal de la subcuenca Río Colorado, Río Hondo	7
Figura 3.	Dendrograma (UPGMA) multitaxonómico de agosto del 2002 (I colecta) de la cuenca del Río Colorado	29
Figura 4.	Dendrograma (UPGMA) multitaxonómico de octubre del 2002 (II colecta) de la cuenca del Río Colorado	30
Figura 5.	Dendrograma (UPGMA) multitaxonómico de febrero del 2003 (III colecta) de la cuenca del Río Colorado	30
Figura 6.	Dendrograma (UPGMA) multitaxonómico de mayo del 2003 (IV colecta) de la cuenca del Río Colorado	31
Figura 7.	Localización de áreas para de reforestación, con base en mapa de uso de la tierra.	45

SIGLAS

CEB	Caudal ecológico básico
CMC	Caudal mínimo de conservación
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EPT	Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
INAB	Instituto Nacional de Bosques
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques, Guatemala
RBSM	Reserva de Biosfera Sierra de las Minas
UFC	Unidades formadoras de colonias

I. RESUMEN EJECUTIVO

Se evaluó a través de grupos biológicos (herpetofauna, aves, mamíferos menores, macroinvertebrados acuáticos, escarabajos coprófagos y vegetación) en un gradiente altitudinal en la sub cuenca del río Colorado, previo a cualquier actividad de impacto ambiental reciente. El muestreo se realizó en las época lluviosa y seca durante el año 2004, en los bosques ribereños de los siguientes pisos altitudinales, correspondientes a tres comunidades biológicas diferenciadas: a) Pino-encino (piso A: 1700 msnm); b) bosque seco (piso B: 400 msnm); y c) bosque seco (piso C: 300 msnm).

En cuanto a abundancias y diversidad de especies el piso A (pino encino) mostró especies con alguna sensibilidad a perturbación tal es el caso de: *Peromyscus aztecus* (ratón), *Ptychohyla spinipolex* (rana), *Bolborhynchus lineola* (cotorrito serrano), *Cyanocorax melanocyanea* (xara), *Basilina leucotis* (colibrí). Los pisos B y C, mostraron abundancias de individuos típicos de áreas alteradas, entre ellos: *Lyomis salvinii* (ratón), *Onthophagus landolti* (escarabajo caquero), *Bufo marinus* (sapo) y *Leptodactylus melanonotus* (ranita), *Coragyps atatus* (zopes), *Quiscalus mexicanus* (zante), *Dives dives* (zanate), *Tyranus melanchoplycus* y el ave migratoria *Piranga ludoviciana*.

Existe un gradiente de intervención humana sobre la diversidad biológica, que va de mayor a menor desde la parte baja hacia la parte alta de la sub cuenca. El piso A, que es el mejor conservado, está afectado anualmente por incendios rastroeros, ganadería extensiva y por un aprovechamiento forestal de hace años. Los pisos B y C presentan alta perturbación humana, especialmente el piso C cuya cobertura vegetal primaria ha sido completamente removida. Probablemente el estado actual de la diversidad biológica es el resultado de la combinación de factores como: condiciones topográficas, presión sobre el uso de la tierra con fines agrícolas, la previa existencia de un embalse y los efectos del Huracán Mitch en 1998. Este escenario representa el punto de partida (línea base), sobre el cual se evaluarán efectos del proyecto hidroeléctrico sobre la diversidad biológica (monitoreo) partiendo del momento en que se inicien los trabajos de construcción y operación del proyecto hidroeléctrico.

Luego de evaluar el estado de los grupos taxonómicos, se recomienda monitorear los efectos a largo plazo sobre tres de estos grupos: macro invertebrados acuáticos, vegetación y anfibios. La vegetación es un indicador directo de las intervenciones, ya que esta desaparece en diferentes grados según la magnitud de la intervención. La etapa sucesional también puede indicarnos la edad de la perturbación. Los anfibios y macroinvertebrados acuáticos se utilizan como indicadores, debido a su sensibilidad a los cambios de la calidad del agua y perturbación de hábitat.

Para la mitigación de los efectos de la hidroeléctrica sobre los recursos naturales de la cuenca se recomienda la reforestación de al menos 310 hectáreas en la parte alta de la subcuenca del río Colorado, el aprovechamiento de caminos existentes en la

ruta a Santa Rosalía – San Lorenzo, el cierre de accesos al público para disminuir la presión humana sobre especies sujetas a extracción comercial (Tillandsias, fauna cinegética, etc), la recuperación del bosque de galería o ribereño por medio de la revegetación de orillas con especies nativas y que favorezcan a la fauna (como *Ficus* sp) y disminución radical del pastoreo (ganado), además de la minimización de la variación del caudal en el tiempo.

Se sugiere que la compensación por pérdida de formación vegetal y la alteración de los hábitats para fauna terrestre se realice con alguna de las siguientes alternativas:

- a. A través del establecimiento de una zona de protección ecológica o reserva natural privada de la empresa. Esta reserva debe contener al menos una riqueza de especies similar a la de la línea de base y deberá mantenerse durante toda la vida útil del proyecto, y/o
- b. El pago directo de actividades de conservación (Pago por servicios ambientales – PSA) en la parte alta de la cuenca (zona núcleo de la RBSM).

Se recomienda evaluar a mediano plazo, a través de un estudio científico, el impacto del caudal ecológico, para recomendar las medidas de mitigación pertinentes, en caso necesario. Debido a que la empresa va a reforestar un considerable número de hectáreas, va a existir un cambio de cobertura, y por ende, en la infiltración que aporta la cual incrementará el caudal ecológico cuenca abajo. Es importante la conservación de cuencas con alto potencial recaudador y de retención de agua como las subcuencas Virgen, el Mono y Colorado (87.34% del caudal a embalse), vital para el funcionamiento de proyectos hidroeléctricos y para la disminución de impactos negativos a la diversidad presente en el bosque ribereño.

Palabras clave: Bosque ribereño, gradiente altitudinal, Sierra de la Minas, Reserva de Biósfera, cuenca hidrológica, Caudal Mínimo de Conservación, estudio multitaxonómico.

II. ANTECEDENTES

2.1. Marco Geográfico

2.1.1. 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. La precipitación es mayor en relación directa al aumento de altitud, por cada 100 metros de altitud, la precipitación aumenta aproximadamente 80 milímetros.

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 (Figura 1). Posee gradiente altitudinal que va desde los 100 a 2,300 msnm. Dentro de este amplio gradiente altitudinal, se encuentran 4 comunidades vegetales: monte espinoso seco, bosque seco, bosques mixtos de pino encino y bosque nuboso en su parte más alta.

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, que es el caso de Río Colorado, éstos han sido ampliamente substituidos por sistemas de cultivos tradicionales de regadíos desde tiempos de la colonia. Actualmente todavía existe modificación de la cobertura natural hacia cultivos, tendiendo a sistemas de monocultivo como por ejemplo: mango variedad Tommy, tabaco, limón, papaya y melón (observación personal).

En resumen la cuenca del río Hondo desde su tramo en Panaluya hacia su desembocadura en el río Motagua, posee 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". Este segmento está fuera del control de la empresa, ya que es un poblado establecido en tierras privadas.

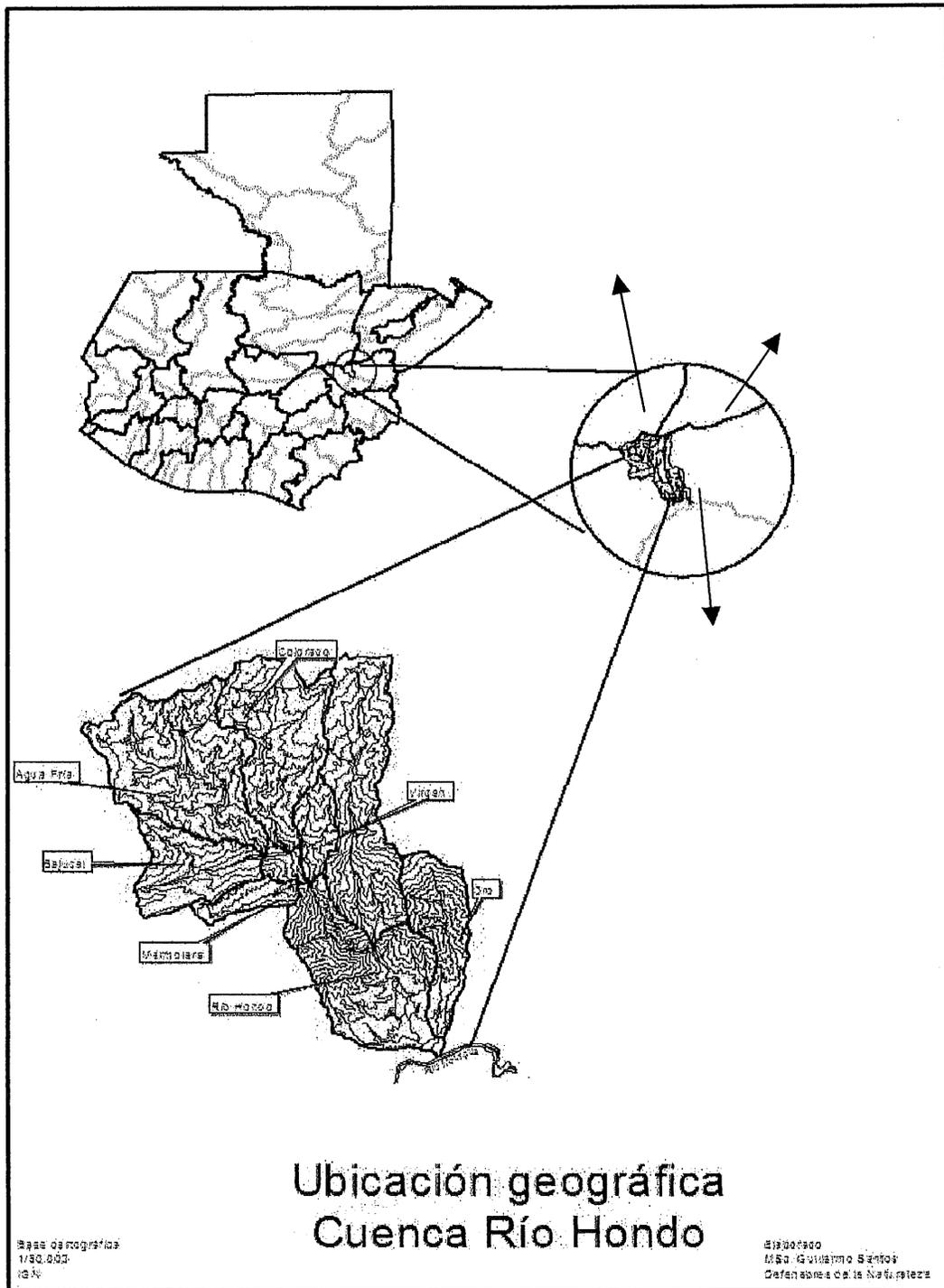


Figura 1. Ubicación y sistema de drenaje de la cuenca Río Hondo, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM).

2.1.2. Resumen de las características principales del Proyecto hidroeléctrico Río Hondo II.

(Basado en: Project Information memorandum, presentado al Overseas Private Investment Corporation en el 2002)

- **Generación:** 32 Mw.
- **Presa derivadora:** de treinta metros de altura (30 m) y una cresta de 117 metros.
- **Área de Inundación:** 13.5 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** 2.0 m³/seg.
- **Caudal ecológico** propuesto en EIA: 70 Litros / seg; equivalente a 0.7m³/seg
- **Línea de Conducción:** constituida por un túnel de aducción con una longitud de 1080 m. y un diámetro aproximado de 3 metros, seguido por una tubería de presión de aproximadamente 3,140 metros de longitud y diámetros que oscilan entre 1 a 1.07 metros. Esta línea conducirá el caudal de generación por la margen izquierda del río Colorado.
- **Casa de máquinas:** se localizará a 300 msnm, en la misma ubicación que tuviera la antigua casa generadora del INDE conocida como "Panaluya". En esta construcción se ubicarán 2 turbinas de impulso horizontal de 16 MW. cada una.
- **Presa de Regulación:** ubicada a 150 metros de la casa de máquinas, donde se captara el volume de agua de generación durante la hora pico, la uals será liberada de regreso al río al mismo caudal que está entrando al río en el embalse.
- **Línea de Transmisión:** esta tendría una capacidad de 69 KV y una longitud aproximada de 4 Km, utilizando la misma línea de transmisión de Río Hondo I, la cual aún se utiliza para conectar la aldea Panaluya.
- **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 (Figura 2). La elevación de caída 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 y cobertura forestal continua y en buen estado.

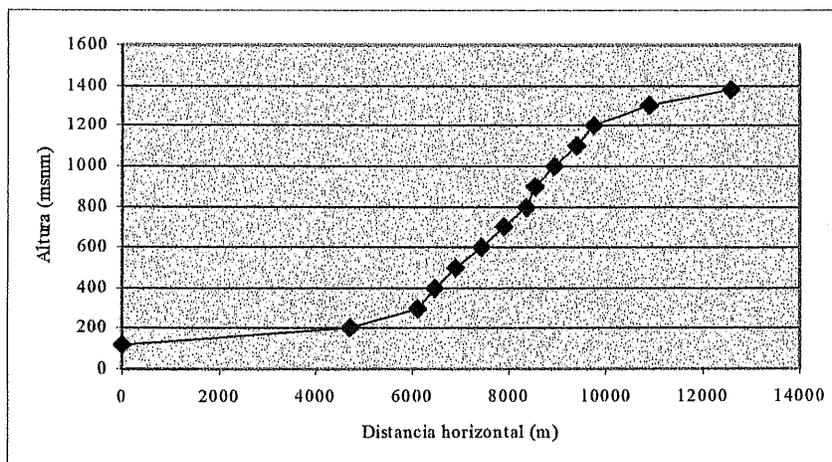


Figura 2 Perfil altitudinal de la subcuenca Río Colorado, Río Hondo, RBSM.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. 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). Específicamente la cuenca del Río Colorado es un ambiente ribereño y se analizará en ese sentido. Estos sistemas están delimitados 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

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

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 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 (fosforo, nitrógeno, potasio) 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.

2.2.2. 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.
- Capaces de proveer mediciones continuas sobre un amplio rango de estrés. Es decir que el grupo indicador con que se esta trabajando posea especies sensibles a cambios, por ejemplo en la cobertura de bosque.
- Relativamente independientes del tamaño de la muestra
- Capaces de diferenciar entre sus ciclos naturales y las tendencias inducidas por actividades antropogénicas (Noss, 1990).

2.2.3. Grupos taxonómicos para el monitoreo de la diversidad biológica

a) 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 anfibias 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, anfibias 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: ser productores primarios; intervenir en la captura, estabilización y producción de alimentos; proveer refugio y materia para anidación a un gran número de animales; ser oxigenadores del agua; proveer de sustrato a especies epibiontes (Novelo y Lot 1988).

b) Mamíferos

Específicamente nos referiremos a mamíferos menores, que normalmente pesan menos 0.5 kg. 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.

c) Aves

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*, y *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, y además 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).

d) Anfibios y reptiles

Este grupo de fauna de anfibios y reptiles se estudia por medio de la Herpetología. 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 éste nivel, decrece. La riqueza de reptiles en comparación, decrece proporcionalmente 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 ya que 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)

e) 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).

f) Peces y macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son buenos indicadores de la calidad de agua por las siguientes razones:

- Permanecen en áreas con las condiciones ideales para su sobrevivencia.
- Tienen movilidad limitada.
- Son fáciles de coleccionar e identificar hasta morfoespecie en el laboratorio.
- Tienen diferente tolerancia a la cantidad de contaminación.

Entre las ventajas de utilizar a este grupo como indicadores se puede mencionar que a lo largo de sus ciclos de vida pueden ser afectados por diferentes fuentes de estrés en cortos períodos de tiempo, algunos estadios son más sensibles a las perturbaciones que otros. Esto es especialmente importante porque los individuos en un estadio sensible responderán rápidamente a la perturbación, mientras que el conjunto responderá de forma más lenta.

Los macroinvertebrados tienen patrones de distribución que resultan del traslape óptimo entre hábitat y las condiciones físicas ambientales para su supervivencia (Merritts & Kummis, 1984; Ward, 1992). Los macroinvertebrados son altamente sensibles a la calidad y cantidad de agua y son parte clave de la cadena trófica ya que forman parte importante de la dieta de muchos otros animales como aves y peces. El uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, tiene cada vez más aceptación entre los ecólogos y es uno de los métodos usados en la evaluación de los impactos ambientales causados por el desarrollo de proyectos de ingeniería (Roldán, 1996).

Los peces y macroinvertebrados benthicos 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. Se ha demostrado que la construcción y la deforestación aumentan las tasas de sedimentación y reducen la riqueza de especies de macroinvertebrados. La construcción de reservorios puede desplazar a algunas especies y pueden aparecer especies oportunistas que forman plagas como los Chironomidos (McCafferty, 1981).

g) Hidrología

La Reserva de Biosfera 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 físico-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 de 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 y Jones. En la

última década iniciaron operaciones las Hidroeléctricas de Pasabien y San Isidro, ubicadas dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas.

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

2.2.4. Caudal Ecológico Básico

El concepto de “caudal ecológico” ha sido ampliamente utilizado con múltiples connotaciones por técnicos, políticos, gestores de agua y se conoce “el caudal que pretende afectar en menor escala el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales”. La falta de información sobre historias de cambios en caudales y biodiversidad de ríos en los que se pretenden proyectos hidroeléctricos son tan escasos que lo recomendable es proponer “**caudales ecológicos básicos**”.

Éstos pretenden “*unir las exigencias de hábitat de especies fluviales o dependientes de, con las variaciones de éstas en función de los caudales circulantes, es decir evaluar variantes del caudal ecológico básico, sobre una línea base de diversidad*” (Tennant 1976; White 1976, citados por Baeza y García de Jalón 2001). Desde la perspectiva de la conservación, este concepto es un ideal y probablemente no existan proyectos ideales bajo esta perspectiva. Creemos que este concepto debería llamarse “caudal mínimo de conservación”, ya que lo que se busca es minimizar el impacto de la reducción de caudal, en la diversidad biológica. Estos estudios son costosos, a largo plazo y deben enfocarse sobre la eco fisiología de las especies, para ver como son éstas afectadas por la reducción de la sombra de humedad y cuales son sus requerimientos mínimos en campo y en laboratorio.

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 las mas exitosa la de Stanalker (1979) y Bovee, quienes desarrollaron un método basado en relaciones cuantitativas entre los caudales circulantes y los parámetros físicos e hidráulicos que determinan el hábitat biológico (IFIM: Instream Flows Incremental Methodology).

Para efectos de esta investigación, se hace una propuesta de **Caudal Mínimo de Conservación**, el cual debe monitorearse para evaluar los efectos de éste sobre la diversidad y grupos taxonómicos propuestos; el resultado a mediano plazo nos otorgará lineamientos para un mejor manejo de la cuenca y el caudal del cauce principal y en ese sentido, implementar las medidas de mitigación respectivas.

III. JUSTIFICACIÓN

Es importante contar con estudios que provean información anterior y posterior a la perturbación que provocan la construcción de una hidroeléctrica para identificar cual es su influencia sobre la vegetación riparia de la cuenca hidrográfica y el conjunto de especies que de ella dependen. Al identificar sus principales efectos sobre los recursos naturales de la subcuenca del Río Colorado es posible proponer actividades de manejo y medidas de mitigación de estos impactos.

Esto es especialmente importante porque la parte media y alta de la subcuenca del Río Colorado forma parte de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM). Los recursos de la RBSM tienen un gran valor intrínseco como parte del patrimonio natural de la humanidad, pero también son muy valiosos desde el punto de vista socioeconómico. La Sierra de las Minas es una “fabrica de agua” estratégica para el desarrollo de la región nororiental del país, ya que en ella nacen y corren más de 63 ríos.

La Fundación Defensores de la Naturaleza, entidad administradora de la RBSM desea contar con elementos técnicos científicamente comprobables para utilizar como herramienta para el mejor manejo de la reserva. Además este estudio servira como ejemplo a seguir al realizar los estudios técnicos de otros proyectos hidroeléctricos que puedan construirse en el área en un futuro.

IV. OBJETIVOS

- Determinar la distribución de la diversidad biológica en la, subcuenca del Río Colorado, Río Hondo, antes de la construcción de una hidroeléctrica (realizar estudio de línea base).
- Identificar los principales efectos de la construcción de la hidroeléctrica.
- Proponer actividades de manejo que contribuyan a la reducción de los impactos de la hidroeléctrica sobre la diversidad biológica para asegurar la conservación del sitio
- Proponer un grupo de indicadores de monitoreo biológico a largo plazo.

V. METODOLOGÍA (DISEÑO EXPERIMENTAL)

Para analizar 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: (Figura 3, Cuadro 1)

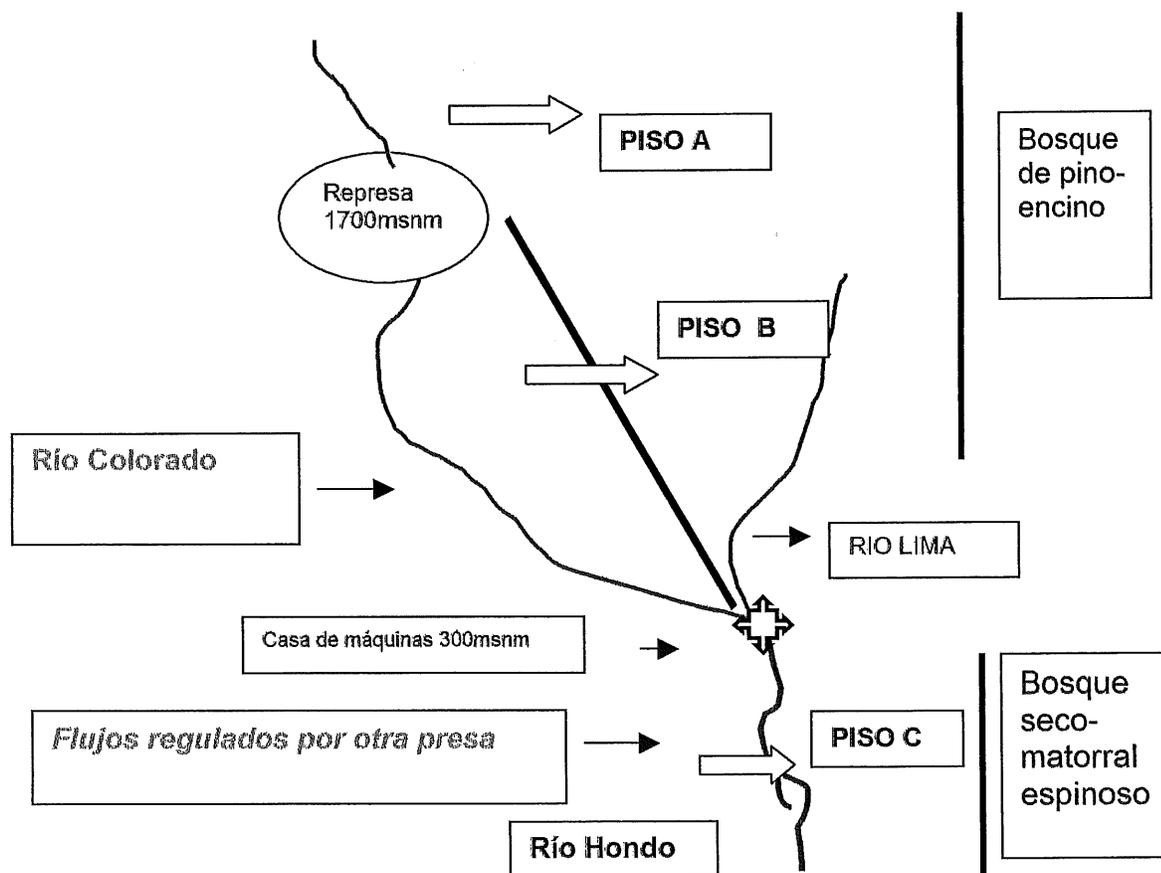


Figura 3 Localización de los tratamientos del diseño experimental.

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

Cuadro 1. Descripción de los pisos altitudinales muestreados

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 México. 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.

5.1. Efectos esperados de la construcción y funcionamiento de la hidroeléctrica

Para una mejor comprensión se dividió el análisis de los impactos probables hacia los recursos naturales en relación a la etapa de construcción y a la etapa de funcionamiento.

Los efectos esperados de la hidroeléctrica sobre los recursos naturales de la cuenca se resumen en el Cuadro 2. En el caso de cada área de estudio muestreada en la elaboración de esta línea base, se esperan los impactos presentados en el Cuadro 3.

Típicamente los depósitos tienen bajos niveles de agua durante el verano y se llenan en el invierno, como resultado que los volúmenes varían considerablemente y largas áreas de litoral son expuestas durante el verano. (el embalse en Río Hondo es pequeño, y no hay largas áreas de litoral) Esto puede provocar la pérdida de poblaciones de animales ribereños que son alimento de los anfibios y aves que habitan en estas áreas. Rawson (1958, citado por Schindler, 2000) concluyó que las represas o depósitos de agua en las montañas son fundamentalmente pobres en productividad.

Cuadro 2. Efectos esperados en función de la construcción y su funcionamiento

Impactos	Sue	CAG	Cau	Veg	Aves	Vete	Pez	Inve
a) Impactos fase de construcción								
Acondicionamiento o apertura accesos	X	x		x		x		
Construcción de infraestructura								
Apertura y ampliación de canteras	X	x						
Emisión de ruidos					x			
Derivación temporal de las aguas		x	x	x			x	x
Aumento de la presión humana sobre especies sujetas a extracción comercial (Tillandsias, etc)	X	x		x	x	x	x	x
b) Impactos fase de funcionamiento								
Barrera a los desplazamientos						x	x	x
Mortalidad de peces en las turbinas							x	
Modificación caudales y desagüe	X	x	x	x			x	x
Modificación caudales aguas abajo (no hay modificación después del inicio en operaciones)	X	x	x	x			x	x
Modificación transporte material (al iniciar operaciones, ya no se transporta nada)	X			x			x	x
Modificación de las características físico-químicas del agua		x		x			x	x
Modificación hábitat vaso embalse	X			x			x	x
Canales de derivación						x		x
Tendidos eléctricos (usamos los que ya existen, no hay impacto nuevo)					x			
Retirada de sedimentos finos	X	x					x	x

Abreviaturas: Sue- suelo; Cag- Calidad de las aguas; Cau- Caudales del agua; Veg- Vegetación; Aves- Fauna (Aves); Vete- Vertebrados terrestres; Pez- Fauna (Peces); Inve- Fauna invertebrada.

Cuadro 3. 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. Aquí no hay impacto
3. Sustitución de los comunidades de vegetación y fauna asociada	Si. Comunidades afectadas al alterarse condiciones	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 riberas.		
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. Pero puede cambiar a positivo con la reforestación, o sea, que es un impacto positivo.		

En el caso específico de los anfibios la regulación artificial del caudal del agua del río puede exponerlos a niveles elevados de estrés que no padecen actualmente y que no existieron en el momento en que sus poblaciones se establecieron en el área. Esto puede acortar el período larvario, lo que disminuye el tamaño en la metamorfosis, aumentaría el tiempo de la primera reproducción de los individuos y decrecería la fecundidad de las hembras (Leips, McManus y Travis, 2000). Esto tendrá efectos directos en la población local de estas especies y en su viabilidad.

5.2. Muestreo y métodos de colecta

a) Vegetación

En cada piso altitudinal se utilizaron 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 una 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.

b) Mamíferos

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.

c) Aves

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.

d) Anfibios y reptiles

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.

e) 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.

f) 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.

El río se dividió en 10 estaciones a lo largo de 1 kilómetro, se tomó en consideración diferentes aspectos físicos del mismo debido a los distintos sub-habitats que en el Río se pueden encontrar. Se realizaron muestreos al azar en dos tipos de sustrato: rocoso (R) y arenoso (A); dos tipos de corrientes: rápidas (r) y lentas (l).

En cada estación se muestreo en un área de 2 m² a partir del punto de referencia tomado con el Geoposicionador Global.

Los muestreos se llevaron a cabo en el primer semestre del año, durante los meses de Enero y Mayo del 2004.

En la técnica de arrastres con red en forma de D, se realizaron tres arrastres contra corriente en cada estación, en tres puntos al azar en el área de muestreo, removiendo el sustrato en cada arrastre. El contenido de las redes se vaciaba en bandejas blancas para realizar la búsqueda de los especímenes con ayuda de pinzas entomológicas.

En las colectas manuales, el procedimiento era levantar rocas en las orillas y en los remansos, tomando muestras durante 10 minutos en cada estación, y revisando en bandejas blancas los materiales con especímenes.

Los especímenes colectados en cada estación se depositaron en frascos separados por estación, conteniendo alcohol al 70%, con los datos de colecta como fecha de colecta, descripción de la estación, técnica de colecta, y número de colecta. Después de su determinación se preservaron en frascos etiquetados, con alcohol al 70 % , (McCafferty, 1981; Roldan, 1996) y 5% de Glicerina.

5.3. Caudal mínimo de conservación

Para dar un estimado sobre Caudal Mínimo de Conservación², 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, a la información generada y a la información existente. Para el establecimiento de éste Caudal Mínimo de Conservación se pretende tomar en cuenta una combinación de:

- Análisis de los regímenes de caudales y,
- Análisis de la variación de las poblaciones de taxa indicadores respecto del Caudal Mínimo de Conservación (monitoreo).

En este caso, el Caudal Mínimo de Conservación representa estimaciones de las condiciones límites de tolerancia a la escasez del caudal. En otras palabras, el estimado de caudal, posterior a una medición permanente de al menos 5 años, proponga los umbrales de resistencia de los taxa seleccionados para monitoreo biológico.

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

5.4. 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 tomó en cuenta abundancias solo durante los primeros 2 muestreos, luego se dio más 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 Euclídeana (datos cuantitativos) y de Sorensen (datos cualitativos) con el algoritmo de agrupación de promedio de grupos (UPGMA).
- Ordenación de comunidades a través de un gradiente indirecto con un análisis de correspondencia rectificado (DCA).

VI. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS POR TAXA

a) Vegetación

Después de cuatro muestreos sistemáticos se obtuvieron 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 igualdad de abundancias, reflejado con un índice de Shanon-Wiener de 3.23 (este índice nos muestra si las especies están distribuidas uniformemente o si algunas dominan a las demás); 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. Esto quiere decir que en el piso C hay una especie que domina a las demás, esta especie es *Muntingia calabura*, que es una especie que crece en condiciones de alta perturbación. Por el contrario, en el piso A, las especies tienen abundancias parecidas y ninguna sobresale a las demás.

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. Esto indica que los tres pisos son biológicamente diferentes, A y C por la marcada diferencia de altitud y B y C por la intervención humana que es altísima en 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. Esto puede indicar que especies generalistas han desplazado a otras especies con requerimientos más especializados y por eso hay menos de la esperada, aunque la intensidad de muestreo fue alta.

b) Mamíferos

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:

- 1er. muestreo: 6 especies de 9 especies estimadas,
- 2do. muestreo: 7 de 11 especies estimadas,
- 3er. muestreo: 5 de 5 especies estimadas y,
- 4to. muestreo: 6 de 7 especies estimadas.

Las especies con menor frecuencia de aparición fueron *Marmosa sp.* y *Oryzomys sp.* Estas 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 coleccionar 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*.

c) Aves

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 chrysoparia*. La cuenca del río Colorado representa el sitio con mayor número de registros de *D chrysoparia* en todo el rango de distribución invernal y es por lo tanto, un hábitat importante para este migratorio en peligro de extinción desde el año 1990 (USFWS, 1990). Para el piso C se registró a *Chlorostilbon canivetti*, un colibrí que habita sotobosque con alta sensibilidad a cambio en el hábitat. 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 forrajea 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*).

d) Anfibios y reptiles

Las familias de anfibios representadas durante las cuatro colectas, son Ranidae, Hylidae, Bufonidae y Leptodactylidae. De las diferentes familias, 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 *Ptychohyala 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*, *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 *Ptychohyla 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.

En relación a los 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 (Campbell & 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 en su estrato que no se repetían en los otros (22.2%): *Leptodeira annulata*, *Sphenomorphus incertum*, *Atropoides nummifer*, *Conophis linneatus*, *Tantilla taeniata* y *Leptophis modestus* (Marineros, 2000). El piso B presentó 5 especies en su estrato que no se repetían en los otros (18.5%): *Drymarchon corais*, *Phyllodactylus tuberculosus*, *Stenorrhina fremminvillei*, *Norops uniformis* y *Leptodeira nigrofasciata*. El piso C presentó 4 especies únicas de su estrato (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.

e) Escarabajos coprófagos

Se colectaron 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 colectado 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.

f) 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*. Estas especies de peces tienen hábitos bénticos, es decir se alimentan a nivel del lecho del río o el fondo del mismo, así mismo, algunas se alimentan de detritus y larvas de insectos.

Durante los dos muestreos de macroinvertebrados se encontró un total de 26 familias pertenecientes a once órdenes de insectos: Coleóptera, Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Neuroptera, Diptera, Hemiptera y Plecoptera.

Las familias colectadas con mayor frecuencia fueron las de Ephemeropteros, con las familias: Baetidae, Leptophlebiidae y Tricorythidae; estos son individuos que viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, pocas de las especies de esta familia pueden resistir cierto grado de contaminación, son muy importantes en la cadena trófica, pues son alimento de los peces cuando son ninfas. (Roldan, 1996).

Respecto a macro invertebrados se encontraron dos especies de langostinos de río presumiblemente del género *Machrobrachium* sp. Estas especies de macro invertebrados 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 DE LA INTEGRACIÓN TAXONÓMICA

Al realizar un análisis de agrupamiento (éste reúne a los sitios de muestreo con base en las especies que comparten), con datos de distribución de cada una de las cuatro colectas, se identificó 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.

a) Abundancias temporales

En cuanto a variación temporal de abundancias, en el piso A el más abundante siempre fue *Peromyscus aztecus*. Éste presentó su mayor abundancia en el mes de agosto (7 individuos) y su menor abundancia en el mes de mayo (6 individuos). Los escarabajos tuvieron poca abundancia todo el año en este piso. Para herpetofauna en general son abundantes las especies resistentes al impacto humano, pero en el piso A, que es el mejor conservado la más abundante fue *Ptychohylla spinipolex* con 40 individuos. Esta especie y especies de aves como *Boborhynchus lineola*, *Cyanocorax melanocyanea*, *Basilina leucotis* se encuentran presentes únicamente en bosques montañosos de pino - encino poco perturbados.

En el piso B el ratón más abundante fue *Peromyscus levipez* con altas abundancias todo el año a excepción del mes de mayo en el que no se colectó. El escarabajo más abundante a lo largo del año fue *Onthophagus landolti* y su mayor abundancia la presentó en el mes de Octubre. Los anfibios tuvieron poca actividad en este piso y el más abundante fue *Bufo marinus*, con 7 individuos en el mes de agosto. Estas especies son abundantes en ambientes perturbados. La humedad proveniente del río es muy importante para mantener la vegetación presente, en el caso de la rana *Eleutherodactylus rugulosus* que se reproduce directamente entre la hojarasca húmeda del bosque (Campbell, 1998) y fue colectada en el punto B de muestreo, se espera que sus poblaciones disminuyan al disminuir la humedad y la cobertura del bosque de galería. (si va a existir reforestación, porque estiman que se va a disminuir?)

Para el piso C, quizás debido a la fuerte alteración de los bosques, la actividad fue muy baja. En ratones solamente se colectaron unos cuantos individuos de la especie *Lyomis salvinii* y su mayor abundancia fue 3 en el mes de octubre. El único escarabajo colectado en abundancias altas fue *Onthophagus landolti*. El grupo aves mostró en estos dos pisos (B y C) presencia abundante de especies típicas de áreas abiertas y altamente perturbadas como: *Coragyps atatus* (zopes), *Quiscalus mexicanus* (zante), *Dives dives* (zanate), *Tyranus melanchoplucus* y el migratorio *Piranga ludoviciana*. El grupo de anfibios fue el único con actividad alta a lo largo del año en este piso y los más abundantes son *Bufo marinus* y *leptodactilus melanonotus*, estas especies son altamente abundantes en lugares perturbados.

vegetación y practicas de conservación de los suelos, en un área de 7.2 km² , distribuidos en 3.1 km² en la subcuenca de río Colorado y el resto en la cuenca del río La Lima.

a) Calidad del Agua

La calidad del agua de la subcuenca del Río Colorado, no sobrepasa la norma Coguanor en unidades formadoras de colonias (UFC), para el análisis específico de bacterias. La razón principal de ello, es que la subcuenca no se encuentra poblada. Por el contrario el río la Lima, sobrepasa la norma de salud Coguanor por 3,500 unidades formadoras de colonias de bacterias (UFC) y representa, una subcuenca muy intervenida con cultivos y ganado (Cuadro 4).

Los resultados anteriores pueden estar afectados por el tipo de cobertura de las subcuencas. Para el caso de la del Río Colorado, la vegetación juega un papel importante en cuanto al proceso de auto depuración de ciertos contaminantes, funcionando como una barrera. El ganado y las comunidades humanas ubicadas en ambas cuencas pueden ser los causantes de este tipo de contaminación, que con condiciones de buena cobertura boscosa, no son tan significativos.

En todas las muestras de agua se aisló *Escherichia coli*, indicador de contaminación por heces fecales y posible agente causante de enfermedades gastrointestinales. Lo anterior es particularmente interesante debido a que el pueblo de Río Hondo utiliza el agua del Río Colorado para uso doméstico (Cuadro 4).

Finalmente, por ser información de importancia para la salud pública, los análisis microbiológicos demuestran que el agua no posee los requisitos mínimos (normas COGUANOR 2001) para ser consumida como agua potable (Santos, 2003/ Informe 2). La presencia de coliformes fecales, bacterias y el aislamiento de *Escherichia coli* en recuentos aeróbicos de placa, hacen que el agua que actualmente se utiliza, debiera recibir tratamiento previo a ser consumida como "potable". Tratamientos como cloración o poner a hervir el agua pueden hacerla fácilmente utilizable.

Cuadro 4. Datos sobre análisis microbiológico de muestras tomadas en los contribuyentes de la sub cuenca del Río Colorado y la Lima, cuenca Río Hondo.

Sitios de Muestreo en sub cuencas	Recuento total de bacterias UFC/mL	Recuento total de coliformes totales NMP/100 mL	Recuento de coliformes fecales NMP/100 mL	<i>Escherichia coli</i>	Norma COGUANOR
Río Colorado	280	120	111	Se aisló	Hasta 500 UFC/mL
Agua Fría	350	110	308	Se aisló	NMP menor de 2/100 mL
Río La Virgen	150	108/100	65/100	Se aisló	NMP menor de 2/100 mL
Río Lima	4800	403	145	Se aisló	

LEYENDA: UFC= Unidades formadoras de colonia; NMP= Número más probable; MI= Mililitro

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

7.1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL GRADIENTE ALTITUDINAL

Las comunidades observadas en el muestreo son claramente distintas e identificables. Hay varios factores que pueden explicar la diversidad reportada, como la diversidad paisajística y de hábitats (Pollock *et al* 1998, Naiman *et al* 1993). Otro factor que puede influenciar es la intervención humana (Pollock *et al* 1998, Liang y Seagle 2002) y la combinación de elementos Neárticos con Neotropicales, que se da por el gradiente de altitud.

Estudios de Maltchik y Pedro (2001), muestran que las comunidades acuáticas sumergidas son resistentes a intervenciones bajas pero que desaparecen con intervenciones fuertes. En el río Colorado los únicos géneros estrictamente acuáticos presentes fueron: *Cyperus*, *Eleocharis* y *Typha*, pero hace falta un mayor esfuerzo para establecer si pueden llegar a ser componentes de una comunidad o constituyen poblaciones remanentes, que la constante intervención, ha ido desplazando.

Esto también fue válido para el género *Salix* que no se encontró en el río Colorado y para el género *Ficus* que se reportó solamente una vez. Debido a su ciclo fenológicos las especies de *Ficus*, son de gran importancia para los murciélagos en tiempos de escasez de alimento, (Lou 2003, comunicación personal). Estas especies son dispersadas por peces y murciélagos (Banack *et. al* 2002), esto podría afectar a este género, ya que en el río Colorado, parecen no haber poblaciones de peces, mientras que los murciélagos se han adaptado a utilizar algunas especies exóticas (Valle 1997). La introducción de especies exóticas es nociva para la flora nativa y constituye una barrera para la regeneración natural. El establecimiento del genero *Ficus sp* también es afectado por la disposición de luz y por el ancho del río (Banack *et al* 2002), los ciclos fenológicos de especies arbóreas también son afectados por el caudal del río (Funch y Barroso 2002). Esta última característica también pudo afectar la población de *Ficus* en el río Colorado.

La parte más baja (piso C) es la de menor riqueza, ya que es la más intervenida y colonizada. El patrón observado en otros estudios en Sudamérica y Centroamérica muestra que las partes más diversas son las de menor altitud, y que arriba de 1500 metros sólo la altitud es responsable del 75 % de la disminución de diversidad (Kapelle 2001). Es probable que esto no se evidencie en el piso C, debido a la colonización humana y el pastoreo que es más intensivo en este piso. En estudios en los que se evalúa el efecto de la herbivoría, se ha concluido que esta puede ejercer un control sobre la composición de la comunidad vegetal y los procesos de los ecosistemas (Janzen 1970). La herbivoría puede inducir cambios en la productividad del ecosistema, ciclo de nutrimentos (Pastor *et al.* 1988), adaptabilidad del sistema a cambios del ambiente (Mladenoff y Stearns 1993) y efectos de cascada en la viabilidad de especies productoras o

consumidoras (Mashea y Rappole 2000 citado por Liang y Seagle 2002). Estos estudios han sido dirigidos con especies propias de los ecosistemas, mientras en el presente estudio el efecto debe ser más intenso, ya que son especies exóticas y cultivadas las que ejercen la herbivoría, dándose el caso de una competitividad alta sobre las locales.

Otra causa de la baja diversidad del piso C puede ser la escasa humedad, ya que los bosques secos son poco diversos y con alto porcentaje de especies endémicas (Kapelle 2001). En este estudio, las especies endémicas colectadas son muy pocas, pero esto puede deberse a la escasa exploración botánica en los bosques secos del país. El resto de grupos taxonómicos tampoco evidenció la presencia de especies endémicas, a excepción de reptiles.

El piso B tiene la altitud intermedia, la mayor heterogeneidad espacial y posiblemente por lo tanto la mayor riqueza de especies, aunque tiene una cobertura vegetal discontinua y muchas especies introducidas. La mayor heterogeneidad se debe a que en el se combinan elementos del bosque mesófilo en el estrato arbóreo, y estratos arbustivos, compuestos por géneros del bosque seco, como lo son: *Plumeria*, *Nopalea*, *Cnidoscylus* y *Nyctocereus*. Esta combinación puede deberse a que el cañón por el que baja el río funciona como un reservorio de humedad, pero al tener lecho rocoso y entorno de bosque seco, también permiten el desarrollo de las especies arbustivas arriba mencionadas.

Este sitio está muy intervenido pero en menor grado que el piso C y solamente hay unos pocos parches de vegetación natural. En la ribera son comunes los árboles de mango (*Mangifera indica*) y los árboles de Manzana rosa (*Eugenia jambos*). Estas especies posiblemente han mantenido la estructura horizontal del bosque dando refugio a especies de estratos inferiores, los cuales son aprovechados por especies de murciélagos y aves del área, de manera conjunta con componentes de la flora nativa del bosque ribereño (Valle 1997 y Valle 1999).

La alta diversidad de mamíferos menores, escarabajos coprófagos y anfibios en el piso B, se relaciona con la alta diversidad y el grado de estratificación vertical de la vegetación y por supuesto la prevaleciente humedad ambiental en la época lluviosa. Esto ha sido reportado por algunos autores para mamíferos menores (Williams y Marsh 1998, citado por Zarza 2000), escarabajos (Gill 1991) y anfibios. Para el caso del grupo aves, ésta utilizan a menudo el bosque ribereño para alimentarse y resguardarse de las horas pico de calor durante el día, sin embargo el factor que mas se puede ver afectado es el de la reproducción de ciertos orioles (*Icterus spp*), al desaparecer especies típicas ribereñas como: *Lysiloma kellermanii* Britt & Rose, *Swietenia sp*, *Astronium graveolens* Jacq., entre otras.

El bosque de pino-encino del piso A, es el que presenta mejor estado de conservación y el segundo en riqueza de especies. Según Kapelle (2001), arriba de los 1500 metros, la altitud es responsable del 75% de la pérdida de especies. Este mismo patrón fue descrito por los mamíferos menores, a pesar de que la riqueza de especies tiende a aumentar con la altitud. La riqueza de especies de la

subfamilia Scarabaeinae se ve reducida con el incremento altitudinal y se ven reemplazadas por otras subfamilias de origen Neártico (Lobo y Halffter 2000).

En el piso A, los habitantes de la zona reportan la acción destructiva del huracán Mitch, pero seguramente también existe actividad extractiva y la regeneración natural debe ser muy lenta debido a condiciones edafológicas.

Al analizar los datos de riqueza de especies, podemos observar un patrón de distribución de especies que no es un gradiente, sino un patrón de campana con su bóveda en el piso B (intermedio en altitud), mientras en los pisos A y C se da una disminución de riqueza. Podría darse una confusión en la interpretación de este patrón, ya que se puede estar observando un gradiente de intervención humana, que ocultaría la influencia de la altitud y la humedad en el comunidad original (Kappelle 2001). A lo largo de gradientes de perturbación, la riqueza de especies ha sido más alta a niveles intermedios (Connell 1978, Gox 1979, Huston 1979, Ward and Stanford 1983 citados por Pollock et. al 1998) pero, también los ríos tienden a ser más diversos y productivos en sus regiones centrales (Odum y Sarmiento, 1998).

Otra posibilidad es que mientras la intervención humana se incrementa hacia abajo, la humedad disminuye; y mientras la humedad aumenta hacia arriba y la perturbación aumenta hacia el piso A; termina en la reducción de la diversidad hacia el piso C y el piso A. En el piso B aunque de poca cubierta de árboles nativos, por el tipo de relieve (pendientes hasta del 100 %), es más difícil que se de la herbivoría por ganado, lo que junto con la mayor humedad protege a las especies del sotobosque. Los bosques ribereños de los pisos B y C, están vulnerables a la herbivoría, ya que son una franja de bosque méxico en una matriz de bosques secos en una superficie estrecha relativamente plana (CCB 1995, Redford y Fonseca 1986).

Aunque las tres zonas del estudio han sido y siguen siendo intervenidas con actividades como pastoreo, agricultura, régimen de fuegos y extracción domiciliar forestal, la parte que ha tenido mayor tiempo de recuperación es la presente en el piso A, que fue tratado con extracción forestal en los años setenta (Medinilla 1998). Las otras áreas de este estudio se encuentran actualmente más presionadas por la facilidad de acceso, con agricultura e introducción de especies exóticas, lo que afecta con mayor intensidad. Todas estas actividades son señaladas como efectos de la construcción de carreteras en los ecosistemas (Trombulad and Frissell 2000), pero pueden ser aplicadas en este caso ante la construcción de la hidroeléctrica presente en Río Hondo, Zacapa. (no entiendo la conclusión y el sentido)

7.2. CONSERVACIÓN A ESCALA DE CUENCA HIDROLÓGICA

Las características de las cuencas de ríos cambian de la cabecera a la desembocadura. No sólo aumentan anchura y caudal, sino también se modifica el

metabolismo y diversidad de especies (Odum y Sarmiento 1998). En este estudio este patrón se muestra claramente, por lo que podemos ver que las formaciones vegetales se encuentran bien definidas a nivel de especies. Esta característica actúa en conjunto con el gradiente altitudinal y de perturbación.

Las colectas realizadas en bosques adyacentes evidenciaron la importancia de los bosques ribereños como refugios ecológicos durante condiciones ambientales secas. Esto denota la gran influencia de la humedad del cauce, en la determinación del bosque ribereño (Harper y Mc.Donald 2001, Seabloom *et al.* 2001). Esta afirmación no puede ser válida para el piso A, ya que es probable que la extracción de madera en los años '70 haya afectado en gran medida al bosque ribereño original y debido a que no existen condiciones de suelo apropiadas (lecho rocoso).

En el piso C predominan especies generalistas de vegetación secundaria debido a que es el más alterado por el hombre y el reciente huracán Mitch. Solamente se encuentran especies de etapas secundarias y heliófilas, como *Muntingia calabura*, *Cecropia peltata* y *Ricinus comunis*, así como especies de la familia Cyperaceae que son favorecidas por la acción del hombre (Heywood 1978). En este sitio se encontraron regeneraciones de *Lyquidambar styraciflua*, lo que implica que puede existir dispersión de esta especie desde pisos superiores; y que el bosque ribereño provee condiciones para su germinación (Medinilla 1998). Estos resultados se respaldan con datos obtenidos de otros taxa en los que se reportaron especies indicadoras de perturbación como: *Pseudocanthos perplexus* y *Onthophagus landolti* (escarabajos coprófagos) (Cano 1998); *Bufo marinus*, *Leptodactylus melanonotus*, *Rana berlandieri* y *Bufo valliceps* (anfibios); *Miozetes similis*, *Sporophila torqueola*, *Quiscalus mexicanus* (aves) (Thiollay 1987; en Ponciano 1998).

El piso C presenta la zona más seca y urbanizada por lo que puede ser también la más frágil, y ante esto la estrecha relación con la humedad del cauce se vuelve más crítica (Marti *et al.* 2000, citado por Schade *et al.* 2001). El bosque ribereño, además de ser un hábitat para especies no adaptadas a ambientes semiáridos, puede cumplir con la función de refugio ofreciendo un hábitat alternativo a fauna durante la estación de condiciones secas (Redford & Fonseca 1986, Corbett y Rosenheim 1996, Grez y Prado 2000 y Nicholls *et al.* 2001). Durante las épocas de mayor precipitación las condiciones se uniformizan y la fauna coloniza los dos tipos de bosques, caso contrario en las épocas secas que es cuando se refugian en el bosque ribereño. En el mes de mayo, las colectas de los pisos B y C, indicaron una mayor riqueza de especies cerca del río que en los bosques secos. Los resultados de escarabajos coprófagos pueden sugerir un patrón de contracción y expansión de especies, entre la época seca y húmeda respectivamente, entre el bosque ribereño y los bosques secos vecinos.

7.3. EL BOSQUE RIBEREÑO COMO UN REFUGIO ECOLÓGICO

Las plantas acuáticas 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 sus funciones principales 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).

Las razones por las que puede haber gran diversidad en los ríos son: 1) Intensidad y frecuencia de inundaciones, 2) cambios en la vegetación debido a variaciones de suelo, topografía a pequeña escala que favorecen la colonización lateral, 3) variaciones climáticas localizadas, y 4) migración de plantas a través del río y su establecimiento aguas abajo.

Para la fauna con pocas o ninguna adaptación para sobrevivir en condiciones áridas, el bosque ribereño en conjunto con terrenos frutales y regadíos (con mayores restricciones para algunas especies), son un refugio en horas de fuerte intensidad solar y posiblemente un "corredor biológico" (Valle *et al.* 1999).

El bosque ribereño representa posiblemente un hábitat refugio durante condiciones secas y uno complementario durante condiciones húmedas. Esto puede ser más evidente en el piso C, donde las condiciones secas fueron las más extremas, seguido por el piso B, siendo el menos afectado el piso A, en donde las condiciones entre el bosque ribereño y los adyacentes son homogéneas. Las condiciones ecológicas de los tres pisos, presentan una acumulación de perturbaciones a lo largo de la historia. Estas perturbaciones han favorecido el establecimiento de especies ampliamente generalistas y resistentes a condiciones drásticas.

A pesar de ello, siempre se observó una comunidad biológica propia en cada piso. Las comunidades de cada piso demostraron una dinámica temporal y espacial independiente entre ellas pero dependiente a las condiciones climatológicas y estructurales de hábitat. En todo caso ante un evento de perturbación, como la construcción de la represa hidroeléctrica, no se puede considerar ni asegurar una recolonización de la comunidad original, atendiendo a la dinámica mencionada, sino más bien puede facilitarse una expansión en cuanto a nicho ecológico de las especies generalistas de la comunidad, quienes son las que se recuperarían con mayor rapidez, agresividad y facilidad. Esto determinaría una simplificación de la comunidad y por lo tanto una simplificación de la funcionalidad de los ecosistemas dentro de la cuenca hidrológica.

7.4. ESPECIES DE AMPLIA DISTRIBUCIÓN

Los reptiles y aves mostraron patrones de mayor cantidad de especies compartidas entre los pisos altitudinales. Las especies compartidas entre aves se refieren casi exclusivamente a migratorias y carroñeros. Algunos reptiles son de amplia distribución altitudinal, en tal sentido, no representan forzosamente un tipo de conectividad o migraciones altitudinales entre el bosque de pino-encino y el bosque seco.

Una excepción a lo registrado en esta investigación es el grupo de lagartijas del género *Sceloporus*, el cual mostró cierto traslape de especies entre pisos altitudinales. Esto se debe a la historia natural del grupo (sangre fría no dependiente de agua), a la capacidad de este género de trepar sobre rocas y a su rango amplio de distribución altitudinal.

Los escarabajos coprófagos posiblemente siguieron una migración combinada de tipo horizontal y vertical. La migración vertical se puede enmarcar dentro de un largo plazo temporal, y se pueden considerar a las comunidades de mayor altitud como un subconjunto de las comunidades de menor altitud. Este modelo puede ser distorsionado por factores como la perturbación humana y el clima, tal como se observó en este estudio. La migración horizontal, puede considerarse dentro de un plazo temporal menor, entre épocas secas y húmedas.

En el piso A, con predominancia de bosque mixto de pino encino, se detectó la presencia de dos registros de *Dendroica chrysoparia*, una especie migratoria neotropical con requerimientos ecológicos muy especializados hacia el bosque de pino encino y la diversidad de grupos de aves forrajeros de este tipo de bosque (Rappole 2001, King y Rappole 2001). La especialidad de este migratorio Neotropical y la presencia de otras aves residentes especialistas, con alta sensibilidad a perturbaciones en el hábitat, indican que, aunque el bosque presente en esta sub cuenca tiene en su mayoría una edad no superior a los 40 años, ya es capaz de mantener una productividad alta de insectos para estos grupos mixtos de aves forrajeros (Pérez 2004).

La localidad de San Lorenzo Mármol y la cuenca de estudio, han sido hasta la fecha el sitio con mayor cantidad de registros de *D. chrysoparia* en la historia (Rappole 1999, Thompson 1995). Entre los miembros de las parvadas mixtas de forrajeo de aves, con alta sensibilidad a cambios, se pueden mencionar estas especies de aves residentes: *Lepidocolaptes affinis*, *Myoborus pictus*, *M. miniatus*, *Vermivora superciliosa* y otros migratorios con menor grado de sensibilidad como: *Dendroica virens*, *Vermivora chrysoptera* y *Cardellina rufifrons* (King y Rappole 2001).

7.5. INTEGRACIÓN TAXONÓMICA

Las condiciones climatológicas parecen tener una fuerte influencia sobre la dinámica de las comunidades que se estudiaron. En el mes de agosto del 2002, se observó que las comunidades de los tres pisos se diferenciaron entre ellas, patrón que se repitió en febrero del 2003. Esto puede sugerir una similitud de las condiciones climatológicas, ya que estos dos meses fueron los de menor precipitación. La similitud de los pisos B y C en octubre del 2002 y mayo del 2003, se debió posiblemente también a las condiciones climatológicas, ya que con el aumento de humedad ambiental, puede darse una mayor dispersión de las especies y una amplitud en cuanto al uso de hábitat sin restringirse como sucedió en los meses de menor precipitación. La cercanía altitudinal de los pisos B y C permitió posiblemente el traslape de comunidades, mientras el piso A siempre fue diferente debido a su lejanía altitudinal. El factor altitudinal está relacionado con las condiciones climatológicas, por lo que es posible relacionar esto con la respuesta de las comunidades (ver dendrogramas).

VIII. CONCLUSIONES

Las tendencias indican poca relación altitudinal de comunidades de especies. Es probable que la topografía de la cuenca (cañones y depresiones abruptas), el aprovechamiento forestal de hace 30 años en el bosque pino encino y los efectos del pasado huracán Mitch, hayan contribuido a acentuar este patrón. Por otra parte, puede que en la escala de tiempo geológica se de el proceso de recolonización vertical, y en una escala menor de tiempo, la recolonización horizontal.

Los resultados de los muestreos de diversidad biológica en época lluviosa y seca, muestran tendencias similares. Las comunidades en el gradiente altitudinal son similares entre escarabajos coprófagos, aves, anfibios y mamíferos menores.

El bosque ribereño en la heterogeneidad espacial, es un hábitat complementario para el uso de la fauna local en condiciones húmedas; y un refugio durante condiciones secas. En la determinación de la condición del bosque ribereño como hábitat complementario y/o refugio, deben considerarse el clima, la altitud, la geomorfología, los regímenes de perturbación y la estacionalidad. La función del bosque ribereño es importante para la conservación de la diversidad biológica a lo largo de toda la subcuenca del río Colorado en la cuenca de río Hondo.

En el bosque seco, el taxón de aves presenta una clara diferencia entre la comunidad del bosque ribereño y las presentes en el bosque seco. Esto confirma la importancia que los bosques ribereños en ambientes áridos para la conservación de la diversidad local, sin adaptaciones para sobrevivir en ambientes áridos (Redford y Fonseca 1986).

Aunque el bosque de pino encino del área de estudio no supera los 40 años, presenta una vegetación con productividad alta (insectos) y mantenimiento de una diversidad representativa de aves de grupos mixtos de forrajeo, similar a la de bosques de pino encino más maduros. Sobresale la presencia del migratorio neotropical en peligro de extinción: *Dendroica chrysoparia*, y las aves residentes con alta sensibilidad a cambios en el hábitat: *Lepidocolaptes affinis*, *Myoborus pictus*, *M. miniatus* y *Vermivora superciliosa*

Es importante resaltar que la mayor parte de los macroinvertebrados acuáticos, incluyen insectos del orden Ephemeroptera, con las familias: Baetidae, Leptophlebiidae y Tricorythidae. Estas familias viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, por lo que indican la buena calidad del agua.

En la zona de influencia del proyecto (Río Hondo), el bosque ribereño y la cantidad en el caudal proporcionan un espacio para el descanso, recreación y el encuentro con la naturaleza de los ciudadanos.

Es importante reconocer la magnitud y la importancia de los ecosistemas ribereños en esta localidad de estudio: a) Su relación con el mantenimiento de la diversidad terrestre y acuática, b) los efectos del uso por parte de pobladores (agua potable, regadíos). Las comunidades humanas han impactado el ecosistema ribereño original con regadíos tradicionales de frutales o policultivos (e.g. mango, naranja, marañón, banano, chicozapote, etc) y cultivos anuales. Sin embargo, tendencias actuales se inclinan hacia el cultivo extensivo de mango para exportación ("Tommy"), limón y tabaco.

IX. RECOMENDACIONES

9.1. INDICADORES PARA EL MONITOREO Y JUSTIFICACIÓN POR TAXA

Se recomienda evaluar los efectos del proyecto hidroeléctrico por medio del monitoreo biológico a largo plazo de los siguiente taxas: vegetación, anfibios y macroinvertebrados acuáticos.

La vegetación es un indicador directo de las intervenciones, ya que esta desaparece en diferentes grados según la magnitud de la intervención. La etapa sucesional también puede indicarnos la edad de la perturbación. Los anfibios y los macroinvertebrados acuáticos se utilizan como indicadores, debido a su sensibilidad a los cambios de la calidad del agua.

Especies de anfibios como los sapos: *Bufo marinus* y *B. valliceps*, nos indican hábitats perturbados (piso A y B). Otras especies, como la rana *Ptichohyla spinipolex* indican una buena condición del bosque. Los anfibios responderan más rápido a las bajas en el caudal mostrando disminución de sus poblaciones. Ya que la distribución de anfibios esta restringida por la disponibilidad de sitios apropiados de reproducción, todas las especies son altamente sensibles a cambios en la presencia y/o distribución de pozas en el río y la ribera (donde localizan estas pozas? C, B o A?). Al desaparecer estos pequeños cuerpos de agua, aumenta la posibilidad de muerte de tepocates y depredación. Por todo lo anterior los anfibios son sensibles a las perturbaciones esperadas de la hidroeléctrica. Por lo mismo es importante su monitoreo periódico.

Respecto a los macroinvertebrados acuáticos se recomienda calcular el índice EPT /C (Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera dividido Chironomidae). La relación EPT/Chironomidae es un indicador del balance de la comunidad. Los miembros de los ordenes Ephemeroptera (mayflies), Plecoptera (stoneflies) y Tricoptera (caddisflies) son organismos indicadores de buena calidad de agua. Los chiromidae (midges) son menos sensitivos y sus poblaciones aumentan en presencia de contaminación orgánica y alta sedimentación. Un número alto de larvas de chironomidae en relación a taxas más sensibles indica alto estrés ambiental. Un valor bajo (entre 0-1) de EPT/C esta asociado con mala calidad de agua.

a) Temporalidad

Se recomienda hacer el primer muestreo durante la construcción de la represa, el segundo dos años después y luego monitorear cada 5 años.

b) Capacidad técnica necesaria

El monitoreo de vegetación y anfibios debe ser realizado por personal técnico entrenado en técnicas estandarizadas de monitoreo biológico. Se sugiere que sean graduados universitarios en ciencias de la vida (biólogos) y/o agrónomos. La

colecta de los macroinvertebrados acuáticos puede ser realizado por personal técnico debidamente entrenado por los biólogos, sin embargo la identificación de los especímenes en el laboratorio debe ser supervisada por un experto.

c) Metodología

Los métodos y sitios de muestreo deben ser los mismos que los utilizados durante la elaboración de esta línea base (ver sección de métodos). Esto es necesario para poder realizar comparaciones estadísticamente significativa sobre la riqueza de especies del taxa de interés y la abundancia relativa de cada una de las especies por sitio.

9.2. RECOMENDACIONES DE MANEJO

a) Medidas sugeridas de mitigación

Se sugiere que la compensación por pérdida de formación vegetal y la alteración de los hábitat para fauna terrestre se realice de dos maneras:

- A través del establecimiento de una zona de protección ecológica o reserva natural privada de la empresa. Esta reserva debe contener al menos una riqueza de especies similar a la de la línea de base y deberá mantenerse durante toda la vida útil del proyecto, y/o
- El pago directo de actividades de conservación en la parte alta de la cuenca (zona núcleo de la RBSM).

Se recomienda aprovechar la madera de los árboles que se encuentran en el área de la represa. Además los individuos de tillandsia que se encuentren pueden usarse como pie de cría para un vivero de producción para exportación.

Puede aplicarse las siguientes medidas, para la mitigación de los efectos de los impactos mencionados anteriormente (Cuadro 5) .

El cierre de acceso al público es especialmente importante para disminuir la presión de extracción y cacería sobre especies con valor comercial, por ejemplo todas las tillandsias, la iguana verde (*Iguana iguana*), la iguana negra (*Ctenosauria palearis*) y la tortuga (*Rhinoclemys pulcherrima*). Esta última tiende a permanecer en las posas temporales que se forman en la carretera luego de las lluvias por lo que suelen ser atropelladas por los camiones, además de ser colectadas para venta como mascotas en la ciudad de Guatemala (comunicación personal Michael Dix, 2005).

En todo el bosque de galería o ribereño se recomienda sustituir la flora exótica, ya que estas pueden ser una barrera permanente para el establecimiento de la flora local (Johnstone, 1986 citado por Seabloom, 2001), además es más fácil alcanzar etapas maduras si hay suficientes propágulos y no hay plantas exóticas.

Cuadro 5 Medidas de mitigación sugeridas para los impactos identificados

Impactos	Medidas de mitigación sugeridas
<i>a) Impactos fase de construcción</i>	
Acondicionamiento o apertura accesos	Aprovechamiento de caminos existentes en la ruta a Santa Rosalía – San Lorenzo.
Construcción de infraestructura	Plantación de árboles y arbustos nativos, en los alrededores.
Aumento de la presión humana sobre especies sujetas a extracción comercial (Tillandsias, fauna cinegética, etc)	Cierre de accesos al público.
<i>b) Impactos fase de funcionamiento</i>	
Barrera a los desplazamientos	Instalación de pasos para peces y otras especies (en 1000 metros de caída?) algo como puentecitos para las lagatijas?
Perdida de bosque ribereño o de galería	Revegetación de orillas con especies nativas y que favorezcan a la fauna (como <i>Ficus</i> sp) y disminución radical del pastoreo (ganado). En tierras de la empresa es posible, en tierra sde los lugareños, imposible.
Mortalidad de peces en las turbinas	Instalación de dispositivos que eviten la entrada de peces
Modificación caudales aguas abajo	Minimización de la variación del caudal en el tiempo, por buen manejo presa de re regulación
Retirada de sedimentos finos	Retirada en estiaje, Deposición alejada del cauce

b) Producción de Agua y diversidad biológica:

La producción de agua esta más directamente relacionada a las cabeceras de cuenca. En este sentido, se recomienda la reforestación a través del PINFOR de los parches localizados en la subcuenca del río Colorado (Ver mapa adjunto) debido a que este caudal unido al de la Virgen y Agua Fría produce el 87% del agua para producción eléctrica y regadíos aguas abajo. El área estimada a reforestar en la subcuenca es de 3.1 Km² equivalente a 310 Ha.

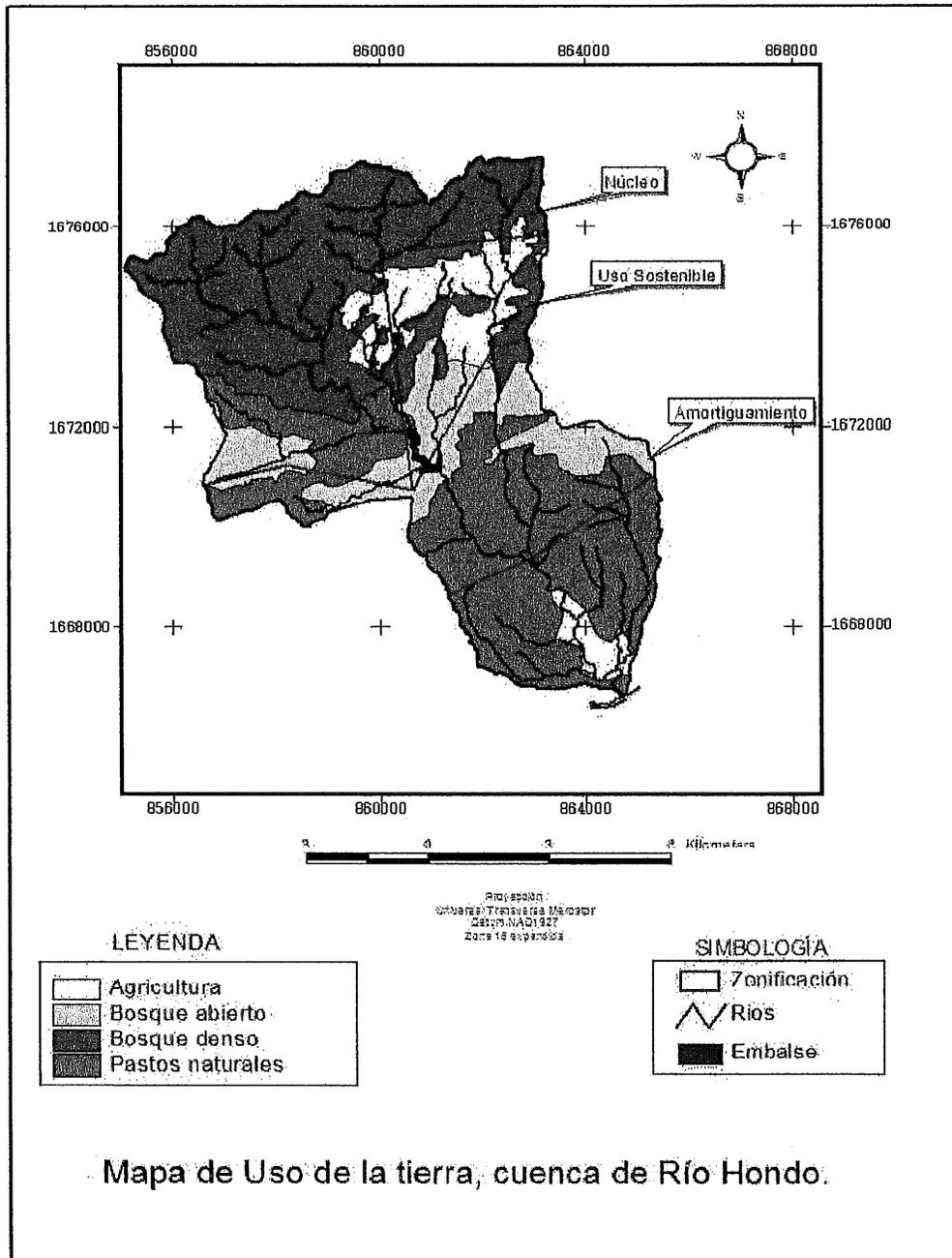


Figura 7 Localización de áreas para de reforestación, con base en mapa de uso de la tierra.

c) Caudal Mínimo de Conservación - Vegetación ribereña

Las necesidades hídricas de carácter ambiental deben ser consideradas como condicionantes previas, es decir, los recursos hídricos disponibles deberían ser cuantificados, una vez descontados los necesarios para mantener hasta donde sea posible, las funciones ambientales del agua con la vegetación, tanto en cantidad como en calidad.

Tomando en cuenta estudios y experiencias anteriores en otros países, se recomienda un estudio sobre el caudal mínimo de conservación (CMC) descendente (para evaluar puntos críticos resilientes) de 15 años (15% de vida útil de proyectos hidroeléctricos) para evaluar los efectos de caudal sobre la diversidad. Este estudio se debe comenzar en el año 2006, independientemente de la fecha de inicio de la construcción. La idea es determinar sitios de monitoreo, frecuencia de muestras y análisis y decisión sobre demás recomendaciones emanadas del presente estudio.

La constancia del caudal y la imitación de los ciclos naturales a lo largo de todo el año podrían causar el menor impacto en la pérdida de especies vegetales. Quebradas con poco caudal promedio como la del Bejucal (0.23 m³/seg), mantienen una vegetación ribereña rica en la cabecera de cuenca y en tramos con caudal intermitente y constante. Para acelerar procesos de restauración, se debe poseer conocimiento del suelo de quebradas, condiciones de humedad, estructura de la vegetación y modelos de sucesión vegetal.

Es importante y básica la protección estricta de los bosques ribereños y su recuperación allí donde hayan sido eliminados, por sus múltiples funciones ecológicas, ambientales y sociales, entre las que se incluyen la conservación de la biodiversidad, la depuración natural de las aguas, y el contraste ambiental en entornos semiáridos.

Se recomienda que el caudal mínimo de conservación aprobado sea medido por equipo automático especializado y los datos sean enviados a una oficina independiente que recopile y analice la información. Esto es importante para asegurar la liberación continua del caudal aprobado.

d) Manejo y conservación de la cuenca

Dadas las condiciones actuales y la tendencia en el cambio de uso de la tierra, incendios forestales, avance de la frontera agrícola, posibles catástrofes naturales (huracanes, deslaves etc) y; tomando en cuenta que este es un proyecto a largo plazo, se sugiere:

- Manejar y/o conservar en principio micro cuencas con alto potencial de producir mayor cantidad de agua (87%), dentro de ellas y en orden de prioridad están las cuencas: Agua fría, Hondo, Bejucal y Virgen.
- Reforestar todas las áreas que carecen de cobertura boscosa actualmente. Esto con el fin de evitar asolvamientos e incrementar el nivel actual de producción y retención de agua a nivel de subcuenca. Para el efecto, se encuentra alrededor de 310 Ha en microcuenca de río Colorado (ver figura # 5, mapa de uso de suelo). Lo anterior es para mantener y mejorar las condiciones de la cuenca, luego del funcionamiento de presa. En primer lugar, asegurar la productividad de agua para generación como opción paralela a la de proveer agua a usuarios de riego.
- Dentro del contexto actual de la subcuenca es muy importante mejorar las condiciones con inversión a largo plazo. Las razones son:
 - Se tiene un alto potencial de producir agua debido a que es la segunda en área de captación en relación a toda la cuenca, posee buen promedio de pendiente y buena forma.
 - Funcionaría como un proveedor hacia la presa de distribución, de uso para riego de cultivos.
 - Sería un buen afluente al caudal ecológico y mejoraría las condiciones del bosque ribereño, y la diversidad que éste mantiene.
- A corto plazo se proponen dos alternativas, ya discutidas en la sección de caudal ecológico – vegetación:
 - Esperar el proceso de regeneración natural hasta que llegue a condiciones de vegetación de quebradas, acompañado de reducción paulatina de caudales o,
 - Favorecer artificialmente por medio de ensayos el establecimiento de vegetación típica de quebradas. Se observa que tanto en bosque de pino encino como en bosque de condiciones áridas, las quebradas mantienen su estructura y composición de vegetación con solo tener agua durante el invierno.

Como recomendación de salud pública es importante avisar a la municipalidad que el agua del río no es adecuada para consumo humano. El alcalde es responsable de alertar a la comunidad sobre las condiciones sanitarias del agua proveniente de la subcuenca del Río Colorado especialmente aquellas comunidades que utilizan agua luego de la comunidad de Panaluya (fuente contaminante) para que éstos usuarios no la consuman a menos que reciba un tratamiento previo. Este tratamiento debe asegurar la exterminación de bacterias, coliformes totales y fecales, así como *E. coli*.

e) Recomendaciones de restauración:

Los diversos procesos de restauración de la cuenca, requieren de un manejo integral con el objetivo de lograr conectividad y variabilidad, sobre todo a lo largo y ancho del sistema fluvial. Se requiere planificación detallada sobre la situación de cobertura forestal y la situación de la fauna asociada al cauce del río.

El presente trabajo aportó en relación a un conocimiento preliminar de la historia de la vegetación y de la vegetación de referencia. Falta profundizar en estos temas e iniciar el estudio de los grupos funcionales.

En toda el bosque ribereño se recomienda sustituir la cubierta de flora exótica, ya que estas pueden ser una barrera permanente para el establecimiento de la flora local (Johnstone 1986 citado por Seabloom 2001), además es mas fácil alcanzar etapas maduras, si hay suficientes propágulos y no hay plantas exóticas (Seabloom 2001). Las especies exóticas pueden sustituirse por especies propias de la cuenca y de cada piso altitudinal. Estas especies pueden encontrarse en los listados de especies de este estudio. Otra medida importante es proteger el bosque ribereño del pastoreo por ganadería.

X. BIBLIOGRAFÍA.

Arrojo, P. 1998. Análisis Integral de la cuenca del Río Segura, España. Profesor titular del Departamento de Análisis Económico de la Universidad de Zaragoza, España.

Andersen A. 1997. Using Ants as bioindicators: Múltiple issues in Ant community ecology. *Conservation ecology (on line)* 1 (1): 8.

August, P. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64(6).

Baeza, D y García de Jalón. 2001. Caracterización del Régimen de Caudales en 16 ríos de la Cuenca del Tajo atendiendo criterios biológicos. *Limnetica*.

Goldsmith E, Hildyard N. 1984. The social and Environmental Effects of Large Dams. Artículos encontrados en Internet. Library of congress Cataloging in Publication data.

González-Romero A. 1995. Cambios en la composición de las comunidades de roedores en relación a los tipos de vegetación y geomorfología en el Pinacate, Sonora, México. *Acta Zoológica Mexicana* 64:45-48.

Kalliola R., J. Salo, M. Puhaka and M. Rajasita. 1992. New site formation and colonizing vegetation mosaicism: a case study of the Fiver Kamajonka, northernmost Finland. *Journal of Biogeography* 15:703-719.

Naiman R., Decapms H & Pollock M. 1993. The role of riparian Corridors in Maintaining Regional biodiversity. *Ecological Application* 3(2) 209-212.

Readeke. K. editor. 1989. Streamside mangement: riparian wildlife and forestry interactions. Contribution number 59. Institute of Forest Resources. University of Washington, USA.

Reid, F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast México. Oxford University Press.

Redford H., & G. Fonseca. 1986. the role of gallery forest in the zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica* 18(2):126-135.

Pellecer Zelada, Benigno de Jesús. 1994. Aprovechameitno de los Recursos Hidráulicos de la cuenca del río María Linda para energía eléctrica. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Instituto Geográfico Nacional-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Sismología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH. 2004. Estaciones Meteorológicas.

Instituto Geográfico Nacional. 1973. Estudio Hidrológico Básico, Cuenca del Río Suchiáte 1973, Departamento de Agua Superficial. División de Investigación de Recursos de Agua. Instituto Geográfico Nacional.

Linsley Ray y Franzini Joseph B. 1967. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. Primera Edición en Español, Compañía Editorial Continental S.A.

Instituto Geográfico Nacional. 1975 Estudio Morfométrico de la cuenca del río Ocosito. Departamento de Aguas superficial. División de investigación de Recursos de Agua. IGN.

Pellecer Meza, Axel Conrado. Obtención de curvas de duración de caudales mediante el índice de variabilidad. Aplicación a Cuencas de Guatemala. Tesis de Grado Facultad de Ingeniería. USAC.-IGN 1968

Remeiras G. 1971. Tratado de Hidrología Aplicada Primera edición en español, editores asociados S.A. Barcelona.

Proyecto hidrometeorológico. 1970. Estudios hidrológicos, manual de instrucciones, publicación No. 70 Proyecto hidrometeorológico Centroamericano, San José, Costa Rica.

Bastarrechea Diaz, M. 1978. Inventario de modelos matemáticos en hidrología y recursos hídricos. Tesis Mag. Sc. Recursos Hidráulicos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. 213p.

Danish Hydraulic Institute. 1993. Mike 11; un microcomputador para modelar sistemas de rios y canales. Horsholm, Dinamarca. P. 4.

Herrar Ibáñez I. R. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 223 p.

Savenije, H. H. G. 1995. Hidrología para ingenieros. En curso Nacional de Drenaje Agrícola y Control de Inundación a Nivel de Postgrado. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 72 p.

Estudio Integral de los Recursos Hídricos. 1978 cuenca del río Ocosito. Departamento de aguas superficial división de investigación de recurso agua IGNE MINISTERIO DE COMUNICACIONES

Instituto Geográfico Nacional. 1983. Hoja topográfica de Río Hondo escala 1/50,000 Código 2261 I.

Instituto Geográfico Nacional. Mapa geológico de Río Hondo escala 1/50,000
Código 2261 IG.

Instituto Geográfico Nacional Mapa uso potencial de Río Hondo escala 1/50,000
Código 2261 IUP.

Simulación Hidrológica con el modelo MIKE 11 modelo HVB. 1993. Escuela
Regional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad de San
Carlos de Guatemala.

Mapas temáticos digitales y memoria técnica. 2000. Información sobre los mapas
temáticos y sus memorias técnicas. Estudios para la Reducción de Desastres del
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. ESPREDE-MAGA.

Estudio hidrológico, cuenca del río Itzapa. 1998. Facultad de Agronomía,
Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Estudio hidrológico, cuenca del río Ocosito. 1978. Instituto Geográfico Militar,
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

www.aguabolivia.org/ExportacionbAguas/Caudal_Eco.htm;
www.geocities.com/Yosemite/Falls/2740/ecologico.htm#caudal

Comunicaciones personales

Pedro Ríos, United States Forest Service, Puerto Rico. príos@usfs.gov

Michael Dix, Fundación de la Universidad del Valle de Guatemala.
mdix@uvg.edu.gt.

XI. GLOSARIO

<u>Bosque de galería</u>	se refiere a la vegetación arbórea, flotante acuática y semi acuática que crece a orillas del cauce de ríos y riachuelos. Sinónimo de bosque de galería o vegetación ribereña.
<u>Cañón</u>	Forma de la superficie terrestre que se caracteriza por presentar mayor altitud que base.
<u>Diversidad ecológica</u>	Conjunto que incluye una alta variedad de especies, interacciones tipos de hábitat, microclimas y formas topográficas.
<u>Ensamble</u>	Grupo de especies que se presentan en un tiempo y en un espacio de forma constante
<u>Especialista</u>	se llaman así a ciertos especímenes que necesitan condiciones de hábitat, ambiente ó condición para sobrevivir. Ejemplo El pavo de cacho es un ave especialista de bosques nubosos y se alimenta específicamente de los frutos y brotes de ciertas plantas
<u>Función ecológica</u>	Papel que desempeña en el ecosistema algún nivel de organización biológico, desde especie hasta comunidad.
<u>Generalista</u>	se llaman así a especímenes que no son tan exigentes en cuanto a las condiciones del hábitat debido a que pueden variar su dieta o requerimientos ecológicos dependiendo de las condiciones que prevalezcan.
<u>Migración altitudinales</u>	movimiento ascendente en altura sobre el nivel del mar observado en muchos vertebrados, atribuido generalmente a búsqueda de alimento que varía temporalmente como: frutos, polen, insectos.
<u>Migración latitudinal</u>	movimiento que hacen las aves desde latitudes norte y sur durante el invierno hacia tierras tropicales y Neotropicales. Se llaman aves migratorias de invierno, azacuanes, etc.
<u>Scarabaeinae</u>	Escarabajos coprófagos descomponedores de materia orgánica principalmente de excremento de mamíferos, sensibles a cambios en la estructura de la cobertura vegetal.
<u>Taxa</u>	grupo de individuos clasificados por poseer características generales similares, ejemplo el taxa de vegetación, el taxa de aves, etc

Estrato / Localidad	Sitio de muestreo							Total Sitio muestreo	Total general
Especie	c. maquinas	Cañada	Motagua	Panaluya	Pino-encino	q. la cruz	q. marmolera		
Fabaceae						1		1	1
<i>Fabaceae arbolón</i>				1				1	1
<i>Ficus</i>	1		2					3	3
<i>Ficus</i>	1							1	1
<i>Ficus sp</i>	1							1	1
<i>Glericidia</i>	1							1	1
<i>Guasuma</i>	1							1	1
<i>Guayacum</i>		1						1	1
<i>Guayacum coulteri</i>			1					1	1
Guite					6			6	6
<i>Haematoxilon brasilensis</i>				11				11	11
<i>Haematoxilon brasilensis</i>				4				4	4
<i>Hematoxylum brasileto</i>						1		1	1
<i>Inga sp.</i>				1				1	1
Jobillo	6							6	6
<i>Juliana astringens</i>			1					1	1
Mango	2							2	2
<i>Mimosa zacapana</i>	1							1	1
Mimosaceae	1					1		2	2
Morro						1		1	1
<i>Muntingia</i>			4					4	4
<i>Muntingia calabura</i>	2			8				10	10
<i>Oreopanax</i>							1	1	1
Palma				2	8			10	10
Pino					124			124	124
<i>Pitecoelobium dulcis</i>			4					4	4
<i>Plumeria</i>	1	1						2	2
<i>Quercus peduncularis</i>							1	1	1
Randia 2	1							1	1
Rubiaceae			1					1	1
<i>Rubiaceae buxa</i>						1		1	1
Salís			9					9	9
Sanravia					1			1	1
Sapindaceae	2							2	2
Sapotaceae	1							1	1
<i>Sebastianilla</i>	1							1	1
<i>Simarouba glauca</i>	1							1	1
<i>Spondias mombin</i>	1							1	1
<i>Thevetia sp</i>						1		1	1
<i>Vitex</i>	1							1	1
Zapotillo					1			1	1
(vacías)									
Total general	69	23	25	44	191	9	2	363	363

Cuadro 2. Tablas de presencia y abundancia de mamíferos menores no voladores y dendrogramas de similitud entre los sitios muestreados de cada uno de los 4 muestreos realizados.

Especie	Lugar						Total
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	
<i>Heteromys desmarestianus</i>	0	0	3	0	0	0	3
<i>Liomys salvini</i>	0	0	0	3	0	2	5
<i>Otodylomys phyllotis</i>	0	0	1	1	0	0	2
<i>Peromyscus aztecus</i>	5	1	0	0	0	0	6
<i>Peromyscus levipes</i>	0	0	2	3	0	0	5
<i>Sigmodon hispidus</i>	0	2	0	0	0	0	2
Total	5	3	6	7	0	2	23

Se muestran la presencia y abundancia de las especies de mamíferos menores no voladores del cuarto muestreo (mayo 2003) tanto para cada lugar como en cada unidad muestral. El lugar A, representa la parte alta de la cuenca del Río Colorado (aprox. 1700 msnm.) , el lugar B, representa la parte de la cuenca del mismo río a un altura de aprox. 700 msnm.; y el lugar " C" representa la parte baja de la cuenca (aprox. 200 msnm.)

Cuadro 3. Lista de especies de aves observadas durante el trabajo de campo. El cuadro incluye información de dieta y sensibilidad a perturbaciones en el hábitat.

LEYENDA Col. 1: I=Insectívoro; GR= granívoro; FR= frugívoro; N= nectarívoro; CA= carnívoro; O=onívoro

LEYENDA Col. 2: A= alta; M= mediana; B= baja

LEYENDA Col. 3: T= terrestre; U= sotobosque; M= nivel medio de copas; C= copas; W= agua; A= aéreo

Nombre científico	Dieta	Sensibilidad al hábitat	Estrato forrajero
<i>Actitis macularia</i>	CA	B	T/W
<i>Amazilia c. cyanocephala</i>	N	M	M/C
<i>Amazilia rutila</i>	N	B	U/C
<i>Aphelocoma unicolor unicolor</i>	O	M	C
<i>Aratinga canicularis eburnirostrum</i>	FR	B	C
<i>Boloborhynchus l. lineola</i>	FR	A	T/C
<i>Bubulcus ibis</i>	CA	B	T/A
<i>Buteo nitidus plagiatus</i>	CA	M	C
<i>Campylorhynchus zonatus restrictus</i>	I	B	M/L
<i>Campylorhynchus sp</i>	I		
<i>Calocitta formosa</i>	I	M	C
<i>Casmerodius albus</i>	CA		T/W
<i>Cathartes a. aura</i>	C	B	T/A
<i>Cyanocorax melanocyanea</i>	O	M	C
<i>Colaptes auratus mexicanoides</i>	I	B	T/C
<i>Columbina inca</i>	GR,FR	B	T
<i>Columbina minuta interrupta</i>	GR,FR	B	T
<i>Columbina talpacoti</i>	GR,FR	B	T
<i>Contopus cinereus</i>	I	M	C
<i>Contopus pertinax</i>	I	M	M
<i>Coragyps atratus</i>	C	B	T/A
<i>Chloroceryle americana</i>	CA	B	W
<i>Chlorostilbon canivetti</i>	N	A	U/M
<i>Chipe</i>	I		
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	O	B	T/U
<i>Dendroica chrysoparia</i>	I	A	C
<i>Dendroica coronata</i>	I	B	T/C
<i>Dendroica dominica</i>	I	M	C
<i>Dendroica graciae</i>	I	B	C
<i>Dendroica occidentalis</i>	I	B	C
<i>Dendroica petechia</i>	I	B	U/C
<i>Dendroica towsendi</i>	I	B	C
<i>Dendroica virens</i>	I	M	C
<i>Dives dives</i>	FR,I	B	U/C
<i>Egretta thula</i>	CA	B	W
<i>Empidonax affinis</i>	I	A	A/C
<i>Empidonax albigularis</i>	I	B	A/C
<i>Empidonax minimus</i>	I	B	A/C
<i>Empidonax traillii</i>	I	B	A/C
<i>Eumomota s. superciliosa</i>	N,CA,FR	B	U/M
<i>Euphonia affinis</i>	I	B	C

Nombre científico	Dieta	Sensibilidad al habitat	Estrato forrajero
<i>Passerina caerulea</i>	GR,FR	B	C
<i>Basilinna l.leucotis</i>	N,I	B	U
<i>Icterus chrysater</i>	FR,I	B	C
<i>Icterus galbula</i>	FR,I	B	C
<i>Icterus gularis</i>	FR,I	B	C
<i>Icterus pectoralis</i>	FR,N	M	C
<i>Icterus pustulatus alticola*</i>	FR,N	M	C
<i>Icterus spurius</i>	FR,I	M	C
<i>Lepidocolaptes a. affinis</i>	I	M	M
<i>Leptotila verreauxi</i>	GR,FR	B	T/U
<i>Megarhynchus pitanga mexicanus</i>	I	B	C
<i>Melanerpes aurifrons</i>	I	B	M/C
<i>Melanerpes formicivorus</i>	GR,I	B	M/C
<i>Mniotilta varia</i>	I	B	U/M
<i>Myadestes occidentalis</i>	I	A	M/C
<i>Myarchus tyrannulus</i>	I	B	M/C
<i>Myarchus tuberculifer</i>	I	B	M/C
<i>Myiozetetes similis</i>	I	B	M/C
<i>Myoborus m. miniatus</i>	I	M	M/C
<i>Myoborus pictus</i>	I	M	U/M
<i>Pachyrampus aglaiae sumichrasti</i>	I	B	M/C
<i>Peucedramus taeniatus</i>	I	A	C
<i>Picoides scalaris</i>	I		M
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	GR,FR	B	T/M
<i>Piaya cayana</i>	I	B	T/M
<i>Piranga flava</i>	GR,FR	M	C
<i>Piranga rubra</i>	FR,I	B	C
<i>Pitangus sulphuratus derbianus</i>	I	B	A/C
<i>Polioptila albiloris</i>	I	M	M/C
<i>Quiscalus mexicanus</i>	O	B	T/C
<i>Saltator caerulescens grandis</i>	GR,FR	B	U/M
<i>Sayornis nigricans</i>	I	B	T/C
<i>Sporophila torqueola moreletti</i>	GR	B	U
<i>Vermivora peregrina</i>	I	B	M/C
<i>Thraupis episcopus cana</i>	FR,I	B	C
<i>Turdus grayi</i>	FR,I	M	U/M
<i>Tyrannus melancholicus</i>	I	B	A/C
<i>Vermivora chrysoptera</i>	I	M	C
<i>Vermivora superciliosa</i>	I	M	C
<i>Vermivora ruficapilla</i>	I	B	M/C
<i>Vireo solitarius</i>	I	B	C
<i>Wilsonia pusilla</i>	I	B	U/C
<i>Trogon m. mexicanus</i>	FR	M	M/C
<i>Semillero</i>	GR,FR		T/U
<i>Zenaida asiatica</i>	GR,FR	B	M/C
Número total de especies	85		

Cuadro 4. Especies de aves observadas durante los muestreos de campo, incluye nombres comunes y descripción de hábitat.

Leyenda: PEH= en peligro de extinción habita tierras altas pino encino; HPE= Habitat preferible pino encino; ERH*= endémico regional de tierras altas, Habita especialmente tierras altas de pino-encino. Mex= México, Gro= Guerrero, Chis= Chiapas, Gua= Guatemala, Hon= Honduras, Nica= Nicaragua.

Taxonomía y datos sobre distribución basados en Howell & Webb (1995).

* Control, incluye transectos bastante alejados de áreas de impacto por construcción de hidroeléctrica.

Nombre científico	Nombre Común en Ingles - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				1	2	2			
				A1 / B 1	A2	Control* A3			
<i>Actitis macularia</i>	Spotted sandpiper	M		0	0	0	2	0	0
<i>Amazilia c. cyanocephala</i>	Azure-crowned Hummingbird	R	ERH* Mex-Honduras	1	1	3	0	0	0
<i>Amazilia rutila</i>	Cinnamon Hummingbird	R		0	0	0	0	2	2
<i>Aphelocoma unicolor unicolor</i>	Unicolored Jay	R	ERH* Mex-Honduras	0	7	5	0	0	0
<i>Aratinga canicularis eburnirostrum</i>	Ornange-fronted Parakeet	R		0	0	0	0	2	2
<i>Boloborhynchus l. lineola</i>	Barred Parakeet	R	Bosque nuboso	23	8	6	0	0	0
<i>Bubulcus ibis</i>	Cattle Egret	R		0	0	0	0	1	0
<i>Buteo nitidus plagiatus</i>	Grey Hawk	R		0	0	0	0	1	0
<i>Campylorhynchus zonatus restrictus</i>	Band-backed Wren	R		2	3	0	0	0	0

Nombre científico	Nombre Común en Inglés - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				1	2	2			
<i>Campylorhynchus sp</i>		R		0	0	0	0	0	1
<i>Calocitta formosa</i>	White-throated Magpie-Jay	R		0	0	0	0	12	1
<i>Casmerodius albus</i>	Great Egret	M		0	0	0	1	0	0
<i>Cathartes a. aura</i>	Turkey Vulture	R		0	0	0	0	3	3
<i>Cyanocorax melanocyanea</i>	Bushy-crested jay	R	ERH* Gua-Nica	1	1	22	0	0	0
<i>Colaptes auratus mexicanoides</i>	Northern Flicker	R		1	1	4	0	0	0
<i>Columbina inca</i>	Inca Dove	R		0	0	0	17	5	0
<i>Columbina minuta interrupta</i>	Plain-breasted Common-ground Dove	R		0	0	0	14	0	0
<i>Columbina talpacoti</i>	Ruddy Ground Dove	R		0	0	0	0	0	0
<i>Contopus cinereus</i>	Tropical Pewee	R		0	1	1	0	0	5
<i>Contopus pertinax</i>	Greater Pewee	R		1	1	1	0	0	1
<i>Coragyps atratus</i>	Black Vulture	R		0	0	0	13	2	0
<i>Chloroceryle americana</i>	Green Kingfisher	R		0	0	0	0	2	0
<i>Chlorostilbon canivetti</i>	Canivet's Emerald	R	ERH* Mex-Honduras	0	0	0	0	0	2
<i>Chipe</i>		M		0	0	0	0	0	4
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Groove-billed Ani	R		0	0	0	2	0	0
<i>Dendroica chrysoparia</i>	Golden-cheeked Warbler	M	PEH*	0	0	1	0	0	0

Nombre científico	Nombre Común en Inglés - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				A1 / B 1	A2	Control* A3			
<i>Dendroica coronata</i>	Yellow-rumped Warbler (Auduboni's group)	R?	Anida en Sierra?	0	0	25	0	0	0
<i>Dendroica dominica</i>	Yellow-throated Warbler	M		0	3	0	0	0	0
<i>Dendroica graciae</i>	Grace's Warbler	M		0	6	2	0	0	0
<i>Dendroica occidentalis</i>	Hermit Warbler	M		0	11	2	0	0	0
<i>Dendroica petechia</i>	Yellow Warbler	M		0	0	0	4	0	0
<i>Dendroica towsendi</i>	Towson's Warbler	M		2	0	2	0	0	1
<i>Dendroica virens</i>	Black-throated Green Warbler	M		1	1	0	0	0	1
<i>Dives dives</i>	Melodius Black Bird	R		0	0	0	23	9	0
<i>Egretta thula</i>	Snowy Egret	R/M		0	0	0	2	1	0
<i>Empidonax affinis</i>	Pine Flycatcher	R	ERH* Mex-Gua						
<i>Empidonax albigularis</i>	White throated Flycatcher	R		0	0	0	0	0	3
<i>Empidonax minimus</i>	Least Flycatcher	M		1	0	0	0	0	0
<i>Empidonax traillii</i>	Willow Flycatcher	M		0	0	1	0	0	0
<i>Eumomota s. superciliosa</i>	Turquoise-Browed Motmot	R		0	0	0	1	0	2
<i>Euphonia affinis</i>	Scrub Euphonia	R		0	0	0	1	0	0
<i>Passerina caerulea</i>	Blue Grosbeak	R		0	0	0	2	0	0
<i>Basilinna l. leucotis</i>	White-eared Hummingbird	R	ERH* Mex-Nica	10	10	8	0	0	0

Nombre científico	Nombre Común en Inglés - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				A1 / B 1	A2	Control* A3			
<i>Icterus chrysater</i>	Yellow-backed Oriole	R		0	1	3	1	0	1
<i>Icterus galbula</i>	Baltimore Oriole	M		0	0	0	5	2	0
<i>Icterus gularis</i>	Altamira Oriole	R		6	0	0	2	0	0
<i>Icterus pectoralis</i>	Spot-breasted Oriole	R		0	0	0	0	1	0
<i>Icterus pustulatus alticola*</i>	Streak-backed Oriole	R	Sub especie típica Motagua	0	0	0	0	3	5
<i>Icterus spurius</i>	Orchard Oriole	M		0	0	0	3	0	0
<i>Lepidocolaptes a. affinis</i>	Spot-crowned Woodpecker	R	H	1	0	0	0	0	0
<i>Leptotila verreauxi</i>	White tipped Dove	R							2
<i>Megarhynchus pitanga mexicanus</i>	Boat-billed Flycatcher	R		0	0	0	2	1	0
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Golden-fronted Woodpecker	R		0	1	0	8	6	3
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Acorn Woodpecker	R		1	2	0	0	0	0
<i>Mniotilta varia</i>	Black and White Warbler	M		0	0	1	0	0	1
<i>Myadestes occidentalis</i>	Brown-backed Solitaire	R	ERH* Mex-Honduras	1	1	0	0	0	0
<i>Myarchus tyrannulus</i>	Brown-breasted Flycatcher	R		0	0	0	6	0	0
<i>Myarchus tuberculifer</i>	Dusky-capped Flycatcher	R		0	1	0	0	1	1
<i>Myiozetetes similis</i>	Social Flycatcher	R		0	0	0	2	2	0

Nombre científico	Nombre Común en Inglés - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				1	2	2			
<i>Myoborus m. miniatus</i>	Slate throated Warbler	R		0	1	0	0	0	0
<i>Myoborus pictus</i>	Painted Redstart	R	HPE	6	2	7	0	0	0
<i>Pachyramphus aglaiae sumichrasti</i>	Rose-throated Becard	R		0	0	0	13	0	0
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Olive Warbler	R	HPE	0	0	0	0	0	0
<i>Picoides scalaris</i>	Ladder-backed Woodécker	R		0	0	1	0	0	0
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Rose-breasted Grosbeak	M		0	0	0	26	0	0
<i>Piaya cayana</i>	Squirrel Cockoo	R		0	0	0	0	0	0
<i>Piranga flava</i>	Hepatic Tanager	R	HPE	0	1	0	0	0	0
<i>Piranga rubra</i>	Summer Tanager	M		0	0	1	0	1	0
<i>Pitangus sulphuratus derbianus</i>	Great Kiskadee	R		0	0	0	2	1	1
<i>Poliptila albiloris</i>	White lored Gnatcatcher	R							2
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Great-tailed Grackle	R		0	0	0	24	11	0
<i>Saltator caerulescens grandis</i>	Greyish Saltator	R		0	0	0	2	2	0
<i>Sayornis nigricans</i>	Black Phoebe	R		0	0	0	0	1	0
<i>Sporophila torqueola moreletti</i>	White-collared Seedeater	R		0	0	0	18	0	0
<i>Vermivora peregrina</i>	Tennessee Warbler	M		0	0	0	1	0	0
<i>Thraupis episcopus cana</i>	Yellow-winged Tanager	R		0	0	0	2	0	0

Nombre científico	Nombre Común en Ingles - AOU-	Estatus	Importancia	# Parvadas/Transec.			C1	C2/B2	Control C3
				1	2	2			
<i>Turdus grayi</i>	Clay-colored Robin	R		0	0	0	2	2	2
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tropical Kingbird	R		0	0	0	14	23	4
<i>Vermivora chrysoptera</i>	Golden-winged Warbler	M		0	0	0	0	0	0
<i>Vermivora superciliosa</i>	Crescent-chested Warbler	R	ERH* Mex-Nica	0	0	3	0	0	0
<i>Vermivora ruficapilla</i>	Nashvillwe	M							1
<i>Vireo solitarius</i>	Solitaire Vireo	M		0	1	0	0	0	1
<i>Wilsonia pusilla</i>	Wilson's Warbler	M		2	0	0	0	0	0
<i>Trogon m. mexicanus</i>	Mountain Trogon	R	ERH* Mex-Honduras	0	0	2	0	0	0
<i>Semillero</i>		R		0	0	1	0	0	0
<i>Zenaida asiatica</i>	White-winged Dove	R		0	0	0	5	0	0

Cuadro 5. Herpetofauna colectada en el área.

EReg: endémico regional

ER+: extensión de rango

NSP: nueva especie a describirse

* Lista de fauna de importancia para la conservación en Centroamérica y México: listas rojas, listas oficiales y especies en apéndices CITES, UICN –ORMA y WWF Centroamérica. San José, C.R. : WWF: UICN: SICA, 1999. 230 p.

ESPECIE	FAMILIA	EReg	ER+	CITES	UICN*	RARO	NSP
REPTILIA							
TESTUDINATA							
<i>Rhinoclemys pulcherrima</i> (Gray)	Emydidae				X	X	
SQUAMATA							
SERPENTES							
<i>Leptotyphlops</i> sp. Fitzinger, 1843	Leptotyphlopidae				X		
<i>Drymobius margaritiferus</i> (Schlegel, 1837)	Colubridae				X		
<i>Drymarchon corais</i> (Boie, 1827)	Colubridae				X		
<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus)	Colubridae				X	X	
<i>Leptodeira polysticta</i> Günther, 1895	Colubridae				X	X	
<i>Leptodeira nigrofasciata</i> Günther, 1868	Colubridae				X	X	
<i>Leptophis modestus</i> Günther 1894	Colubridae				X		
<i>Conophis linneatus</i> (Duméril, Bribon, and Duméril, 1894)							
<i>Tantilla taeniata</i> Cope, 1887							
<i>Stenorrhina fremminvillie</i> Duméril, Bribon, and Duméril, 1894							
<i>Atropoides nummifer</i> (Rüppell, 1845)	Viperidae				X	X	X
<i>Crotalus durissus</i> Linnaeus, 1758	Viperidae				X		
LACERTILIA							
<i>Basiliscus vittatus</i> Wiegmann, 1828	Corytophanidae				X		
<i>Sphaerodactylus glaucus</i> Cope, 1865	Gekkonidae				X		
<i>Phyllodactylus tuberculosus</i> Wiegmann, 1834	Gekkonidae				X		
<i>Ctenosaura palearis</i> (Stejneger)	Iguanidae	X			X	X	
<i>Ctenosaura similis</i> (Gray, 1831)	Iguanidae			X	X		
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus)	Iguanidae				X		
<i>Sceloporus variabilis</i> Wiegmann, 1834	Phrynosomatidae				X		
<i>Sphenomorphus incertum</i> (Stuart, 1940)	Scincidae				X	X	

ESPECIE	FAMILIA	EReg	ER+	CITES	UICN*	RARO	NSP
<i>Ameiva undulata</i> (Wiegmann, 1834)	Teiidae	X	X		X		
<i>Cnemidophorus motaguae</i> Sackett, 1941	Teiidae				X		
<i>Cnemidophorus deppei</i> (Wiegmann, 1834)	Teiidae						
<i>Cnemidophorus angusticeps</i> Cope, 1877	Teiidae						
<i>Norops sericeus</i> (Hallowell, 1856)	Polychrotidae				X		
<i>Norops uniformis</i> (Cope, 1885)	Polychrotidae				X		
AMPHIBIA							
ANURA							
<i>Rana berlandierii</i> Baird, 1854	Ranidae				X		
<i>Rana maculata</i> Brocchi, 1877	Ranidae				X		
<i>Ptychohyla spinipollex</i> Schmidt, 1936	Hylidae				X		X
<i>Ptychohyla sp.</i> Taylor, 1944	Hylidae				X		
<i>Smilisca baudinnii</i> (Duméril and Bribon, 1841)	Hylidae				X		
<i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865)	Hylidae				X		
<i>Bufo marinus</i> (Linnaeus, 1758)	Bufo				X		
<i>Bufo valliceps</i> Wiegmann, 1833	Bufo				X	X	
<i>Bufo coccifer</i> Cope, 1866	Bufo				X		
<i>Leptodactylus melanonotus</i> (Hallowell, 1860)	Leptodactylidae	X			X	X	X
<i>Eleutherodactylus rugulosus</i> Cope, 1869	Leptodactylidae				X		
<i>Physalaemus pustulosus</i> (Cope, 1864)	Leptodactylidae				X		

Cuadro 6. Clave de abreviatura usada para las especies de anfibios y reptiles en los análisis.

Anfibios		Reptiles	
Rabe	<i>Rana berlandieri</i>	Noser	<i>Norops sericeus</i>
Rama	<i>Rana maculata</i>	Nouni	<i>Norops uniformis</i>
Ptyspi	<i>Ptychohyla spinipollex</i>	Leptoph	<i>Leptophis modestus</i>
Buco	<i>Bufo coccifer</i>	Lepni	<i>Leptodeira nigrofasciata</i>
Buma	<i>Bufo marinus</i>	Lepse	<i>Leptodeira septentrionalis polysticta</i>
Buva	<i>Bufo valliceps</i>	Tanta	<i>Tantilla taeniata</i>
Lepme	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Bavit	<i>Basiliscus vittatus</i>
Phypu	<i>Physalaemus pustulosus</i>	Phytu	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>
Eleru	<i>Eleutherodaactylus rugulosus</i>	Sphaeg	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>
Smiba	<i>Smilisca baudinii</i>	Ctepa	<i>Ctenosaura palearis</i>
Scist	<i>Scinax staufferi</i>	Ctesi	<i>Ctenosaura similis</i>
		Sceva	<i>Sceloporus variabilis</i>
		Ameun	<i>Ameiva undulata</i>
		Cnemo	<i>Cnemidophorus motaguae</i>
		Cnede	<i>Cnemidophorus deppei</i>
		Cnean	<i>Cnemidophorus angusticeps</i>
		Stefre	<i>Stenorrhina fremminvillee</i>
		Leptothy	<i>Leptothyphlops sp.</i>

Cuadro 7. Abundancia relativa de especies de anfibios observados en todos los sitios.

Clave	Aem	BEm	Ahd	BHd	Abs	BBs	
Lepme		0	0	0	2	94	0
Buma		0	0	8	5	98	0
Rabe		0	0	6	0	14	0
Buva		0	0	0	6	3	0
Ptyspi		67	3	0	0	0	0
Rama		41	3	0	0	0	0
Amiba		0	0	3	2	35	0
Buco		0	0	0	0	2	0
Scist		0	0	0	0	30	0
Phypu		0	0	7	6	0	0
Eleru		0	0	0	1	0	0
Ptysp		0	0	3	3	0	0
Totales		108	6	27	25	276	0

Clave: 1: presente O: ausente A1: Area 1 embalse A2: Area 2 embalse B1: Area 1 hidroeléctrica B2: Area 2 hidroeléctrica C1: Area 1 bosque seco C2: Area 2 bosque seco

Cuadro 8. Abundancia relativa de las especies de reptiles observados en todos los sitios.

	AEm	Bem	AHd	BHd	ABs	BBs
Rhypu	0	0	0	0	0	1
Dryma	0	0	2	2	0	0
Dryco	0	0	0	1	0	0
Lepan	1	0	0	0	0	0
Lepse	1	0	0	1	3	0
Bavit	0	0	13	4	19	3
Phytu	0	0	13	7	0	0
Sphaeg	0	0	0	5	0	2
Ctepa	0	0	1	1	0	2
Iguaig	0	0	0	0	1	0
Sceva	18	6	11	17	9	12
Sphein	0	1	0	0	0	0
Ameun	0	0	10	2	14	4
Cnemo	0	0	14	13	17	7
Cnede	0	0	16	4	62	6
Atronu	0	1	0	0	0	0
Ctesi	0	0	0	0	1	7
Conli	0	1	0	0	0	0
Crodu	0	0	0	0	1	0
Cnean	0	0	0	1	11	8
Stefre	0	0	0	1	0	0
Leptothy	0	0	0	0	1	0
Tanta	0	1	0	0	0	0
Noser	0	0	6	2	0	2
Nouni	0	0	2	0	0	0
Lepni	0	0	1	0	0	0
Leptoph	1	0	0	0	0	0

Clave: A1: Area 1 embalse A2: Area 2 embalse B1: Area 1 hidroeléctrica B2: Area 2 hidroeléctrica C1: Area 1 bosque seco C2: Area 2 bosque seco

Cuadro 9. Listado de especies de Scarabaeinae y macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Colorado, Zacapa, Guatemala. Septiembre-October 2002.

ESPECIE	Código	A1	A2	B1	B2	C1	C2	Total
<i>Dichotomius yucatanus</i>	Dyuc	1	0	2	1	0	0	4
<i>Canthon cyanellus</i>	Ccya	0	0	9	2	20	1	32
<i>Onthophagus landolti</i>	Olan	0	0	580	435	281	0	1296
<i>Uroxys sp2</i>	Usp2	0	0	19	4	1	0	24
<i>Phanaeus endymion</i>	Pend	16	4	1	0	0	0	21
<i>Uroxys sp3</i>	Usp3	0	0	10	11	0	0	21
<i>Canthon leechi</i>	Clee	0	0	1	12	4	0	17
<i>Deltochilum lobipes</i>	Dlob	0	0	1	4	3	0	8
<i>Onthophagus championi</i>	Ocha	0	0	1	2	0	0	3
<i>Canthon sp1</i>	Csp1	0	0	3	0	1	0	4
<i>Phanaeus wagneri</i>	Pwag	0	0	3	5	1	0	9
<i>Pseudocanthon perplexus</i>	Pper	0	0	0	0	0	14	14
<i>Onthophagus batesi</i>	Obat	0	0	0	3	4	0	7
<i>Onthophagus sp2</i>	Osp2	0	0	0	1	1	2	4
<i>Canthon indagaceus</i>	Cinda	0	0	0	2	0	0	2
<i>Sisyphus sp1</i>	Sys	0	0	0	1	1	0	2
<i>Dichotomius annae</i>	Dann	1	3	0	0	0	0	4
<i>Eurystemus magnus</i>	Emag	0	1	0	0	0	0	1
<i>Copris lugubris</i>	Clug	3	1	0	0	0	0	4
<i>Canthidium centrale</i>	Ccen	0	1	0	0	0	0	1
<i>Dichotomius satanas</i>	Dsat	1	0	0	0	0	0	1
<i>Uroxys sp1</i>	Usp1	1	0	0	0	0	0	1
		23	10	630	483	317	17	1480

Macroinvertebrados acuáticos

Se colecto un total de 26 familias pertenecientes a 11 órdenes Coleóptera, Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Neuroptera, Diptera, Hemiptera y Plecoptera

Los géneros encontrados fueron 20:

Psephenops sp. (Coleoptera), *Corydalus sp.* (Corydalidae), *Tricorythodes sp.* (Tricorythidae), *Smicridea sp.* (Hydropsychidae), *Trepobates sp.* (Gerridae), *Trocophus sp.* (Vellidae), *Argia sp.* (Coenagrionidae), *Thraulodes sp.* (Leptophlebiidae), *Leptohyphes sp.* (Tricorythidae), *Helicopsyche sp.* (Helicopsychidae), *Anacroneuria sp.* (Perlidae), *Macrelmis sp.* (Elamidae), *Cylloepus sp.* (Elamidae) *Palthotemis sp.* (Libellulidae), *Limnogonus sp.* (Gerridae), *Chrysops sp.* (Tabanidae), *Chimarra sp.* (Phlypotamidae), *Hagenulopsis sp.* (Leptophlebiidae), *Oecetis sp.* (Leptoceridae), *Trepides sp.* (Leptophlebiidae), *Leptohyphes sp.* (Tricorythidae).

Cuadro 10. Descripción de los hábitats de cada familia colectada: (Fuente: Roldan, 1996; Merrit, 1984).

ORDEN	FAMILIA	DESCRIPCION DEL HABITAT ACUATICO
Ephemeroptera	Baetidae	Aguas limpias, la mayoría corriente, algunos toleran un poco de contaminación orgánica, y pueden vivir en medios turbios, donde hay deposición y erosión.
	Leptophlebiidae	Thraulodes sp. y Trepides sp. Vive en aguas limpias o ligeramente contaminadas. Son indicadores de aguas limpias.
	Tricorythidae	Leptohyphes sp y Tricorythodes sp. Habitan en aguas lentas, remansos, con material orgánico, Tricorythodes además puede vivir en aguas turbias. Son indicadores de aguas ligeramente contaminadas por sedimentación.
	Ephemerellidae	Ambientes lóticos, con erosión y deposición.
Coleoptera	Psephenidae	Psephenops sp. Viven en lugares con corriente moderada, donde hay limo y grava.
	Ptilodactylidae	Viven en márgenes de arroyos, se alimentan de limo y algas. Las larvas se encuentran en rios claros. Se asocia con Elmidae. Los adultos se encuentran a lo largo de los rios. Ecología no muy conocida.
	Elmidae	Macrelmis sp. y Cylloepus. Viven en aguas corrientes moderadas, con materiales como grava, troncos hojas, materiales limosos, etc., para depositar sus huevos. Los adultos se encuentran en lugares con altos niveles de Oxígeno.
Odonata	Libellulidae	La mayoría de los géneros viven en aguas con corrientes suaves, indica aguas mesotrófica, ligeramente eutrofizadas.
	Coenagrionidae	Habitan lugares con vegetación, donde hay erosión y deposición.. Son indicadores de aguas oligo mesotróficas.
Neuroptera	Corydalidae	Habita en aguas corrientes limpias, en lugares con materia orgánica. Se consideran indicadores de aguas oligo mesotróficas. Las larvas viven donde hay sustrato suave y detritos
Hemiptera	Vellidae	Son indicadores de aguas oligo mesotróficas. Viven en lugares con erosión y deposición.
	Gerridae	Viven en aguas quietas, cerca de las orillas, donde hay deposición. Indicadores de aguas oligo mesotróficas.
Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridea sp. Habita en aguas corrientes, son tolerante a un poco de contaminación, erosión. Son indicadores de aguas oligo a eutróficas.
	Philopotamidae	Chimarra sp. habita en aguas oxigenada de poca corriente
	Glossomatidae	Viven en aguas corrientes bien oxigenadas. Son indicadores de aguas oligotróficas. Ambientes lóticos erosionado.
	Leptoceridae	Pueden indicar aguas oligo y eutróficas.
	Helicopsychidae	En lugares con erosión, soporta altas temperaturas.
	Xiphocentronidae	Habitan en aguas bien oxigenadas, son indicadores de aguas Oligotróficas. Viven en ambientes lóticos erosionados.
	Polycentropodidae	Son indicadores de aguas oligo a mesotróficas. Ambientes lóticos con erosión.

ORDEN	FAMILIA	DESCRIPCION DEL HABITAT ACUATICO
Diptera	Chironomidae	Viven en aguas con bastante materia orgánica en descomposición. Indican aguas meso a eutróficas. Viven en distintos tipos de sustratos, donde se alimentan de Detritos, materia en suspensión, algas, en plantas vasculares, esporas de hongos. Puede usarse como un índice de contaminación de metales pesados, por su alta capacidad de mantener oxígeno por la hemoglobina, y su habilidad de evitarlos enterrándose en los sedimentos.
	Tabanidae	Viven en ambientes con mucha vegetación, en los márgenes de ríos, donde hay sedimentos y detritos.
Plecoptera	Perlidae	Ambientes lóticos, lénticos en medios erosionados.
Orthoptera		Viven en vegetación acuática emergente

12.2. Ilustraciones de especies seleccionadas de cada taxa.

a) Vegetación

Especies típicas de ambientes perturbados (de crecimiento secundario).



Figura 1 *Ricinus comunis* (higuero)

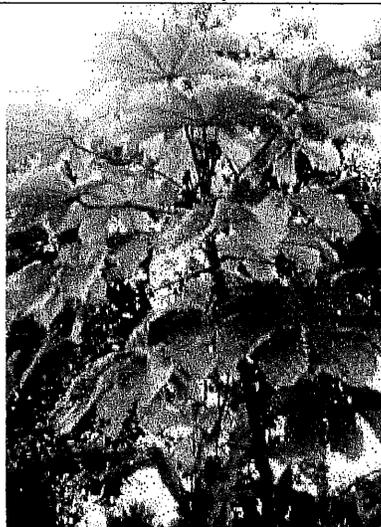


Figura 2 *Cecropia peltata* (guarumo)

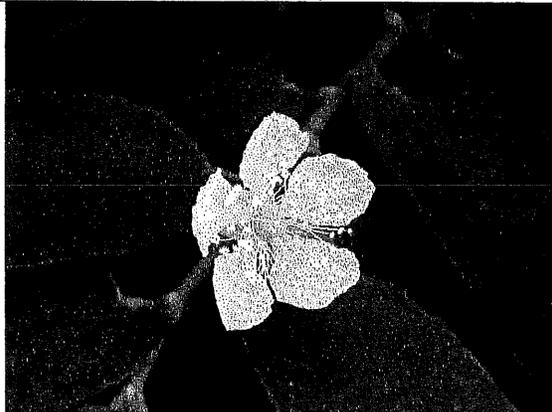


Figura 3 *Muntingia calabura*

Plantas del estrato emergente



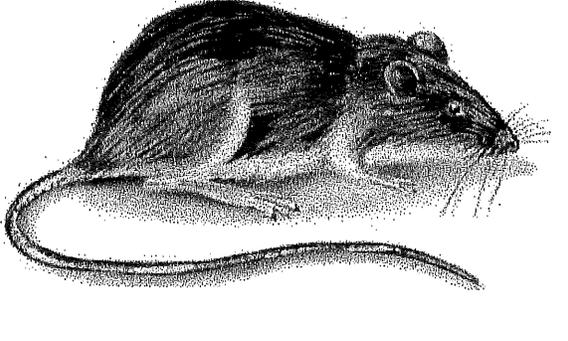
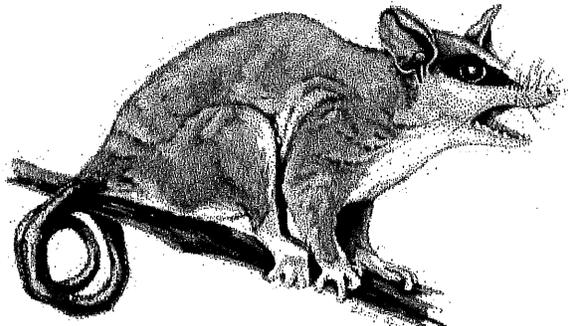
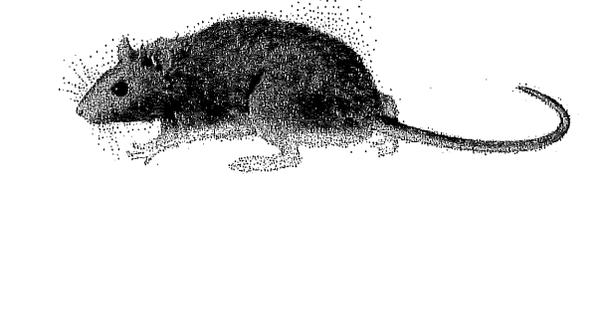
Figura 4 *Typha domingensis*

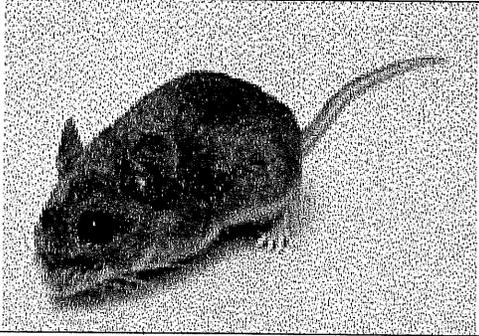
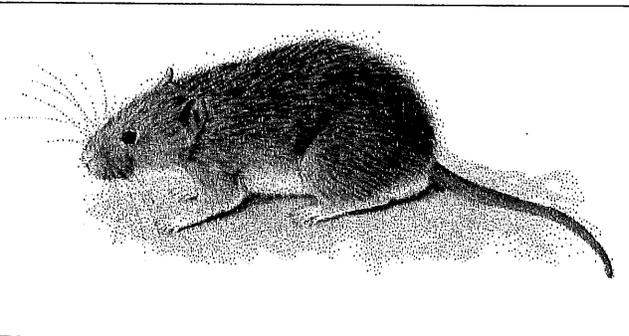


Figura 5 Ejemplo del género *Cyperus*

b) Mamíferos

Ilustraciones de especies encontradas en el área durante la elaboración de la línea base para el monitoreo biológico de la sub-cuenca del río Colorado, Rio Hondo, Sierra de las Minas.

Mamíferos menores (menores de 0.5 Kg).	
	
<p>Figura 6 <i>Heteromys desmarestianus</i>, ratón de Desmarest (Desmarest's spiny pocket mouse).</p> <p>Distribución: desde sur de México a través de toda Centroamérica hasta norte de Colombia, su rango altitudinal va desde las tierras bajas hasta los 2700 msnm.</p> <p>Hábitat y ecología: común y amplia distribución en bosques semidecíduos y secundarios. En tierras bajas es encontrado en bosque maduro, y es favorecido por abundancia de plamas. Nocturno y terrestre, se alimenta principalmente de semillas (Reid, 1997).</p>	<p>Figura 7 <i>Liomys salvini</i>, ratón.</p> <p>Distribución: Desde el este de Oaxaca, México hasta Costa Rica, principalmente en el litoral del pacífico. Su distribución altitudinal va desde las tierras bajas hasta los 1500 msnm.</p> <p>Hábitat y ecología: común y abundante en bosques secos y deciduos, monte espinosos y pastizales. Se alimenta de semillas (p.e.: de palmas, guanacaste), materia vegetal e insectos. Es un importante depredador de semillas, lo cual ayuda a regular las poblaciones de algunas especies vegetales (Reid, 1997).</p>
	
<p>Figura 8 <i>Marmosa</i> sp. Ejemplo <i>Marmosa mexicana</i></p>	<p>Figura 9 <i>Oryzomys</i> sp. Ejemplo <i>O. palustris</i></p>

	
<p>Figura 10 <i>Peromyscus aztecus</i></p> <p>Distribución: sur de México hasta sur de Honduras, entre los 800 – 3100 msnm. Hábitat y ecología: localmente común, frecuente bordes y vegetación secundaria de bosques húmedos de montaña. Terrestre, principalmente insectívoro, pero eventualmente se alimenta de materia vegetal (Reid, 1997).</p>	<p>Figura 11 <i>Sigmodon hispidus</i></p> <p>Distribución: Desde la parte baja de Estados Unidos a través de México y Centroamérica hasta norte de Colombia y Venezuela. Su rango altitudinal va desde las tierras bajas hasta los 2700 msnm. Hábitat y ecología: común y abundante en pastizales, claros y matorrales. Se le encuentra en hábitat secos y húmedos y puede ser plaga de algunos cultivos (caña, arroz,...). Diurno y nocturno, terrestre, se alimenta de material vegetal principalmente y algunos insectos (Reid, 1997).</p>
<p>Todas las ilustraciones reproducidas de:</p> <p>Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, and T. A. Dewey. 2005. The Animal Diversity Web (online). Accessed at http://animaldiversity.org. el 12 Mayo del 2005.</p> <p>Sponsored in part by the Interagency Education Research Initiative, the Homeland Foundation and the <u>University of Michigan Museum of Zoology</u>.</p>	

c) Aves

1. Aves con alta sensibilidad a perturbaciones:

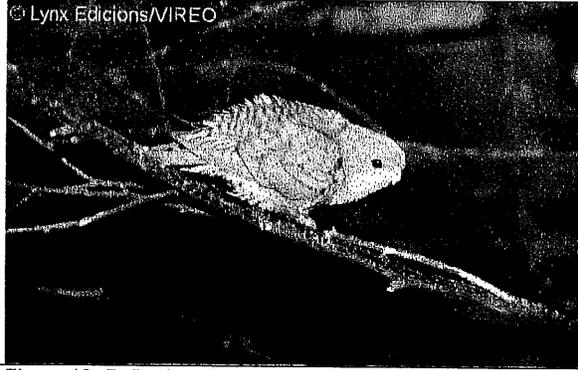
Figura 12 *Bolborhynchus lineola*Figura 13 *Myadestes occidentales*Figura 14 *Peucedramus taeniatus*Figura 15 *Dendroica chrysoparia*Figura 16 *Dendroica virens*Figura 17 *Vermivora chrysoptera*



Figura 18 *Cardellina rubrifrons*



Figura 19 *Cyanocorax melanocyanea*



Figura 20 *Lepidocolaptes affinis*



Figura 21 *Myioborus pictus*



Figura 22 *Myioborus miniatus*

Aves típicas de ambientes altamente perturbados



Figura 23 *Coragyps atratus*

© J. Fuhrman/WIREO

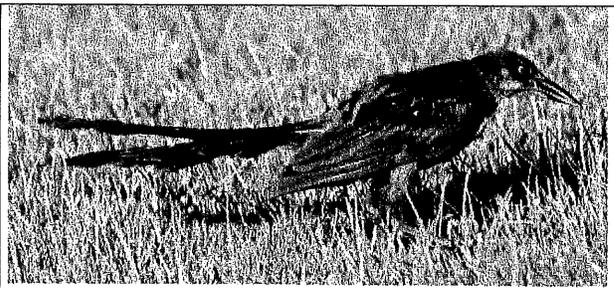
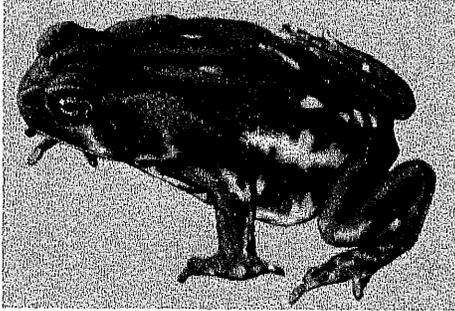
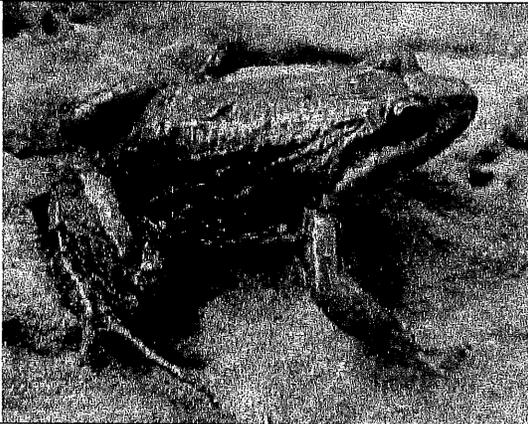


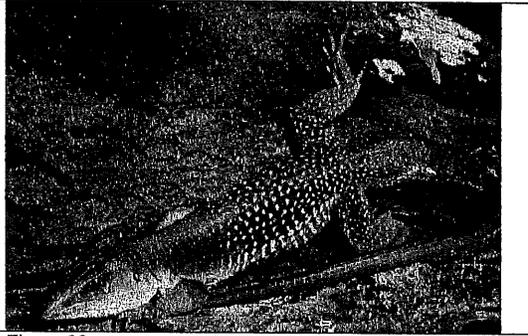
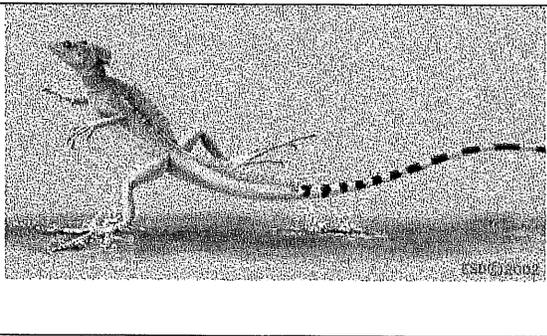
Figura 24 *Quiscalus mexicanus*



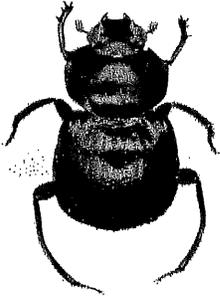
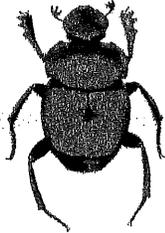
Figura 25 *Dives dives*

d) Anfibios y reptiles.

Anfibios ampliamente distribuidos en áreas perturbadasFigura 26 *Bufo marinus*Figura 27 *Rana berlandieri*Figura 28 *Leptodactylus melanonotus***Anfibios sensibles a las perturbaciones**Figura 29 *Eleutherodactylus rugulosus*

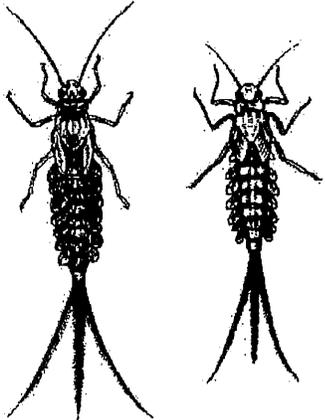
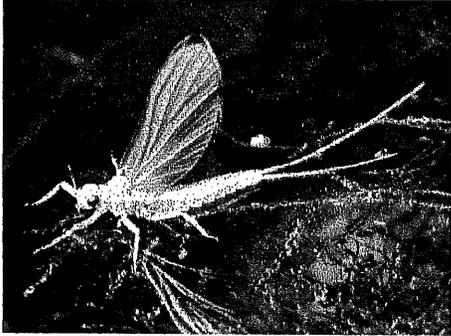
Reptiles sensibles a perturbaciones	
	
<p>Figura 30 <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i> Altamente sensible a extracción para colecta como mascota y al utilizar las posas de agua que se forman en la carretera por lo que frecuentemente son aplastadas por camiones.</p>	<p>Figura 31 <i>Ctenosaura palfaris</i> Especie en peligro por cacería</p>
	
<p>Figura 32 <i>Iguana iguana</i> Especie relativamente común, sin embargo altamente sensible por cacería.</p>	
Reptiles comunes en el área de estudio	
	
<p>Figura 33 <i>Cnemidophorus motagua</i> Especie endémica de la región . Por ser tan abundante es una fuente importante de alimentación para aves y culebras del área.</p>	<p>Figura 34 <i>Basiliscus vittatus</i> (cutete) Lagartija típica de ambientes riparios.</p>
	
<p>Figura 35 <i>Ameiva undulata</i></p>	

e) Escarabajos coprófagos

Especies indicaras de alta perturbación	
	
Figura 36 <i>Pseudocanthon perplexus</i>	Figura 37 <i>Onthoghagus landoti</i>
Otras especies presentes en el área	
	
Figura 38 <i>Deltochilum lobipes</i>	Figura 39 <i>Canton indagaceus</i>

f) Macroinvertebrados acuáticos

Ilustraciones de larvas y adultos de familias de insectos acuáticos a monitorear

1. Insectos indicadores de aguas limpias, sensibles a contaminación:	
A. Orden : Ephemeroptera / Familia Baetidae	
	
Figura 40 Familia Baetidae, Habita aguas limpias, la mayoría de corriente. Algunas toleran un poco de contaminación orgánica.	Figura 41 Adulto Familia Baetidae
2. Familia Leptophlebiidae	
Viven en aguas limpias o ligeramente contaminadas, son indicadores de aguas limpias.	

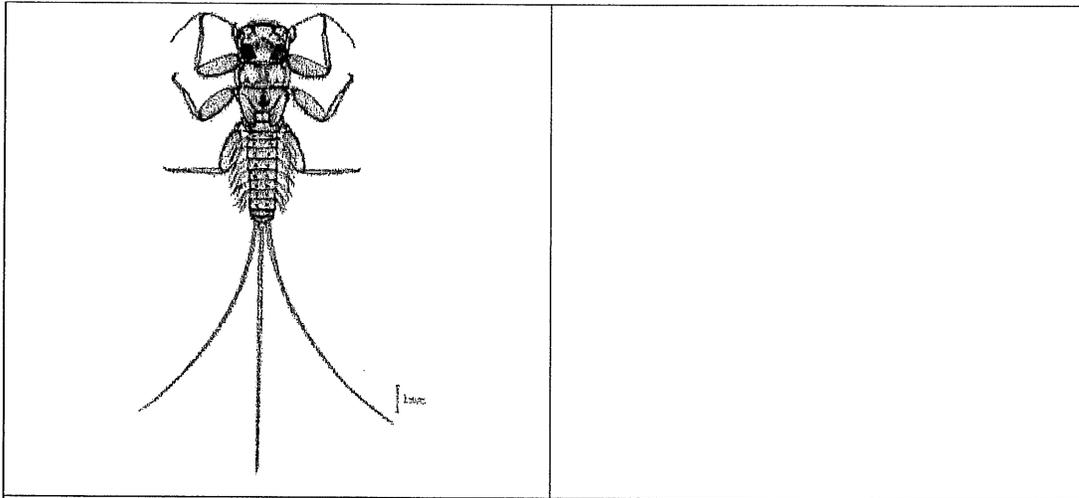


Figura 42 *Thraulodes* sp.

3. Familia Tricorythidae

Habitan en aguas lentas, remansos con material orgánico. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas por sedimentación.

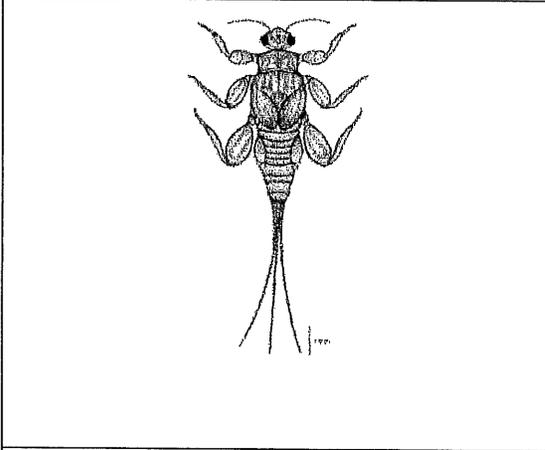


Figura 43 *Leptohiphes* sp

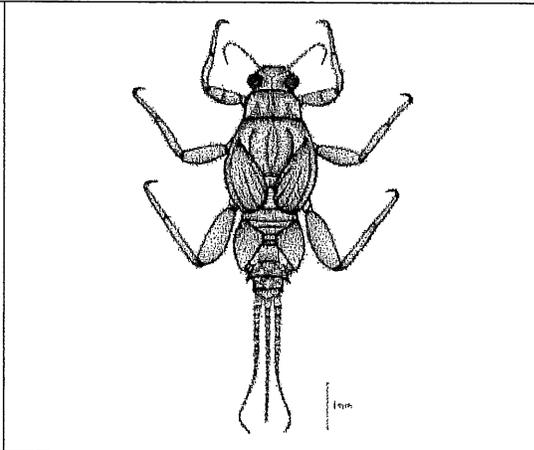
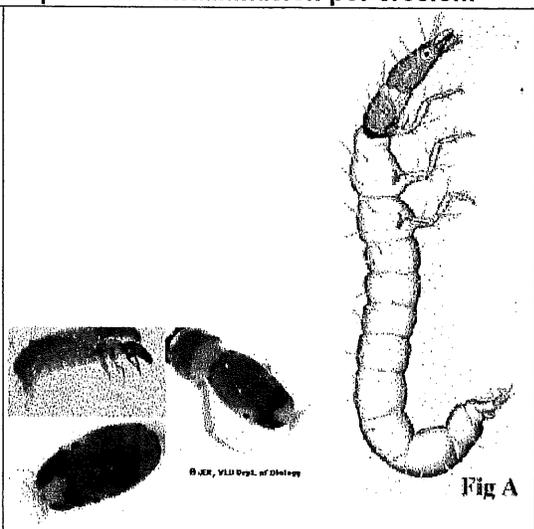
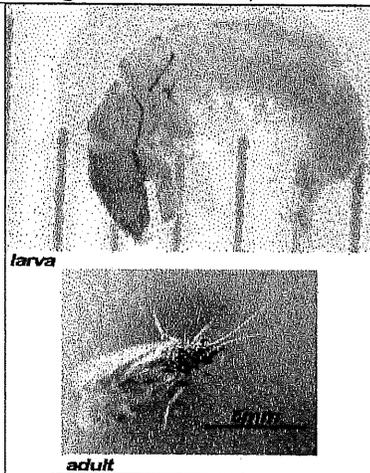


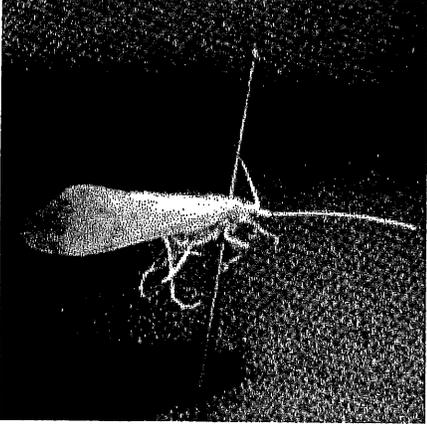
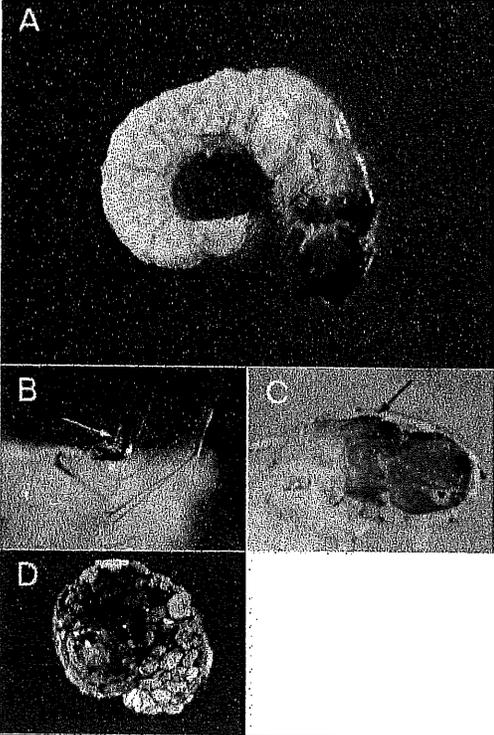
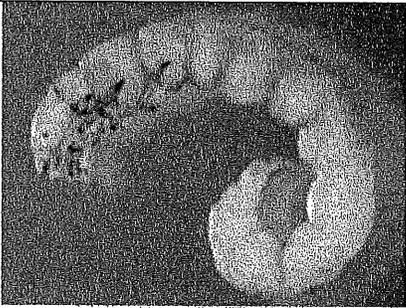
Figura 44 *Tricorythodes* sp

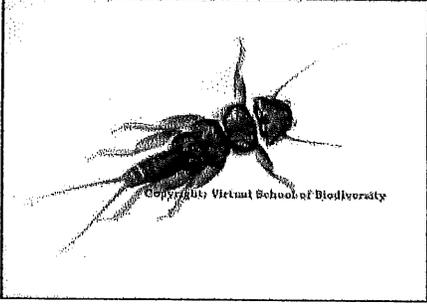
B. Orden Trichoptera

Familia Hydropsychidae

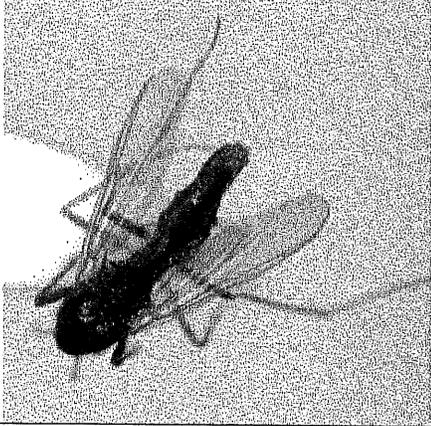
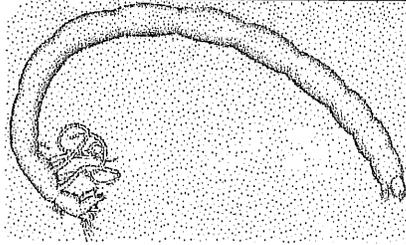
Habita en aguas corrientes, son tolerantes a un poco de contaminación por erosión.



<p>Figura 45 Género <i>Smicridea</i> sp Familia Philopotamidae Habita en aguas bien oxigenadas de poca corriente.</p> 	<p>Figura 46 Larvas y adultos del género <i>Chimarra</i> sp.</p> 
<p>Figura 47 Familia Leptoceridae Familia Leptoceridae</p> 	 <p>Figure 8 - Lateral view of <i>Polycentropus</i> sp. larvae (Polycentropodidae)</p>
<p>Figura 48 Familia Helicopsychidae Familia Helicopsychidae</p> <p>Características: cuerpo fuertemente curvado (Fig. A). Su garra anal tiene un peine de dientes (Fig. B). Hacen cubiertas en forma de caracol (Fig. D).</p>	<p>Figura 49 Familia Polycentropodidae Familia Polycentropodidae</p>

C. Orden Plecoptera	
	
Figura 50 Familia Perlidae	Figura 51 Género Anacroneria

Insectos indicadores de aguas contaminadas

D. Orden Diptera	
	
<p>Figura 52 Familia Chironomidae Familia Chironomidae Viven en aguas con bastante materia orgánica en descomposición, indican aguas eutróficas. Pueden usarse como un índice de contaminación de metales pesados por su habilidad de evitarlos enterrándose en los sedimentos</p>	<p>Figura 53 <i>Chironomus</i> sp. Larva (Diptera: Chironomidae) (2.5 centimeters)</p>

Sitios de muestreo de macroinvertebrados

No. Estación	Coordenadas
1	N 15.04807° W 89.59199°
2	N 15.09808° W 89.59238°
3	N 15.04929° W 89.59333°
4	N 15.05130° W 89.59352°
5	N 15.05292° W 89.59302°
6	N 15.05311° W 89.59298°
7	N 15.05421° W 89.59360°
8	N 15.05478° W 89.59373°
9	N 15.05508° W 89.59399°
10	N 15.05583° W 89.59433°