



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Vicerrectoría de
Vida Estudiantil

Programa de
Voluntariado

Universidad de Costa Rica
Vicerrectoría de Vida Estudiantil
Programa de Voluntariado

Informe de proyecto de voluntariado:
Preferencias del hábitat para la Machaca (*Brycon behreae*) y el Chupapiedras (*Sicydium altum*) en el río Tuis
y
Propuestas preliminares de vías de migración para el Bobo (*Joturus pichardi*) y el Tepemechín (*Agnostomus monticola*).

Elaborado por:
Jean-Philippe Vornière

Enero 2008

Auspician:



ENITA de Bordeaux



Indice de Fotos, figuras, mapas y anejos

Fotos

Foto 1: Ubicación del sitio de estudio	p2
Foto A1: Machaca (<i>Brycon behreae</i>)	p6
Foto A2: Chupapiedras (<i>Sicydium altum</i>)	p6
Foto A3 : Método de conteo por buceo	p9
Foto A4: Método de conteo por atarraya	p9
Foto A5: Medición de profundidad y velocidad de corriente	p10
Foto A6 : Represa de la toma de agua en La Suiza	p11
Foto B1: El Bobo (<i>Joturus Pichardi</i>)	p21
Foto B2: El Tepemechín (<i>Agonostomus moticola</i>)	p21
Foto B3 : Huellas de Bobo	p23
Foto B4: Represa de la toma de agua del ICE, parte arriba	p24
Foto B5: Represa de la toma de agua del ICE, zona de captación de agua	p24
Foto B6: Represa de la toma de agua del ICE, parte abajo	p24
Foto B7: Represa privada en el Río Tuis	p25
Foto B8: Represa de la Angostura y río Reventazón	p25
Foto B9 : ejemplo de río artificial	p29
Foto B10 : ejemplo de canal	p32
Foto B11 : ejemplo de canal	p34

Figuras

Figura 1: Diagrama de precipitación y temperaturas en Turrialba	p3
Figura 2: Usos de suelos en la cuenca del Río Tuis	p4
Figura 3: Caudal mensual plurianual del Río Tuis	p4
Figura 4: Preferencias de velocidad de corriente para el Chupapiedras de menos de 10 cm	p12
Figura 5: Preferencias de profundidad para el Chupapiedras de menos de 10 cm	p13
Figura 6: Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat del Chupapiedras de menos de 10 cm.	p13
Figura 7: Preferencias de velocidad de corriente para el Chupapiedras de más de 10 cm	p14
Figura 8: Preferencias de profundidad para el Chupapiedras de más de 10 cm	p15
Figura 9: Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat del Chupapiedras de más de 10 cm.	p16
Figura 10: Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat de la Machaca	p17
Figura 11: Presencia promedio de las especies de interés en el río Tuis	p18
Figura B1: Funcionamiento del ascensor para peces, esquema y foto	p 27
Figura B3: Esquema del proyecto en la represa de la toma de agua del ICE, río Tuis	p 32
Figura B4: Esquema del proyecto en la represa de la toma de agua privada, río Tuis	p 34

Mapas

Mapa B1: Ubicación del contexto del tema 2, presencia del Bobo y del Tepemechín	p22
Mapa B2: Proyecto « vía Bobo y Tepemechín »	p 29

Cuadros

Cuadro 1. Equivalencia de términos para velocidades de flujo	p7
Cuadro 2. Preferencias teóricas de hábitat para la Machaca y el Chupapiedras	p8
Cuadro 3 de comparación de las propuestas	p30

Anejos

Anejo I : Cuenca del Río Tuis

Anejo II: Matriz para la clasificación de sensibilidad o tolerancia de especies de peces indicadoras a impactos causados por obra de control fluvial.

Anejo III: Descripción de los sitios de muestreo

Anejo IV: Hoja de campo

Anejo V: Plano de la represa de toma de agua del ICE, río Tuis

Anejo VI: Plano de la represa de toma de agua privada, río Tuis

Anejo VII: Plano de la represa de la Angostura, río Reventazón

INDICE DE TRABAJO

1. INTRODUCCION.....	P1
2. ENUNCIADO DEL TRABAJO.....	P1
2.1. Primer tema:	P1
2.2. Segundo tema:	P1
3. DELIMITACION GEOGRAFICA DE LOS ESTUDIOS, CARACTERISTICAS GENERALES.....	P2
3.1. Delimitación geográfica de los estudios.....	P2
3.2. Datos generales sobre la cuenca del río Tuís:.....	P3
3.2.1. Zonas de vida	P3
3.2.2. Usos del suelo:.....	P3
3.2.3. Hidrología - Calidad de las aguas.....	P4
4. PRIMER TEMA: PREFERENCIAS DE HABITATS PARA LA MACHACA (<i>Brycon behreae</i>) Y EL CHUPAPIEDRAS (<i>Sicydium altum</i>).....	P5
4.1. Metodología y materiales.....	P6
4.1.1. Elección de especies indicadoras.....	P6
4.1.2. Adquisición de conocimientos sobre <u>la Machaca y el Chupapiedras, y sus preferencias</u>	P6
4.1.3. Elección de variables para <u>la determinación de las restricciones ambientales</u>	P6
4.1.4. Verificación o comprobación <u>práctica de la teoría con aplicación al río Tuís:</u>	P8
4.1.5. <u>Medición del impacto de la represa de la toma de agua sobre la distribución de las poblaciones de éstas especies indicadoras:</u>	P11
4.2. Resultados del primer tema.....	P12
4.2.1. <u>Preferencias de habitats:</u>	P12
4.2.2. <u>Impactos de la represa de la toma de agua del ICE sobre las poblaciones piscícolas.</u>	P18
Conclusión y discusión del tema 1:	P20

5. SEGUNDO TEMA: VIA PARA EL PASO DEL BOBO (<i>Joturus pichardi</i>) Y DEL TEPEMECHIN (<i>Agonostomus monticola</i>).....	P21
5.1. Introducción:.....	P21
5.2. Estado de las poblaciones y de los obstáculos.....	P21
<u>5.2.1. Estado poblacional (mapa n° B1).....</u>	<u>P21</u>
<u>5.2.2. Estado de los obstaculos:.....</u>	<u>P24</u>
5.3. Propuesta de alternativas:.....	P26
<u>5.3.1. Al nivel del río Reventazón:.....</u>	<u>P26</u>
<u>5.3.2. Al nivel de la represa de toma de agua del ICE:</u>	<u>P30</u>
<u>5.3.3. Al nivel de la represa privada:</u>	<u>P33</u>
Conclusión:.....	P35
Bibliografía.....	P36

1. INTRODUCCION

El presente documento contiene los resultados preliminares de dos estudios realizados en la subcuenca del río Tuis, Turrialba. El mismo fue planificado por Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), uno de los temas de investigación se encuentra bajo el marco del Proyecto de Caudales de Compensación, y el otro tema propuesto por el área de biología de RioCAT. Contó con el apoyo y coordinación del Programa de Voluntariado de la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Ministerio del Ambiente y de la Energía (MINAE).

2. ENUNCIADO DEL TRABAJO

2.1. Primer tema:

El ICE aprovecha las aguas del río Reventazón para la producción de hidroelectricidad. El embalse Angostura se encuentra en las coordenadas 9°51'38 N y 83°38'53 O, sobre el lecho del río y restituye el caudal 7 km aguas bajo. Además del aprovechamiento de las aguas del río Reventazón, ICE extrae un volumen de 5m³ del caudal de los ríos Turrialba y el Tuis que alimentan el embalse mencionado. El agua extraída en cada río está canalizada hasta el embalse Angostura por medio de un canal cementado.

Un equipo interdisciplinario conformado por diferentes dependencias del ICE, han desarrollado el Proyecto e Caudales de Compensación donde se trata de analizar los posibles impactos de las variaciones o mas bien de la reducción de caudal de los ríos sobre algunas especies piscícolas indicadoras tales como el Bobo (*Joturus pichardi*), el Tepemechín (*Agonostomus monticola*), la Machaca (*Brycon behrae*), y el Chupapiedras (*Sicydium altum*).

El presente tema de investigación consiste en el análisis de preferencias de hábitat para la Machaca y el Chupapiedras en el río Tuís, para determinar las zonas sensibles a las variaciones de caudal generadas por la actividad de extracción de agua por parte del ICE.

2.2. Segundo tema:

El Bobo y el Tepemechín son peces de interés sociocultural en la cuenca del Reventazón. Son especies migratorias catádromas, es decir que migran a lo largo del río en el que viven, bajando al mar para poner los huevos y una vez que eclosionan los alevines, suben el río para madurar. La represa Angostura constituye una barrera artificial que impide el paso de migración de los peces mencionados.

Paralelo a la represa Angostura se encuentra el río Tuís, en este río, la represa hidroeléctrica privada Tuís y una toma de agua que alimenta el embalse Angostura, constituyen otro obstáculo igualmente infranqueable para el Tepemechín. Ello provoca el aislamiento de las poblaciones y en algún momento su desaparición.

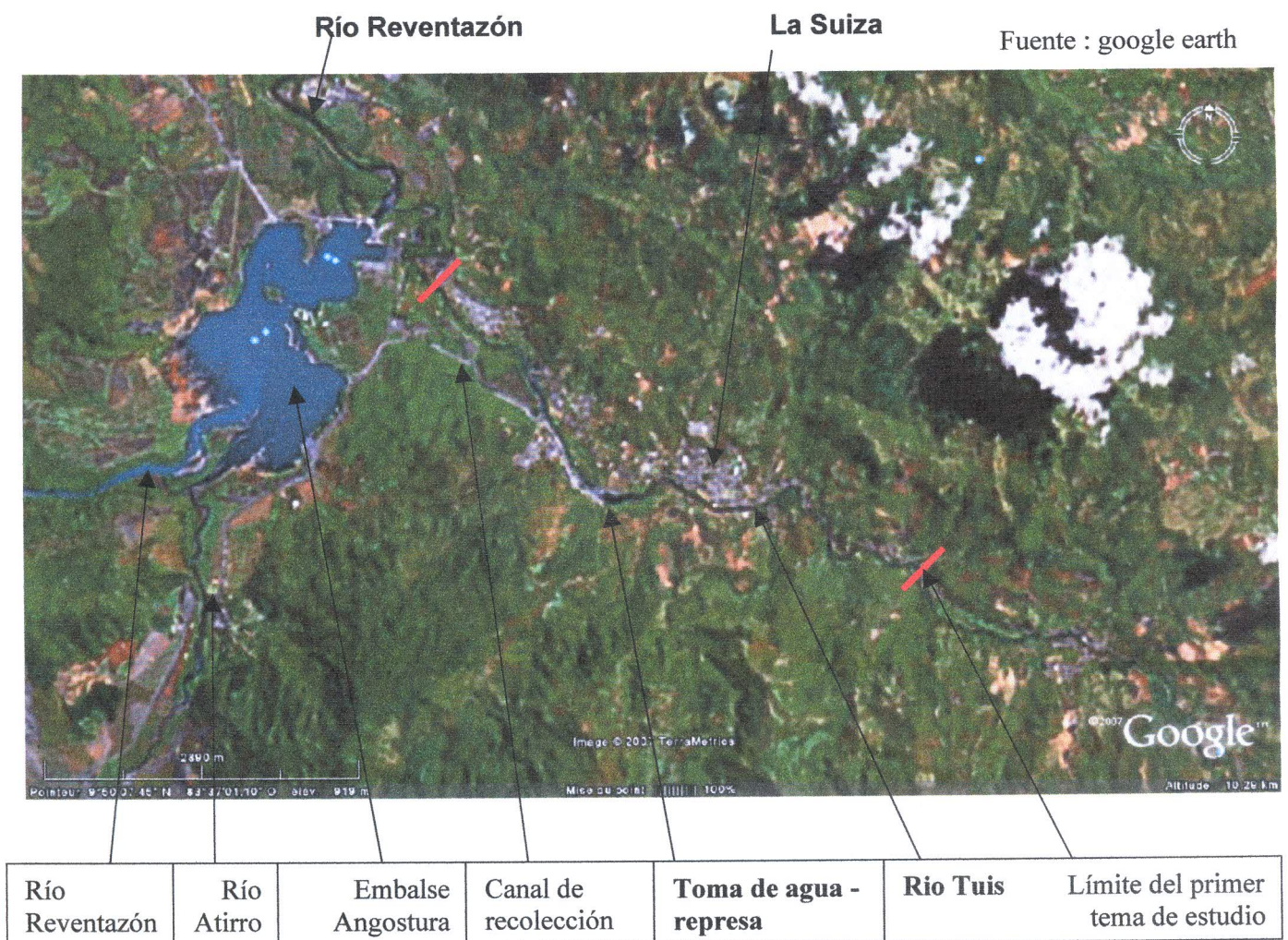
En este marco, el trabajo consiste en planificar una vía que permita el paso del Bobo y del Tepemechín tanto a nivel de la represa Angostura como en la toma de agua ICE sobre río Tuís y el PH Tuis (propiedad privada), y de esta manera colaborar con la repoblación de esas especies.

3. DELIMITACION GEOGRAFICA DE LOS ESTUDIOS, CARACTERISTICAS GENERALES.

3.1. Delimitación geográfica de los estudios

El estudio se realizó en los meses de Julio y Agosto del 2007 en el río Tuís, que corre a lo largo del pueblo La Suiza de Turrialba, Cartago. Este río se extiende sobre una distancia de alrededor de 20 km y es afluente del Río Reventazón (Foto 1).

Foto 1: Ubicación del sitio de estudio



3.2. Datos generales sobre la cuenca del río Tuís:

La cuenca del río Tuís se extiende sobre una superficie de 76,77 km² y cruza los pueblos de La Suiza a una altitud de 620 m, Tuís y Tayutic (Anexo I). La población de la cuenca es bastante importante porque la densidad poblacional es de 139 hab/km² o sea 10710 habitantes.

3.2.1. Zonas de Vida:

La cuenca del río Tuís es dominado por el Bosque muy Húmedo Premontano aunque se puedan encontrar otras formaciones como el Bosque Húmedo Tropical, Bosque Pluvial Premontano y Bosque Pluvial Montano Bajo. Se caracteriza por la presencia de lluvia todos los meses, sin estación seca bien definida. La precipitación promedio varían entre 2500 a 4000 mm/año, y la temperatura media en Turrialba es de 22,1°C (Figura 1). (Fuente: Plan de manejo integral de la cuenca del río Revetazón, Zonas de vida y cobertura vegetal, 1999.)

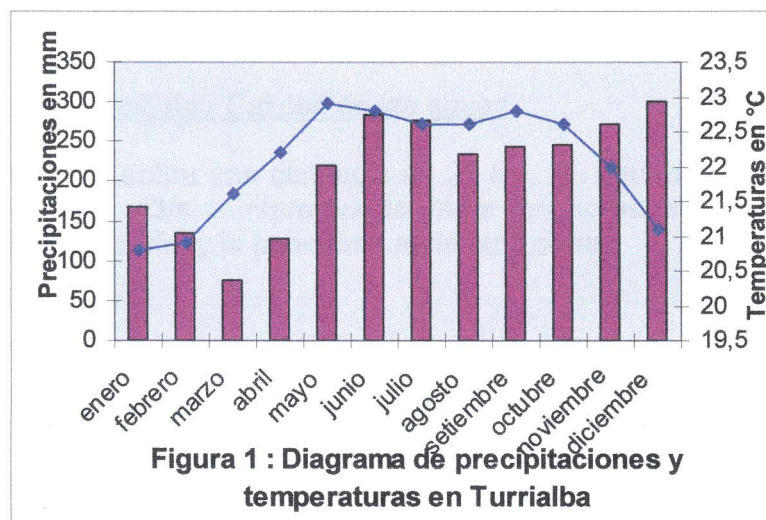


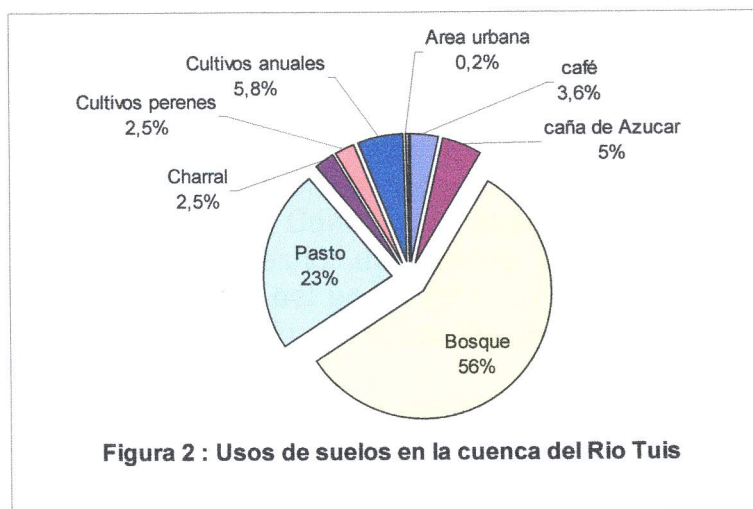
Figura 1 : Diagrama de precipitaciones y temperaturas en Turrialba

Fuente: Evaluación de impacto ambiental, documento principal, ICE,PHA, 1991

3.2.2. Usos del suelo:

Los suelos son mayoritariamente arcillosos, con propiedades ándicas. Con respecto a la geología de la cuenca, se observan areniscas calcáreas, lutitas, limonitas, calizas bioclásticas, conglomerados, brechas volcánicas, tobas. Las formaciones proceden del Eoceno Medio Superior. (Fuente: Plan de manejo integral de la cuenca del río Revetazón, Caracterización geológica, 1999.)

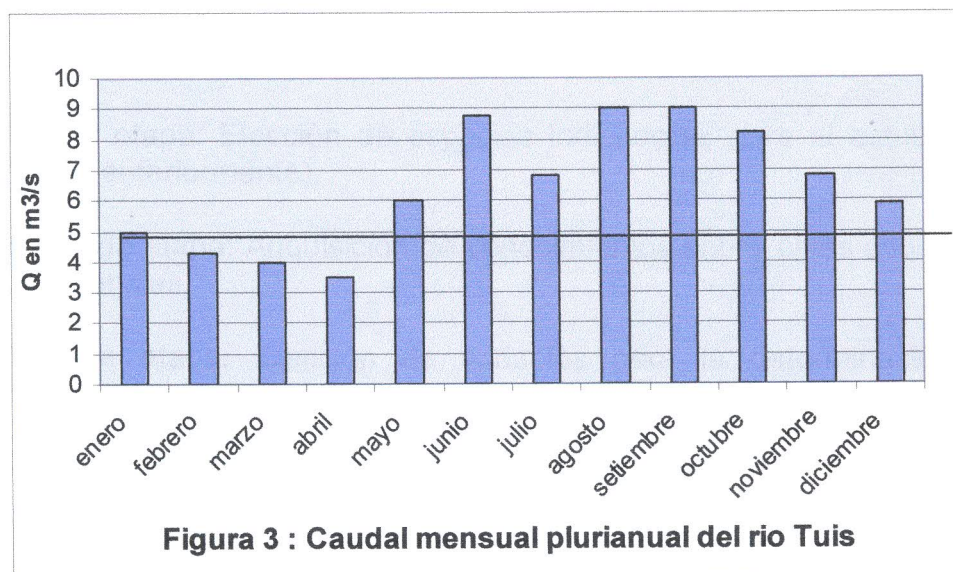
En la cuenca las actividades predominantes son de tipo agropecuarias: ganadería y sobre todo cultivos. Esas actividades se encuentran en una cuenca dominada por la presencia de bosques y pastos (Figura 2).



Fuente: Plan de manejo integral de la cuenca del río Revetazón, Caracterización de la producción agropecuaria, zonas de vida y cobertura vegetal Sogreah ingénierie, 1999.

3.2.3. Hidrología - Calidad de las aguas

El río Tuís corre sobre una distancia de 20 km. Su caudal disponible al nivel de La Suiza es de 6,4 m³/s, aunque pueda variar mucho según los días visto las frecuentes crecientes del río, y la pendiente en la cual corre.



Fuente: Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón, Informe de diagnostico, Hidrología, Sogreah ingénierie, 1998.

Existe una toma de agua (propiedad del ICE) sobre el río Tuís a altura del pueblo Canadá. Esta represa es habilitada según las necesidades ICE, y permite sacar agua del río hasta el embalse Angostura a través de un canal de 3 km.

Por tal razón se reduce el caudal del río, el embalse nunca devuelve el volumen extraído que se estima a 5 m³/s así que aprovecha mas de 78 % del caudal inicial.

Entre las fuentes de contaminación más importantes sobre el río Tuís tenemos un beneficio de café en Canadá que libera sus efluentes en el río, sobre todo en época de cosecha y desechos domésticos provenientes de la ciudad de La Suiza que se extiende a lo largo del borde del río.(Fuente: Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón, Anexo 8,Calidad del agua, 1998.)

Los pocos datos sobre el tema de la calidad de las aguas no nos permiten definir la calidad del agua del Río Tuís. Solo podemos poner en relieve la amenaza ambiental que representa la contaminación y la extracción de agua, ya que se reduce el poder depurador del río a causa de la reducción de volumen. De hecho, el poder de dilución de los contaminantes ya no es tan eficaz como antes, lo que aumenta los riesgos de contaminación y los impactos sobre la fauna y flora acuática.

4. PRIMER TEMA: PREFERENCIAS DE HABITATS PARA LA MACHACA (*Brycon behrae*) Y EL CHUPAPIEDRAS (*Sicydium altum*)

El objetivo general del estudio es definir los impactos de las extracciones de agua del río Tuís para la explotación hidroeléctrica sobre los peces de este río y a largo plazo definir un caudal de compensación que permitiría el mantenimiento de la vida piscícola. Para conseguir lo propuesto, vamos a seguir cinco etapas:

- Primer etapa: Elección de especies indicadoras para el estudio (trabajo hecho anteriormente),
- Segunda etapa: Adquisición de conocimientos sobre éstas especies y sus preferencias,
- Tercera etapa: Elección de variables para la determinación de las restricciones ambientales.
- Cuarta etapa: Verificación o comprobación práctica de la teoría con aplicación al río Tuís, haciendo muestreos,
- Quinta etapa: Medición del impacto de la represa de la toma de agua sobre la distribución de las poblaciones de éstas especies indicadoras.

Esta metodología está extraída del Proyecto "Determinación de causales de compensación, realizado por el equipo de la bióloga Anny Chaves, hasta la cuarta etapa, ya que la quinta fue agregada para este caso específico.

Al seguir estas etapas, conseguiremos definir las preferencias teóricas y prácticas de hábitat para la Machaca y el Chupapiedras y por otro lado definir el impacto de la represa de la toma de agua sobre su distribución geográfica.

4.1. Metodología y materiales.

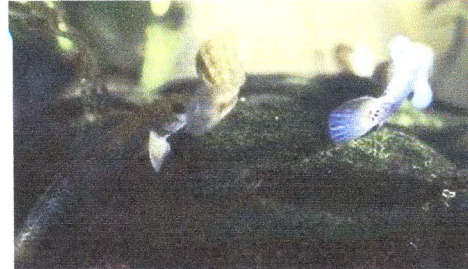
4.1.1. Elección de especies indicadoras.

Para poder elegir entre las especies indicadoras del río Tuís, se realizó previamente un inventario de peces en la cuenca. Después, se utilizó un panel de expertos científicos quienes, según sus conocimientos, jerarquizan las especies en función de su tolerancia o sensibilidad y la de sus hábitat y caudal a impactos causados por obras de control fluvial, atribuyendo notas según el grado de sensibilidad.

Se hace inicialmente una fase individual y posteriormente la fase de discusión entre grupos. El resultado se obtiene a partir de una matriz de resultados (Anexo II). Entre las especies mas indicadoras, las especies que tenia que estudiar fueron *Sicydium altum* y *Brycon behreae*, porque están consideradas más adecuadas para la cuenca del Río Tuís, según el inventario inicial (Fotos A1 y A2).

Foto A1 : Machaca (*Brycon behreae*)

Foto A2 : Chupapiedras (*Sicydiumaltum*)



4.1.2. Adquisición de conocimientos sobre la Machaca y el Chupapiedras, y sus preferencias.

Para poder estudiar prácticamente las preferencias de hábitat de esas dos especies, la etapa previa al trabajo de campo es acumular conocimientos teóricos sobre esos peces, en cuanto a la biología, la ecología y particularmente en este caso, las preferencias teóricas de hábitat en el país. En el caso del estudio, se utilizó el mismo método es decir el panel de expertos sobre las restricciones ambientales para esas especies.

4.1.3. Elección de variables para la determinación de las restricciones ambientales.

Las variables que se utilizaron para definir las restricciones ambientales para la Machaca y el Chupapiedras fueron la Velocidad de corriente, la Profundidad y el Sustrato.

- Velocidad de corriente:

Es un factor determinante para la vida del pez porque los peces se distinguen según:

- El ritmo de vida : nadador, escondido o fijado;
- La técnica de caza y el régimen alimenticio: caza en puesto, caza en perseguida para los depredadores, fijación para los herbívoros, removida del fondo para los detritívoros, ect.
- Los requisitos en oxígeno: las necesidades propias a cada especie.

De hecho la velocidad de corriente de un río determina la presencia de tal especie u otra. Se definieron cinco términos de velocidad: muy lento, lento, moderado, rápido, muy rápido. Los detalles de esos términos están en la Figura A1

Cuadro 1. Equivalencia de términos para velocidades de flujo

TERMINO	VELOCIDAD en m/s
Poza (muy lento)	< 0,2
Baja (lento)	0,2-0,4
Moderado	0,4-0,8
Fuerte (rápido)	0,8-1,2
Muy fuerte	> 1,2

Fuente : Proyecto de caudales de compensación, Anny Chaves.

- Profundidad:

La profundidad, más que todo, determina el tamaño de los peces, es decir que un río que tiene una escasa profundidad no puede permitir la vida de un pez de gran tamaño porque básicamente, las condiciones físicas del medio no lo permiten.

Además, se encuentran especies que necesitan zonas mas profundas para esconderse o también que necesitan una escasa luminosidad, lo que se obtiene en los sitios más profundos.

Se eligieron cinco niveles de profundidad:

- <0,1 m: A bajo de ésta profundidad, no se pueden encontrar ningún pez adulto distinto que las Olominas (*Phallichthys amates*)
- < 0,25 m: A bajo de ésta profundidad, se considera que los peces de altura superior a 25 cm no se pueden encontrar.
- 0,25-0,35 m: A este nivel, se considera el hecho de que se pudieran observar peces pequeños y también peces más grandes porque permitiría el paso de aquellos.
- 0,35-1 m: Esta zona coincide con los sitios de vida para una larga diversidad de peces de tamaños distintos.
- >1 m: se considera que las profundidades mayores a 1m son zonas para peces nadadores de gran tamaño.

▪ Sustrato:

El sustrato es muy importante porque constituye el hábitat de los peces que cazan al acecho y otros se esconden, se fijan, comen y se reproducen. A veces, el sustrato suele ser un estímulo para la reproducción, otras veces es el sitio donde se encuentran los macro-invertebrados que comen ciertos peces. Las denominaciones de tipos de sustratos son los siguientes: arcilloso, limoso, arenoso, grava, pedregoso, rocoso.

En el cuadro 1 se presentan las preferencias de hábitat teóricas para la Machaca y el Chupapiedras.

Cuadro 2. Preferencias teóricas de hábitat para la Machaca y el Chupapiedras

Especie	Categoría	Velocidad en m/s	Profundidad en m	Sustrato
Machaca (<i>Brycon behreae</i>)	Inadecuado	rápido, muy rápido	<0,25	indiferente
	Regular	muy lento, lento	0,25-0,5	indiferente
	Óptimo	moderado	>0,5	rocoso, arenoso
Chupapiedras (<i>Sicydium altum</i>)	Inadecuado	Muy lento, muy rápido	<0,1	arcilloso, limoso
	Regular	lento, rápido	0,1-0,25 ; >1	arenoso
	Óptimo	moderado	0,25-1	grava, pedregoso, rocoso

Fuente: Proyecto de caudales de compensación, Anny Chaves.
Peces de las aguas continentales de Costa Rica, w.Bussing.

4.1.4. Verificación o comprobación práctica de la teoría con aplicación al río Tuís:

En las cuencas pequeñas de Costa Rica, los peces presentan diferencias de coloración o de comportamiento por el hecho del aislamiento geográfico de las cuencas que da lugar al aislamiento genético de las especies. De hecho, a menudo la información teórica general que se encuentran en la literatura se refiere a una generalidad pero no se puede aplicar a cuencas pequeñas y específicas. (fuente: Peces de aguas continentales, W Bussing, 2002). Por eso, para completar un estudio sobre los peces como el estudio de las preferencias de hábitat, hay que validar el trabajo de campo para verificar o comprobar la teoría.

Entonces se hizo el trabajo de campo, con respecto al modo operatorio siguiente:

- En primer lugar, la elección de sitios de muestreos: Elegimos sitios de muestreo que presentaban las características propias de los hábitats teóricos óptimos o por los menos regulares. Generalmente elegimos colas de pozas con profundidad creciente alrededor de 50 cm o más, de corriente moderada, con sustrato de grava o de pedregosos. Otras veces elegimos algunos rápidos de corriente moderada. Los diferentes sitios de muestreos se detallan en el Anexo III.

Se eligió estudiar 3 sitios de muestreo para tener una diversidad de sitios y para hacer más representatividad de los resultados. No se pudo estudiar más sitios por la falta de condiciones adecuados en el río y por la premura de tiempo. Por otra parte, el límite geográfico del estudio fue la altitud porque la Machaca ya no se encuentra a altitud superior a 600 m mientras que el pueblo de la Suiza está a 620 m de altitud.

Para aumentar la fiabilidad de los resultados, se eligió hacer 4 repeticiones para cada sitio de muestreo, porque las condiciones climatológicas en esta zona cambian mucho y determinan las variaciones físicas del río.

- En segundo lugar, la descripción del material y de la organización de los muestreos: En cada muestreo, se trata de definir la presencia la Machaca y del Chupapedras, y por otro lado el sustrato, la profundidad y la velocidad de corriente.

Para el conteo de los peces, se debían seguir tres métodos en función de las condiciones climatológicas del día.

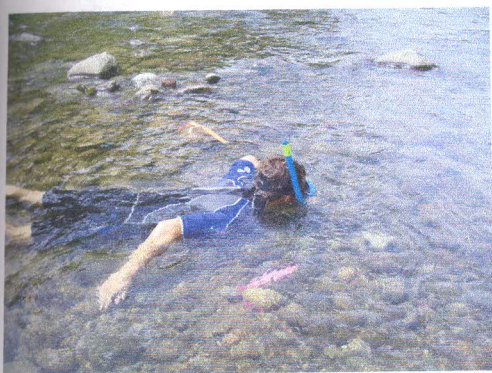


Foto A 3 : método de conteo por buceo

- Para un día claro con visibilidad en el agua de 1 m o más, se utilizó el buceo (Foto A3). La técnica, sencilla, consiste en meterse en el río y según un transecto, cruzar el río y observar a bajo y arriba y contar los peces. Cada vez que se observa uno de esos peces, se pone una marca y el buceador, describe la especie, el número de individuos, el tamaño, la actividad y el sustrato.

Foto A 4: método de conteo por atarraya



- Para un día con visibilidad inferior a 1 m, siempre y cuando no se puede utilizar el buceo, se utiliza el método de las redes "Atarraya". Consiste en echar en el río una red que recoge todos los peces (Foto A 4). Después haber reconocido los peces y el número de individuos y su tamaño, se pone la marca en el lugar donde fue tirada la atarraya.

Siempre las condiciones climatológicas nos permitieron utilizar el primer método así que la atarraya se utilizó en otros ríos, para otros estudios.

Después haber determinado las especies presentes en cada sitio de muestreo, se hacen las mediciones de la profundidad y de la velocidad de corriente del río. Un equipo del departamento de Hidrología del ICE se encarga de ésta parte del trabajo porque está habilitado para manejar las herramientas especiales.

El equipo tira una cuerda según el transepto elegido en el río, y mide, desde la margen izquierda hasta la margen derecha del río, cada metro la velocidad y la profundidad. La Foto A5 muestra las herramientas de medición de profundidad y de velocidad de corriente.



Foto A5: Medición de profundidad y velocidad de corriente

La medición de la profundidad se realiza con ésta percha graduada. La cuerda permite medir la anchura total del río.

Para medir la velocidad de corriente, se utiliza la herramienta en la foto arriba, que consiste en un "anemómetro acuático", que gira con la fuerza del agua, y cada revolución del anemómetro, produce un golpe que el técnico oye.

Registra el número de golpes en el tiempo T en él que se producen los golpes. Hay una relación entre esas dos variables, que permite determinar la velocidad de corriente.

Las medidas se realizan cada metro más cada vez que se encuentra una marca.



Estas mediciones cada metro permiten, más que determinar las preferencias de hábitat, medir el caudal del río a cada momento. Al final todos esos datos están escritos en la hoja de campo, presentada en Anexo IV.

4.1.5. Medición del impacto de la de la toma de agua ICE sobre la distribución de las especies indicadoras:

A la altura de la Suiza el río Tuis presenta la represa correspondiente a la toma de agua para alimentar el embalse Angostura (Foto A6). Esta represa tiene una altura de 7,5 metros y constituye un obstáculo infranqueable para varias especies de peces.

Foto A6 : Represa de la toma de agua en La Suiza



Entonces, para medir el impacto de esta represa sobre las poblaciones piscícolas del río Tuís, y en introducción previa al segundo tema, se determinaron otros tres sitios de muestreo aguas arriba de ésta represa. Esos tres sitios tienen las mismas características que los sitios aguas abajo, salvo el hecho de que el caudal en la parte arriba es superior a aquel de abajo.

Así, el estudio de las preferencias de hábitat y el conteo de peces en esas dos zonas podría poner de relieve varias diferencias en las poblaciones, debidas a la presencia de la represa y la disminución del caudal. Entonces el número de muestreos ya no es de 3 sino de 6.

4.2. Resultados del primer tema.

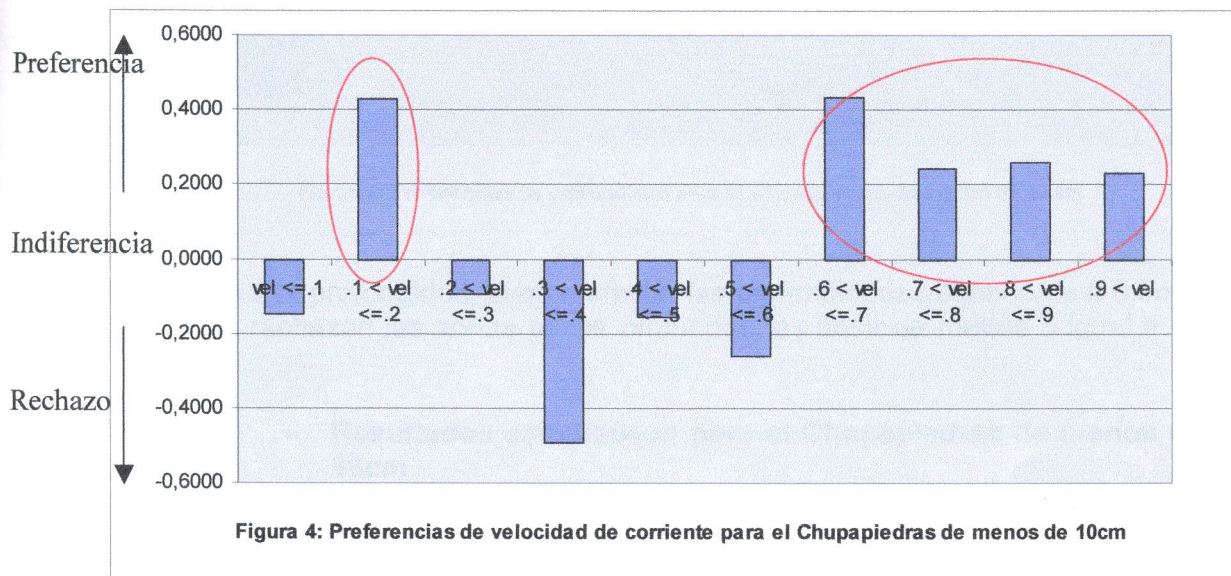
4.2.1. Preferencias de hábitat:

- Para el Chupapiedras de tamaño $T < 10\text{cm}$:

El número de individuos de Chupapiedras observados durante el trabajo de campo es de 262, la mayoría siendo representada por ejemplares de menos de 10 cm.

- Preferencias de velocidad de corriente

La figura 4 ilustra las preferencias prácticas en cuanto a la velocidad de corriente de los chupapiedras de menos de 10 cm:



Se ve que los especímenes de menos de 10 cm se encuentran en los sitios donde la velocidad está entre 0,1 y 0,2m/s pero suelen preferir las zonas donde la velocidad supera los 60cm/s.

Sin embargo, rechazan las zonas de corriente de 0,3 a 0,4 m/s.

▪ Preferencias de profundidad

La figura 5 ilustra las preferencias de profundidad para los Chupapiedras de menos de 10 cm.

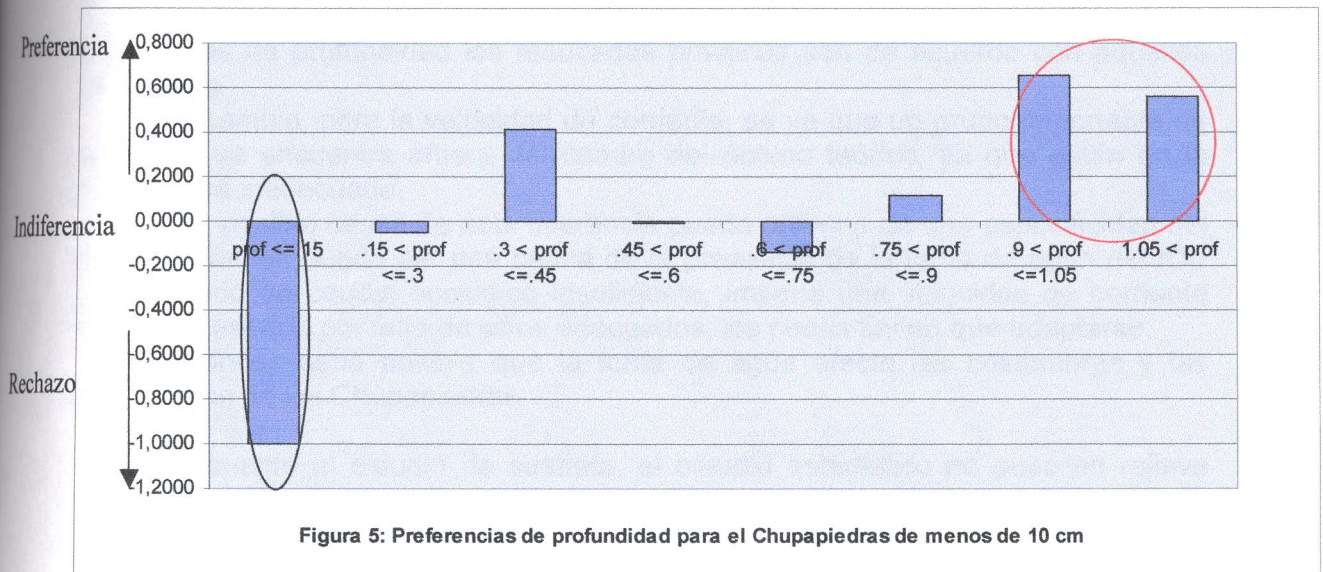


Figura 5: Preferencias de profundidad para el Chupapiedras de menos de 10 cm

En cuanto a la profundidad, suelen afectar las profundidades superiores a 0,9m/s mientras que rechazan las zonas pocas profundas, es decir de menos o igual a 15 cm.

• Resultados estadísticos para el Chupapiedras de menos de 10cm

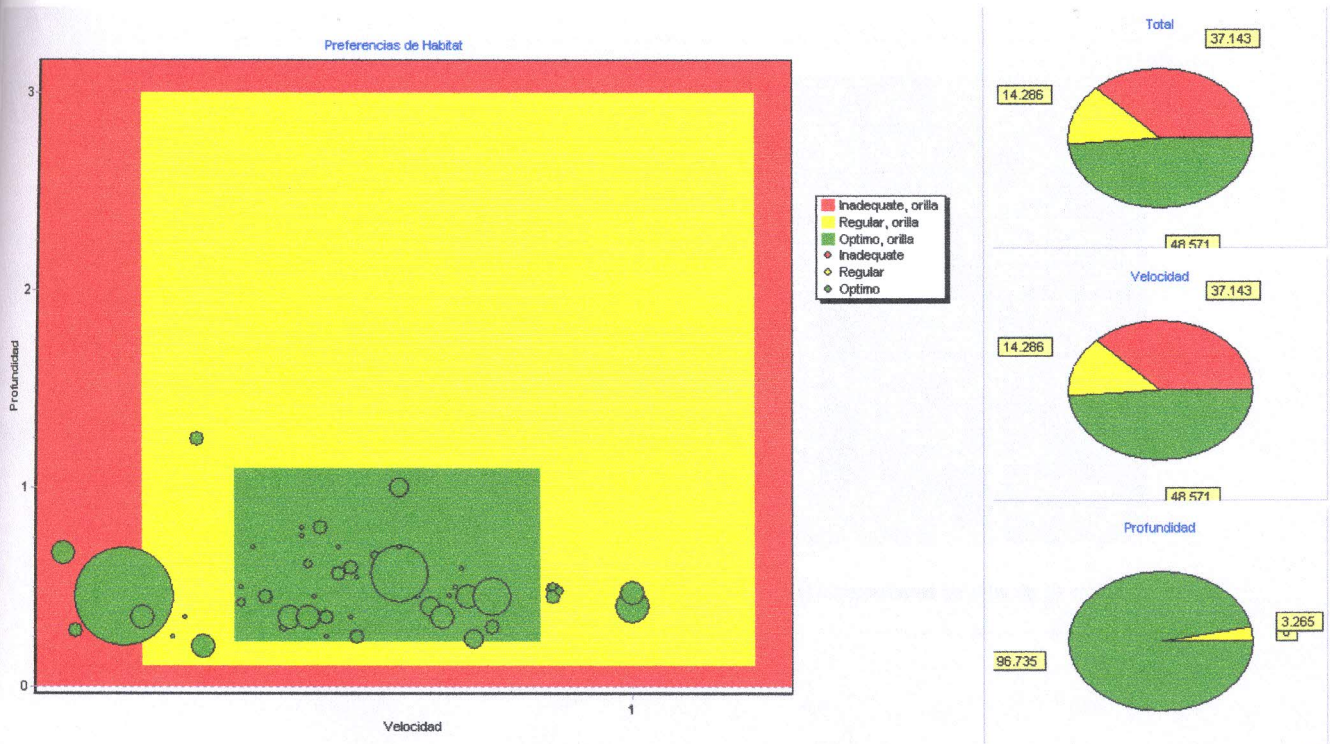


Figura 6: Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat del Chupapiedras de menos de 10 cm.

Las bolas representan grupos de individuos observados durante el trabajo de campo. Los ejes representan a bajo la velocidad de corriente entre 0 y más de 1m/s mientras que el eje vertical representa la profundidad en m, de 0 a 3 m.

Por ejemplo el óptimo teórico tendría una velocidad de corriente entre 0,30 y 0,90 m/s con una profundidad entre 0,2m y 1,1m.

En ésta figura, se puede observar que globalmente con respecto a las preferencias de profundidad los resultados prácticos son de acuerdo con aquellos los teóricos.

En cambio, para la velocidad de corriente, se ve que un grupo importante de individuos se encuentra afuera del cuadro del óptimo teórico, ya que están en la zona teórica inadecuada.

Una posible causa de ésta diferencia puede provenir de una especificidad del río pero también puede ser una causa de la presencia de la toma de agua del ICE que, dejando un caudal ecológico insuficiente, impone una velocidad de corriente muy débil, así que por falta de sitios adecuados, los peces tienen que adaptarse.

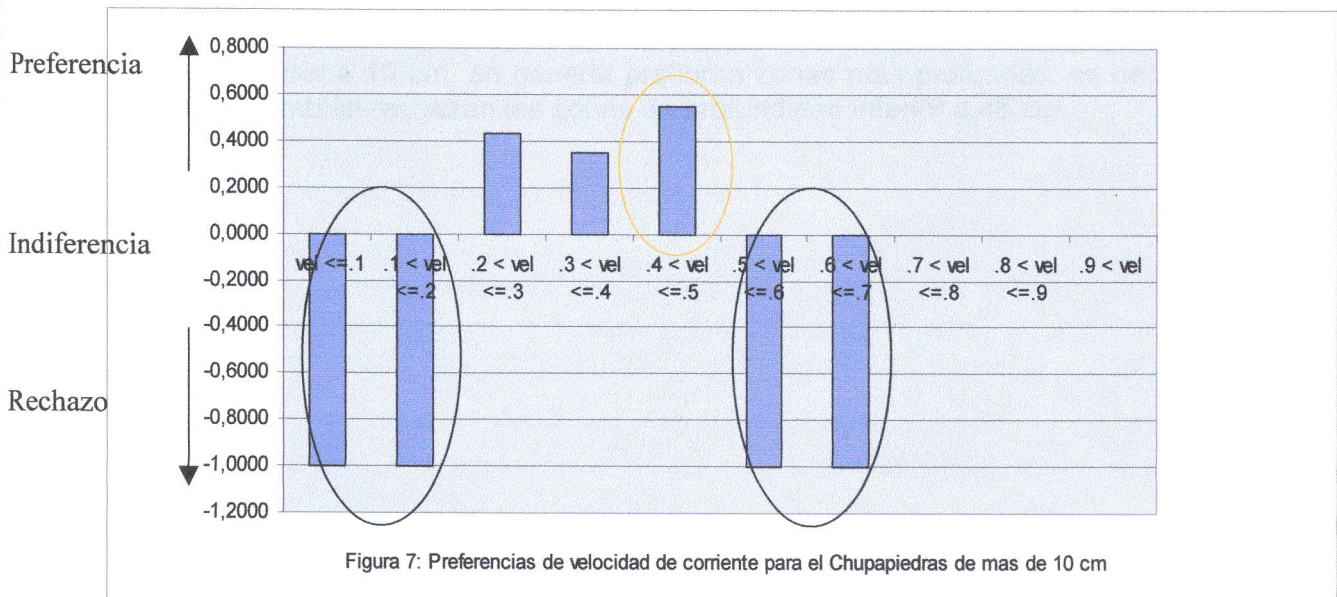
Entonces sería posible que la toma de agua afecte las costumbres y las preferencias de los Chupapiedras.

En cuanto al estudio de sustrato, el estudio estadístico no puso en relieve diferencias significativas, así que las preferencias prácticas de sustrato corresponden con las teóricas.

- **Para el Chupapiedras de tamaño T>10cm:**

- **Preferencias de velocidad de corriente**

La figura 7 ilustra las preferencias de velocidad de corriente para los Chupapiedras de menos de 10 cm.

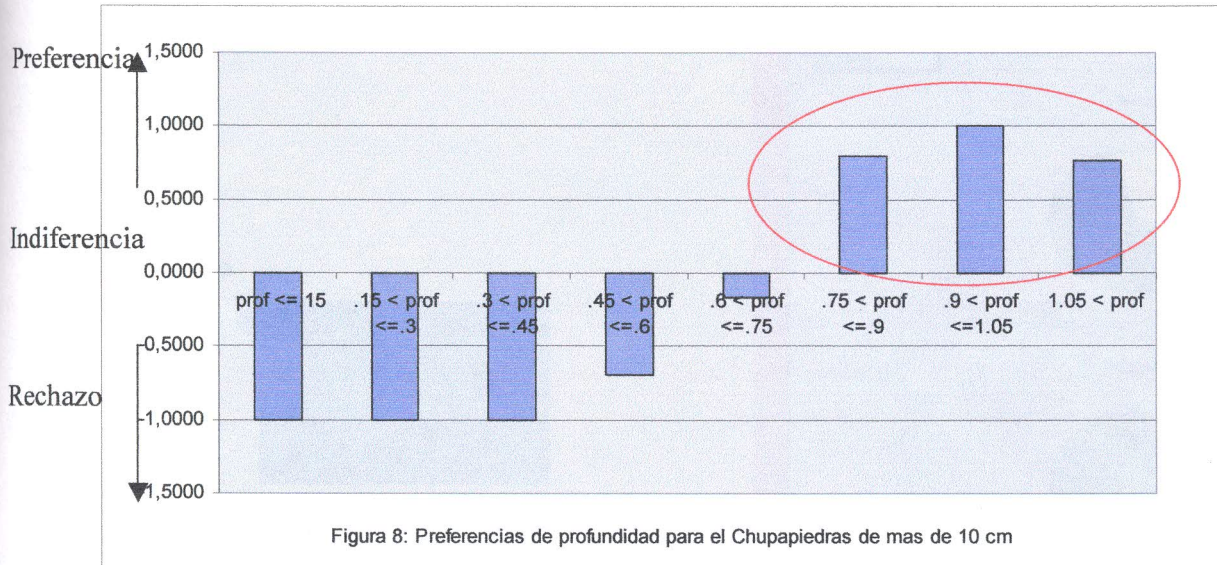


Lo que se observa en la figura 7 es que, más que todo, los Chupapiedras de tamaño superior a 10cm rechazan las zonas de velocidad tanto muy débil como fuertes es decir más que 50 cm.

Por otra parte, suelen afectar más los sitios de corriente moderada, entre 0,2 y 0,5m/s.

- Preferencias de profundidad

La figura 8 ilustra las preferencias de profundidad para los Chupapiedras de más de 10 cm.



Aquí se puede ver que, en cuanto a la profundidad para los Chupapiedras de tamaño superior a 10 cm, en general prefieren zonas más profundas, es decir más de 75 cm. También rechazan las zonas de profundidad inferior a 45 cm.

- **Resultados estadísticos para el Chupapiedras de más de 10 cm.**

La figura 9 ilustra las diferencias entre las preferencias de hábitat teóricas y prácticas para el Chupapiedras de más de 10cm.

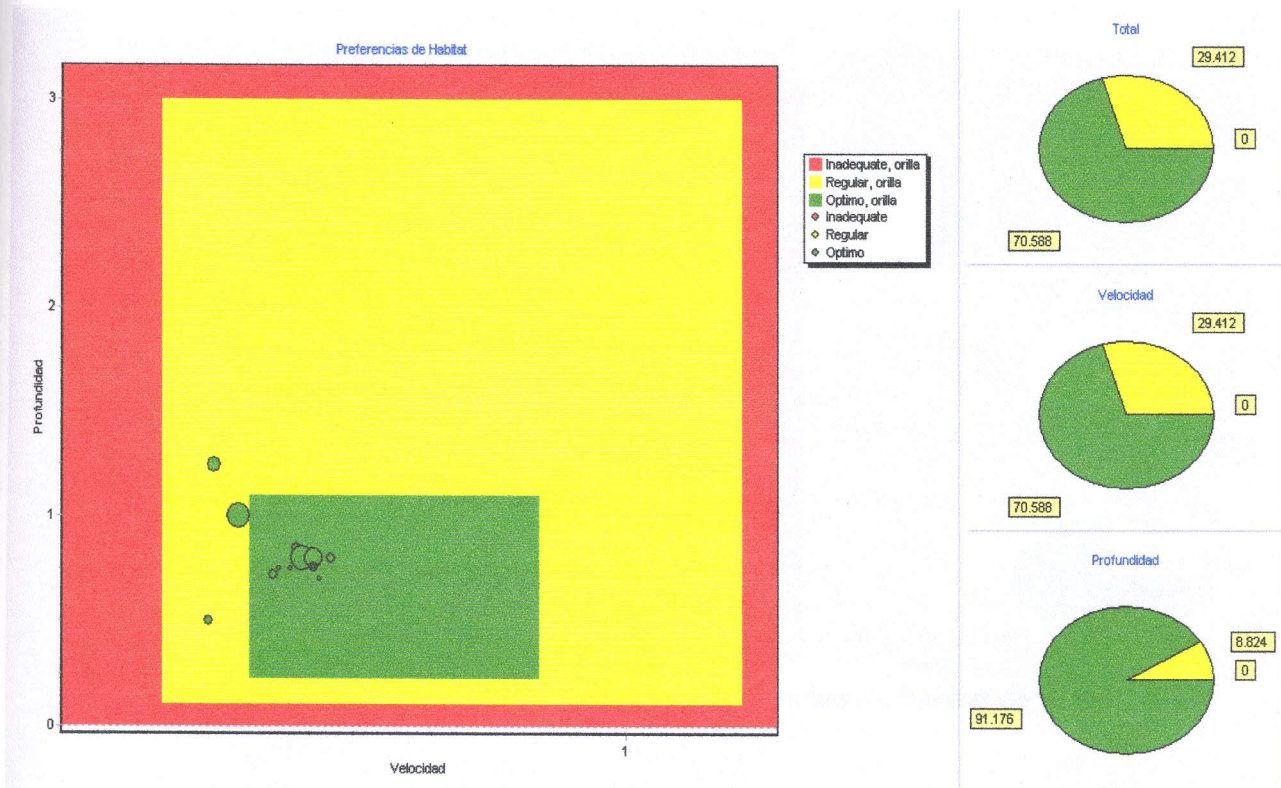


Figura 9. Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat del Chupapiedras de más de 10 cm.

Con el mismo método de análisis de los resultados estadísticos para los Chupapiedras de menos de 10 cm, se puede observar que las diferencias entre las preferencias teóricas y prácticas son pocas.

Con respecto a la velocidad de corriente, se ve que la mayoría de los grupos de individuos se encuentra en el cuadro del óptimo teórico (70,6% según el gráfico relativo a la velocidad en la parte media a la derecha de la figura). Los demás viven en zonas de corriente más débil, en la zona regular.

En cuanto a la profundidad, la gran mayoría de los individuos se encuentra en la profundidad adecuada teóricamente. Los grupos que están afuera se encuentran en zonas poco más profundas

Entonces con esas diferencias no se puede deducir ninguna causa precisa. Además, los pocos individuos obtenidos no permiten sacar conclusiones fiables. Respecto de las preferencias de sustrato, el estudio no puso sacar diferencias significativas, lo que explica la ausencia de gráfica en relación con ésta variable.

• Resultados estadísticos para la Machaca

El número de individuos observados durante el trabajo de campo fue de 17, lo que no permitió realizar las figuras idénticas de aquellas para el Chupapiedras. Lo que solo se pudo obtener es la interpretación estadística de las diferencias entre las preferencias de hábitat teóricas y prácticas, lo que ilustra la figura 10.

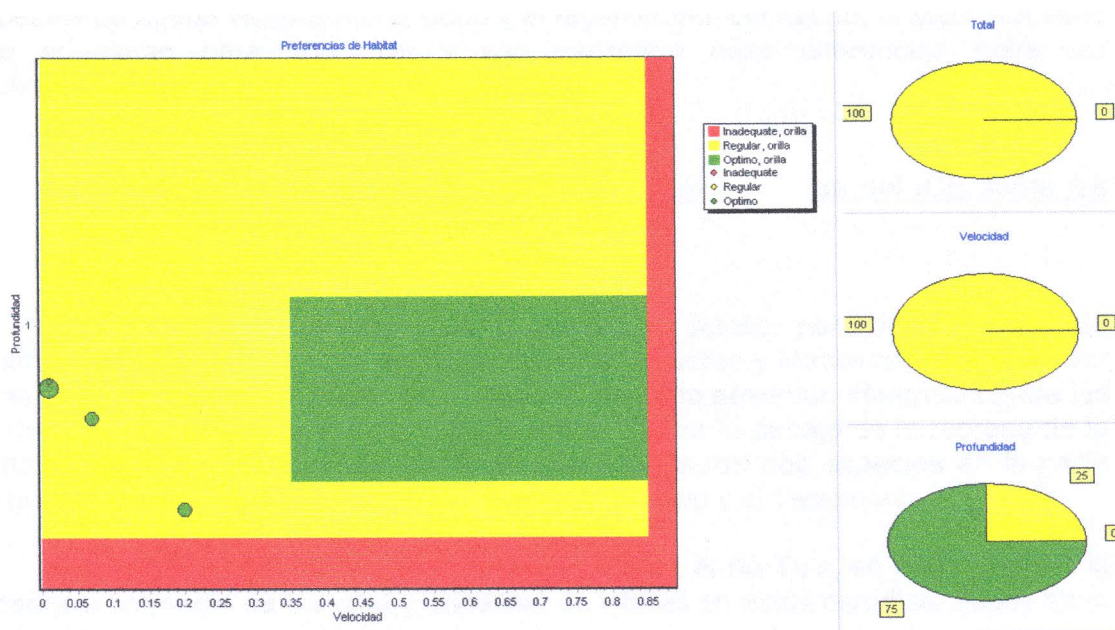


Figura 10. Resultados estadísticos de las preferencias de hábitat de la Machaca.

Teóricamente, la Machaca prefiere velocidades de corriente moderadas a altas, de 0,35m/s a 0,85m/s, con una profundidad entre 0,4 m y 1,1m. Se ve en la figura 10 que las preferencias prácticas están muy lejos del óptimo teórico con respecto a la velocidad de agua, y en cuanto a la profundidad, los individuos observados se encontraron en el óptimo teórico o por lo menos en la zona regular.

Esta figura muestra dos particularidades:

- Por un lado, se observa que la machaca tiene una buena flexibilidad de hábitat porque el área teórica regular es muy amplia y la zona inadecuada en término tanto de profundidad como de velocidad es poca: por eso las diferencias observadas no son tan grandes en la medida en que los individuos se encuentran todavía en la zona regular teórica.
- Por otro lado, se ve que esos individuos, aunque estén todavía en la parte regular, se encuentran muy lejos del óptimo teórico en término de velocidad. Todas las poblaciones de Machaca se encontraron en la parte debajo de la toma de agua del ICE.

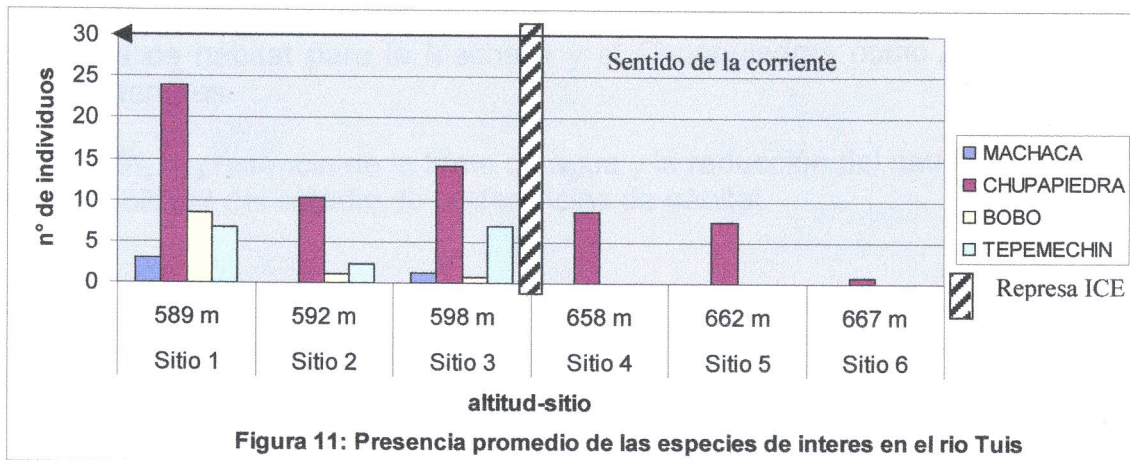
En este sentido, las diferencias entre las preferencias de hábitat teóricas y prácticas pueden mostrar el impacto de aquella toma de agua: dejando un caudal ecológico demasiado débil, la toma de agua no permite buenas condiciones de vida para ésta especie.

En efecto, los ejemplares que encontramos estuvieron en charcos y en otras zonas aisladas donde quedaba bastante agua, y donde se concentraban otras especies de aguas vivas como el Bobo y el tepemechín. De hecho, la Machaca tiene que adaptarse para sobrevivir y eso explicaría esas diferencias entre las preferencias teóricas y prácticas para la Machaca.

4.2.2. Impactos de la represa de la toma de agua del ICE sobre las poblaciones piscícolas:

La metodología utilizada para el estudio, el buceo, permitió no solamente analizar las preferencias para las especies Chupapiedras y Machacas sino observar otras especies de peces presentes. Entonces, se pudo observar diferencias entre las tendencias de poblaciones entre la parte arriba y la parte debajo de la represa de la toma de agua del río Tuís. En particular, se observaron dos especies en la parte abajo que no se encontraron en la parte arriba: el Bobo y el Tepemechín.

A lo largo de las repeticiones de muestreo en el río Tuís, se pudo obtener la presencia promedio de las cuatro especies de interés en estos estudios, dados en la Figura 11.



El Chupapiedras *Sicydium altum* es el único pez que se encuentre a lo largo de los seis sitios muestreados. Este pez vive y se reproduce totalmente en agua dulce y tiene buenas capacidades de migración porque presenta una ventosa abdominal que le permite subir sobre paredes verticales aún afuera del agua. (Fuente: Peces de las aguas continentales de Costa Rica, W. Bussing, 2002)

En cambio, las machacas se observan solo en el sitio 1 y 3 que presentan pozas más profundas y tranquilas o sitios de concentración de peces por falta de agua, pero de manera general, esta especie se presenta en un bajo número en el río, presente únicamente aguas debajo de la toma de agua del ICE. Cumple su ciclo de vida en agua dulce, así que no es migratorio.

Teóricamente, la machaca no se encuentra a altura superior a 600m, entonces es bastante normal que se encuentre de manera esporádica aquí. (Fuente: Peces de las aguas continentales de Costa Rica, W.Bussing, 2002)

Con respecto al Bobo y el Tepemechín, están presentes en abundancia desde los sitios 1 a 3 pero no aparecen en los sitios arriba de la represa. Puesto que la represa alcanza casi 8 metros, esos peces migratorios y están ausentes en la parte arriba de la represa, se puede deducir el impacto de que la toma de agua tiene sobre los mismos: Impide que el Bobo y el Tepemechín puedan subir a lo largo del Río Tuís.

En este caso, esas especies no pueden movilizarse hacia el mar y hacia aguas arriba. Finalmente, esas poblaciones se aíslan geográficamente y por falta de repoblación, desaparecen, lo que está pasando en la parte arriba del Tuís. Para reestablecer poblaciones de Bobo y de Tepemechín en esta parte del río Tuis de manera natural y asegurar la migración de esas especies a lo largo del río, se debe edificar una vía que permitiría la conexión entre las dos partes del Tuis al nivel de aquella represa, lo que introduce el tema II.

Otro impacto de la toma de agua del ICE sería el cambio de costumbres y preferencias de hábitat para la Machaca y el Chupapiedras como lo vimos en los párrafos anteriores.

Por fin, la presencia de la toma de agua y la reducción del caudal que provoca afecta la fiabilidad del estudio de preferencias de hábitat.

Conclusión y discusión preliminar del tema 1:

Al nivel del río Tuis, el número de repeticiones realizadas es poco, necesitaría hacer un seguimiento de los muestreos a un plazo más largo, para confirmar la validez de los resultados.

De este estudio resulta que el Chupapiedras se encuentra más en zonas de corriente cuando es juvenil, viviendo sobre un sustrato rocoso y de piedras y sobre todo prefiere las zonas profundas, a partir de 75 cm. Cuando es adulto, suele vivir en zonas de corriente más moderada, con las mismas otras características en término de sustrato y profundidad.

En cuanto a la Machaca, a pesar de las presencias esporádicas, suele preferir en este caso las zonas más tranquilas donde cohabita con los peces de tamaño superior como el guapote y otros grandes cíclidos aunque sus costumbres pudieran estar afectadas por los impactos de la toma de agua.

Globalmente, el trabajo de práctica relativo al primer tema puso en relieve el problema de una falta de gestión sostenible del recurso hídrico, lo que impacta sobre la vida acuática. En efecto, el caudal ecológico dejado por las represas hidroeléctricas son débiles, las poblaciones piscícolas tienen que adaptarse a la falta de agua, concentrándose en zonas aisladas, esperando que el nivel suba de nuevo.

Finalmente, este factor hace que las presencias observadas no suelen ser aquellas reales. Por eso, la fiabilidad de los resultados es poca lo que afecta el estudio.

De forma general, parece que el río Tuís necesita un plan de manejo concreto para reestablecer ciertas poblaciones piscícolas. En efecto, la escasez de algunas especies de peces en la parte arriba de la represa demuestra una gestión inadecuada del recurso hídrico, que afecta la biodiversidad piscícola y también a la ciudadanía que no pueden aprovechar el río. Por eso, pareciera útil establecer un plan de seguimiento del río, incluyendo programas de restauración del estado actual.

Eso se podría hacer mediante una sensibilización al público, educación ambiental, jornadas de recolección de desechos, ect. El mayor problema que encuentra el río Tuis en la represa de la toma de agua es que impide que varias especies indicadoras como el Bobo y el Tepemechín puedan subir.

De hecho, lo que se podría recomendar es una utilización más sostenible del recurso hídrico, mediante un caudal ecológico adecuado. En efecto, la mayoría del tiempo, la represa está captando más de 90 % del caudal y lo que queda en la parte abajo no permite buenas condiciones de vida para las especies presentes en esa zona.

Para conseguir eso, hace falta cerrar unas parrillas al nivel de la toma para permitir que un volumen más importante de agua pase sobre el lecho natural del río. Por otro lado la instauración de un paso que permita la migración del Bobo y del Tepemechín aportaría una solución para repoblar las aguas del Tuís.

5. SEGUNDO TEMA: VIA PARA EL PASO DEL BOBO (*Joturus pichardi*) Y DEL TEPEMECHIN (*Agonostomus monticola*)

5.1. Introducción:

El Bobo (*Joturus pichardi*) y el Tepemechín (*Agonostomus monticola*) son los únicos representantes de agua dulce de los Mugilidae que viven en Costa Rica (Foto B1 y B2).



Foto B1 : el Bobo



Foto B2 : el Tepemechin

Esos peces comen frutas y algas pegadas sobre las rocas, además de insectos acuáticos. Se encuentran en los rápidos de los ríos donde nadan y suben en la corriente.

Son especies catádromas, viviendo en el río durante la época de descanso sexual y cuando llega el periodo del celo, al principio de la época seca en Noviembre, bajan el río hasta el mar donde se reproducen. (Fuente: Peces de las aguas continentales de Costa Rica, W.Bussing, 2002)

Uno de los problemas descritos en la actualidad en la cuenca del Reventazón, es la utilización del recurso hídrico para la producción de electricidad, constituyéndose las represas en obstáculos que los peces no pueden franquear, así que impiden la reproducción.

El Bobo y el Tepemechin representan en la cuenca del Reventazón un alto interés sociocultural gracias a la calidad de su carne. Tienen un interés para la sociedad, y la presión de pesca va aumentando. Adicionando las crecientes actividades hidroeléctricas, el número de hábitat va disminuyendo y las poblaciones van desapareciendo.

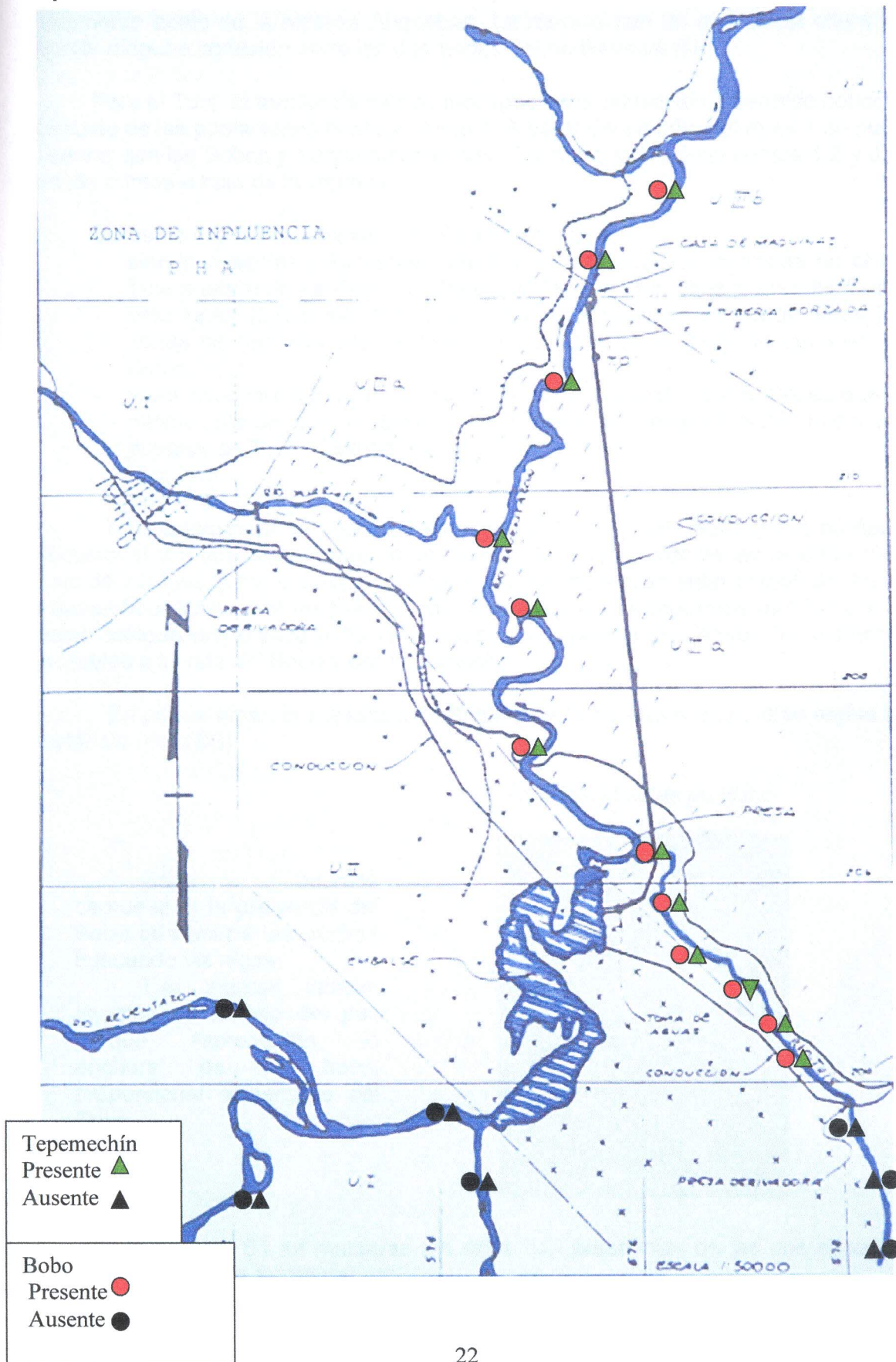
Por un lado, la represa Angostura representa un obstáculo a la migración de esos peces en el río Reventazón y también en el Río Tuís.

5.2. Estado de las poblaciones y de los obstáculos:

5.2.1. Estado poblacional:

Para realizar este proyecto, hay que determinar los límites geográficos de la distribución del Bobo y del Tepemechín a lo largo de los dos ríos (Mapa B1).

Mapa B1: Ubicación del contexto del tema 2, presencia del Bobo y del Tepemechín



Con respecto al río Reventazón, se observan el bobo y el tepemechin únicamente abajo de la represa Angostura. La represa con 35 metros de altura no permite ninguna conexión entre las dos partes del río Reventazón.

Para el Tuís, el trabajo de campo realizado en el primer tema permitió conocer el estado de las poblaciones hasta el punto 1. A partir del estudio del tema 1 se pudo observar que los Bobos y Tepemechines se encuentran sólo en los puntos 1,2 y 3, o sea los puntos a bajo de la represa.

De estas observaciones se puede deducir que:

- siendo especies migratorias catádromas, y siendo encontradas en el río Tuís a altura de La Suiza, el Bobo y el Tepemechín consiguen subir hasta este lugar, lo que significa que no hay obstáculo infranqueable entre las zonas de reproducción, el mar, y la represa de la toma de agua en La Suiza.
- Esas especies están ausentes en la parte arriba de la represa, ya que la misma impide que el Bobo y el Tepemechín puedan subir hacia los pueblos de Tuis y Tayutic.

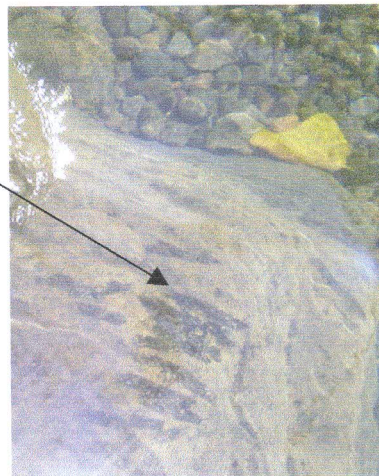
Para asegurarse de que la presencia del Bobo y del Tepemechín no fuera excepcional y única, estudiamos la presencia de éstas especies en la parte más abajo del río Tuís (junto a la represa Angostura) donde suelen estar presentes, hasta la desembocadura en el río Reventazón. Este estudio de presencia se hizo con el mismo método como para el tema 1, escogiendo puntos de estudio teóricamente favorables a la vida del Bobo y del Tepemechín.

En primer lugar, la presencia de huellas de Bobo sobre las piedras atesta su existencia (Foto B3).

Foto B3: Huellas de Bobo

Esas marcas demuestran la presencia del Bobo que chupa las piedras buscando las algas.

Las marcas indican también el tamaño del pez porque representan la anchura de la boca, proporcional al tamaño del Bobo.



En el mapa B1 se muestran los sitios con presencias de las dos especies que viven en el río de forma regular.

5.2.2. Estado de los obstáculos:

Para el estudio de la franqueabilidad de los obstáculos, se debe tener en cuenta varios criterios (Fuente : Causes et Impacts de l'ensablement et des seuils sur les populations piscicoles et hydrobiologiques sur les rivières Sédelle, Cazine et Brézentine, JPh Vornière, 2004):

- la altura de la caída de agua : en el caso del Bobo y del Tepemechín no se conocen las aptitudes físicas en cuanto al salto, sólo se sabe de manera empírica que el Tepemechín, a partir de 10 cm, puede saltar 1,20 m y el Bobo suele saltar todavía más alto,
- el espesor de la lamina de agua arriba del obstáculo: no puede ser menos de 10 cm para permitir el paso del pez bajando como subiendo,
- la velocidad de corriente que no debe alcanzar la velocidad de natación del Bobo y del Tepemechín, que puede alcanzar 3 metros por segundo.
- la presencia de una profundidad adecuada abajo del obstáculo en el caso de la necesidad de saltar. Escogeremos una profundidad de 30 cm con respecto a los datos empíricos obtenidos gracias a la colaboración del programa de investigación sobre el Tepemechín "Proyecto Tepemechín".

Los obstáculos infranqueables en el lecho del río Tuís son:

- la represa de la toma de Agua en La Suiza que pertenece al ICE
- la represa Hidroeléctrica Tuis que es una explotación privada.

Al nivel del río Reventazón, la problemática se centra sobre la represa Angostura y Cachí (el estudio no lo abarca).

- Represa de la toma de Agua en La Suiza :

La toma de agua del ICE se encuentra entre Canadá y La Suiza. Sirve para extraer el agua del río, entre 4 y 5 m³/s de promedio, y la distribuye al embalse gracias a un canal de 3000 m. Es un edificio de 40 m de longitud, de 7,5 m de altura y de 28 m de anchura (Fotos B4, B5, B6, Anexo V). Según los criterios de franqueabilidad, las dimensiones del edificio no permiten la migración.

Foto B4: Represa de la toma de agua del ICE, parte arriba

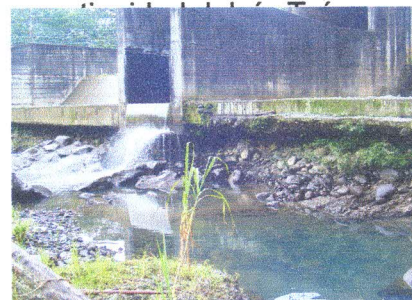


Foto B5: Represa de la toma de agua del ICE, zona de captación de agua, gracias a las grillas en la parte arriba. A este nivel se puede controlar el caudal a extraer.



Foto B6: Represa de la toma de agua del ICE, parte abajo.

La parte abajo recibe solo este caudal. La represa constituye una fractura considerable en la



- Represa privada en la parte arriba del Río Tuís :

Esta represa se utiliza para alimentar una actividad hidroeléctrica privada que extrae 1200 L/s. Deja un caudal ecológico de 78 L/s, es decir menos de 6,5 % del caudal del río. (Foto B7 , Anexo VI).

Foto B7: Represa privada en el Río Tuís



La represa mide 8 m de altura, 20,5 m de anchura y casi 40 m de longitud. Ninguna adaptación existente permite la migración

- Represa de la Angostura :

Este edificio tiene una altura de 38m, una longitud de de 240m y una anchura de 10 m al nivel de la cresta (Foto B8, Anexo VII). Con esas dimensiones la migración de peces es totalmente imposible. Esa represa contiene un volumen de agua de 550 000m³ con una superficie de 2,46 km². (Fuente: Evaluación de impacto ambiental, documento principal, ICE,1999).

Foto B8: Represa de la Angostura y río Reventazón



5.3. Propuesta preliminar de alternativas:

5.3.1. Al nivel del río Reventazón:

La represa de la Angostura y Cachí (no tomada en cuenta para este estudio) representa un obstáculo mayor en el lecho del río Reventazón. Considerando las dimensiones del edificio, dos alternativas son posibles: por un lado la creación de un ascensor para peces, y por otro lado la creación de una vía según un río artificial que conectaría el embalse con el río abajo.

En efecto, el mayor problema es que, debido a la actividad de hidroelectricidad y al sistema de recuperación del agua de las represas, el nivel de la superficie del embalse varía mucho a lo largo del año, hasta 7 metros. Este aspecto hace que la construcción de una escalera de peces básica no se puede realizar porque aquella necesita un nivel estable para permitir el paso del agua dentro de la escalera.

Entonces, dos soluciones: adaptarse a las variaciones de nivel del agua con la puesta en marcha de un ascensor o bien eliminar el problema conectando la parte arriba del Reventazón con aquella abajo, gracias a un canal que permitiría el paso del Bobo y del Tepemechín, entre otras especies.

- Creación de un ascensor para peces:

El modelo de ascensores para peces es utilizado en Europa para permitir que el salmón (*Salmo salar salar*) y otras especies migratorias puedan subir y reproducirse.

Esta técnica, es muy eficaz y costosa, y por eso se edifica generalmente sólo para los ríos donde se encuentran especies de gran interés ecológico y económico. Este tipo de ascensor se podría edificar en el marco del río Reventazón porque es un río muy importante al nivel de Costa Rica y las especies en cuestión en este tema son de valor económico y ecológico considerable.

Técnicamente, se presenta como un ascensor básico que aguanta un volumen determinado de agua con peces y que sube periódicamente hasta el nivel del embalse. Consiste en una caja que se abre y se cierra cuando está en la parte abajo, se levanta gracias a un cable y descarga el contenido arriba.

Necesita un técnico para mantener y abrir la caja para liberar los peces y controlar el buen funcionamiento. Generalmente, se utiliza para alturas mayores, desde 7 m hasta más de 30 m (Figura B1).

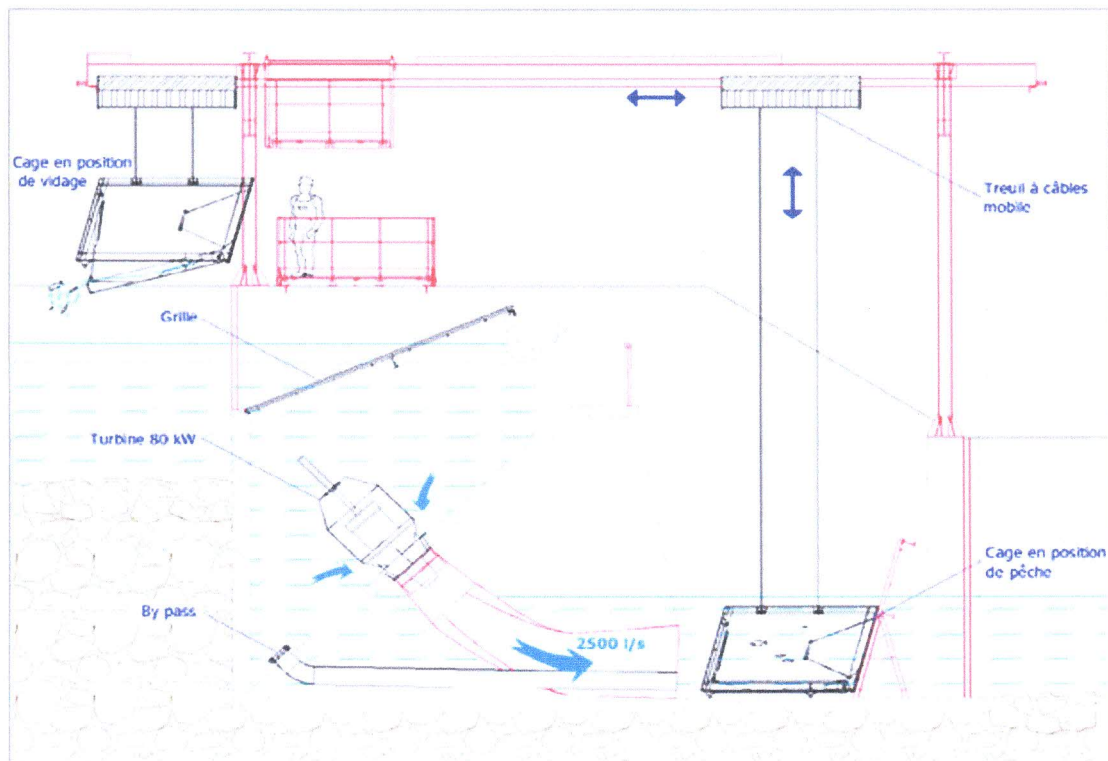


Figura B1 : Funcionamiento del ascensor para peces, esquema y foto

Fuente: http://www.bpetudes.com/index.php/bpetudes/accueil/les_prestations/maitrise_d_oeuvre_et_suivi_de_fabrication, bp étude, sitio web de oficina de estudios

- Creación de una vía para peces:

Siendo el problema mayor la variación periódica del nivel del agua en el embalse para la elaboración de una escalera fija, hay que eliminar este inconveniente. Eso significa que tenemos que buscar un sitio que no sea dependiente del embalse, es decir en la parte arriba del río Reventazón, arriba del embalse.

Entonces, el objetivo es conectar las dos partes del río sin cruzar el embalse, o sea crear un río artificial, paralelo al embalse Angostura.

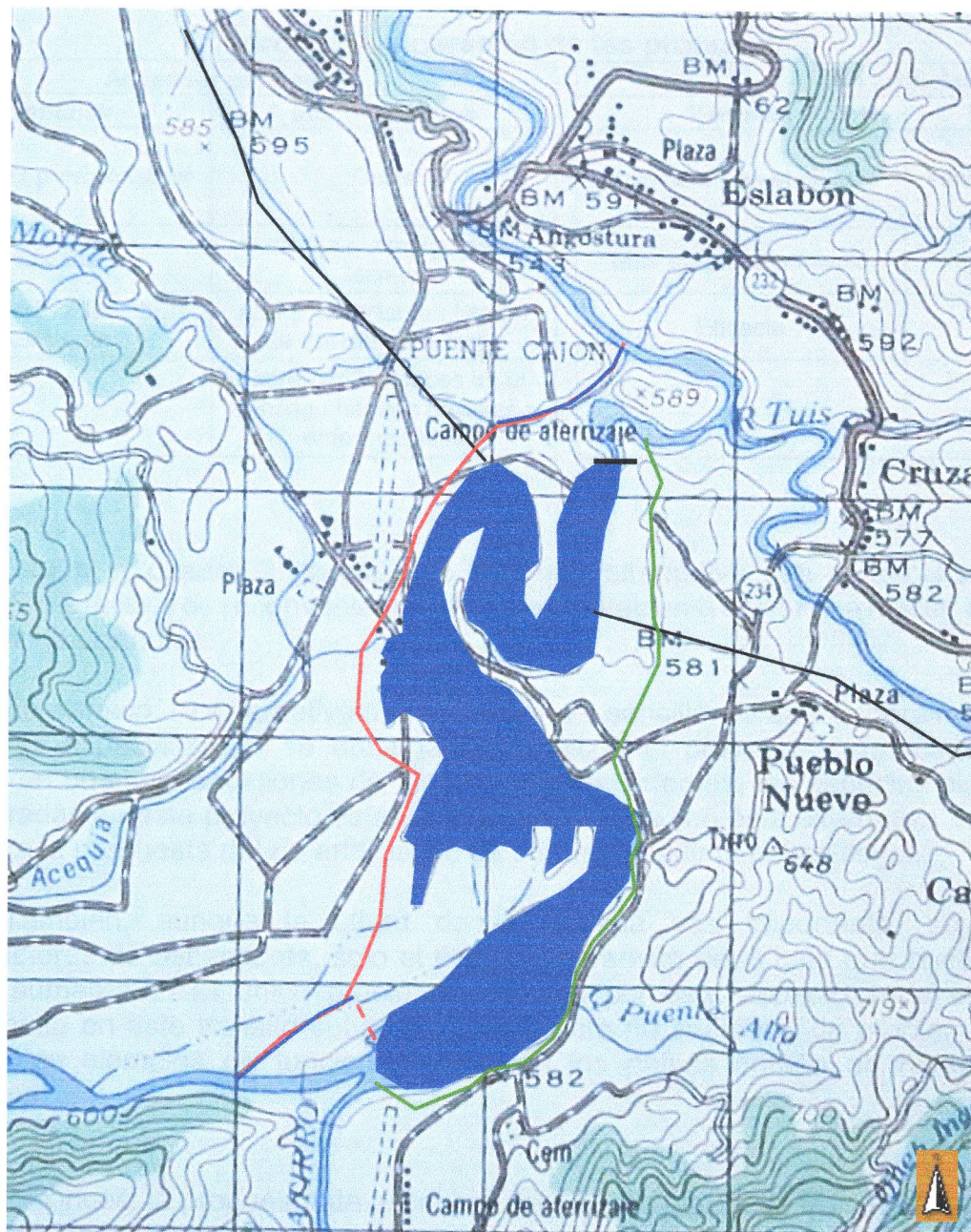
La mayor dificultad para realizar tal proyecto es la existencia de obras humanas ya existentes como carreteras, puentes, y obras naturales como ríos. También hay que considerar las curvas de nivel de manera a edificar algo realizable. Además, para minimizar los costos debidos a la longitud exagerada del proyecto, buscamos ríos presentes que pudieran servir de punto de inicio o de vías de migración después una eventual mejora de su estado.





En este caso, dos alternativas son posibles:

- La margen norte del embalse presenta varios ríos naturales y la pendiente es suave. A pesar de esas ventajas, tenemos que enfrentarse a varios inconvenientes como unas calles, y el puente donde pasa el canal del río Turrialba. La distancia a recorrer es de 4300 m, 1400 m son naturales así que solo faltarían 2900m a construir.
- La margen sur del embalse presenta menos carreteras, es más corta, pero la pendiente es más fuerte, y un río más el canal del río Tuis constituyen obstáculos para la edificación del proyecto. Además, no hay ríos paralelos que se podrían utilizar. Este proyecto mediría 3900 m.

El mapa B2 ilustra el proyecto. Las dos alternativas tienen el inconveniente de cruzar un canal, lo que hace difícil el proyecto. En cuanto a la pendiente, eso se puede arreglar en la alternativa 2 si se edifica la vía siguiendo la margen del embalse. Este proyecto necesitaría, si es adoptado, más estudio en el ámbito de obras humanas para su realización. Solo aquí tenemos que presentar una alternativa posible para permitir que el Bobo y el Tepemechín puedan subir.

Mapa B2: Proyecto « vía Bobo y Tepemechin »



-  Canales que aportan las aguas del río Tuis y Turrialba en el embalse.
-  Parte del proyecto siendo un río natural
-  Alternativa 1
-  Alternativa 2

Escala 1/28 600

Fuente: IGN Costa Rica

Foto B9: ejemplo de río artificial



- Comparación de las propuestas :

Cuadro 3. Comparación de las propuestas

Ascensor para peces		Río artificial	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Sencillez para construir	Coste	Integración en el paisaje	Infraestructura presente
Eficacia	Necesita el empleo de un técnico	Mas barato al principio	Problemas de propiedad
Adaptación a las obras existente	Altura importante : tiempo de transito mas largo	Eficacia	Otros problemas de terreno
	Estrés de los peces en el transito : heridas posibles y enfermedades		Problemas de pesca prohibida : paso restringido

Según el cuadro 3 parece que la mejor alternativa sea el ascensor para peces. En efecto, los inconvenientes de la elaboración de un río artificial en ésta zona son importantes.

En cambio, la alternativa del ascensor es sencilla porque generalmente las empresas especializadas se encargan de realizar el proyecto y de mantener el edificio en buenas condiciones de funcionamiento. Además, las especies piscícolas involucradas en este proyecto estarían más protegidas con ésta alternativa. Mientras que para la propuesta del río artificial no se podría impedir la pesca ilegal.

También, aunque la altura de la represa sea importante, según los constructores de ascensores, solo el tiempo de transito de la caja que contiene los peces aumentaría. El único problema causado por este aspecto sería el estrés ocasionado en este transito sobre los peces, pero no suele ser un problema grave porque los ejemplos de funcionamientos en los países demás no revelan este problema.

Entonces, la propuesta de ascensor para peces parece la más adecuada para la represa Angostura.

5.3.2. Al nivel de la represa de toma de agua del ICE:

La represa de la toma de agua del ICE al nivel de Canadá de La Suiza presenta dimensiones que permiten la edificación de un paso para peces. Los dos obstáculos mayores son la caída de 2,5 m abajo del edificio y la caída arriba donde se encuentran las parrillas que representa un obstáculo de 5 m sobre una distancia de 8,5 m. (Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental, documento principal, ICE, PHA, 1991)

La propuesta sería edificar un canal fijado a la pared derecha de la represa que conectaría la parte arriba al nivel de las parrillas hasta la parte abajo. Haría falta tapar 5 o 6 parrillas para realizar éste edificio y permitir un volumen mínimo en el canal. Además, en éste canal la presencia de gradas sucesivas permitiría frenar la corriente y constituir zonas de descanso para los peces en migración.

En cuanto a las dimensiones del mismo, una anchura de 70 cm, altura de 50 cm parecerían adecuadas para el tamaño promedio de los peces encontrados en la parte abajo del río. También las gradas tendrían una altura de 40 cm y una longitud de 30 cm y una anchura de 10 cm para permitir frenar eficazmente la corriente.

El espesor del material de cemento sería de 15 cm o sea una anchura final de 1m, altura final de 75 cm. Para las gradas un espesor de 10 cm sería suficiente. Existen dos posibilidades para fijar éste canal: o bien plantar postes de hierro en la pared para soportar la estructura o bien rellenar con cemento la parte debajo del canal a lo largo de la estructura.

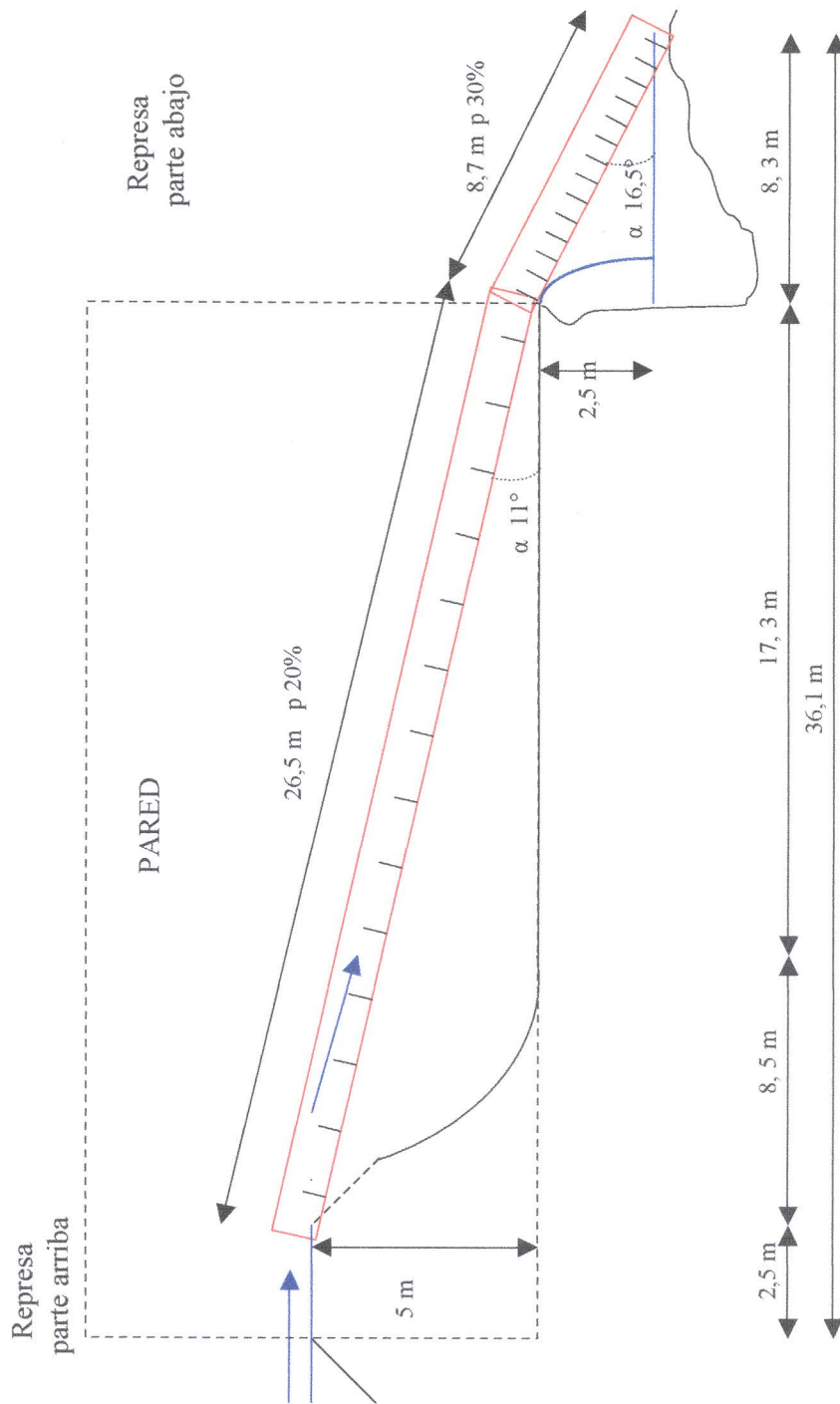
El edificio se dividiría en dos partes, la primera se desarrollaría desde las parrillas tapadas hasta el final de la represa y tendría una longitud de 26,5 m y una pendiente uniforme de 11° o sea 19,4%. La segunda parte se desarrollaría desde el fin de la primera parte hasta el nivel del río abajo. Tendría una pendiente de 30 % o sea $16,5^\circ$ con una longitud de 8,5 m.

El esquema correspondiente en frente (Figura B2) ilustra el proyecto.

-  Edificio existente
-  Nivel del agua
-  Proyecto

Vista de lado izquierda

Foto B10 : ejemplo de canal



Vista desde Arriba

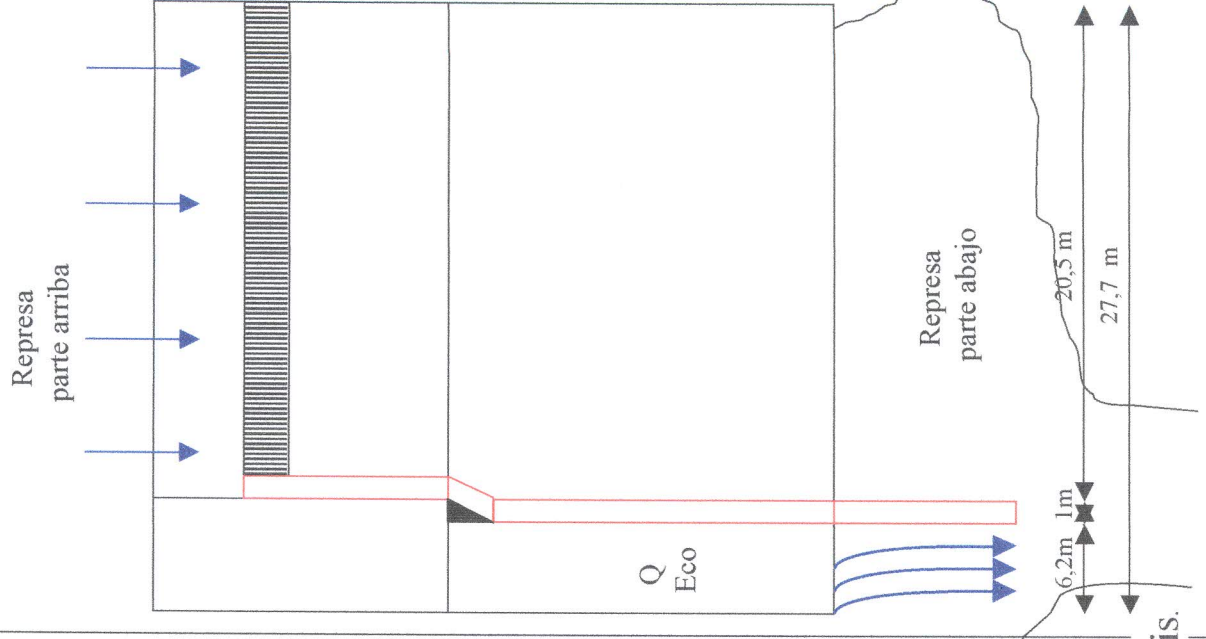


Figura B2: Esquema del proyecto en la represa de la toma de agua del ICE, río Tuis.

5.3.3. Al nivel de la represa privada:

El caso de la represa privada es un poco más delicado por su carácter privado. También, siendo mucho más arriba de la represa de la toma de agua del ICE, la puesta en marcha de un paso para permitir la migración del Bobo y del Tepemechín se tendrá que hacer después de aquella construcción sobre la toma de agua del ICE.

Sin embargo, vamos a proponer una alternativa que se podría adoptar en el futuro. La planificación de un paso para peces en ésta represa es diferente de la precedente del hecho su manera de extraer el caudal. En efecto, en éste caso no se trata de parrillas sino de un desvío de una parte del río arriba de la represa. Luego, la compuerta de la represa libera el caudal ecológico cuando se abre de unos centímetros para dejar el agua pasar.

Entonces, el objetivo siendo utilizar el caudal ecológico como fuente de agua para llenar la vía de migración, no podemos utilizarla completamente porque la apertura de la puerta es demasiado estrecha y el agua sale con demasiada presión. Entonces, una alternativa sería tapar la puerta y crear una apertura en el dique donde saldrían las aguas de superficie, y luego alcanzar la vía existente utilizada para evacuar el caudal ecológico.

Aquella apertura se podría hacer a la derecha de la parte izquierda del edificio, donde está la represa. Después, la pendiente siendo demasiado importante y la altura a franquear siendo de 6,75 m con una distancia de 16,9 m, la mejor alternativa, que permitiría la migración no solamente del Bobo y del Tepemechín sino de otros peces, sería adoptar el mismo sistema como para la represa de la toma de agua del ICE en el río Tuis, es decir un canal siguiendo la pared y bajando según una pendiente uniforme hasta la vía del caudal ecológico (Figura B3).

En cuanto a la apertura en el bloque de cemento, sería de 50 cm desde el punto más elevado del dique y seguiría recta sobre una distancia de 2 m antes de alcanzar el canal fijado a la pared y finalmente la vía del caudal ecológico.

Las dimensiones del canalón serían las mismas que para el proyecto de la toma de agua, es decir de 70 cm de anchura, 50 cm de altura con cemento de 15 cm alrededor, y gradas de 40 cm de altura, 30 cm de anchura y de 10 cm de espesor. La longitud del edificio sería de 20 m con una pendiente de 37%.

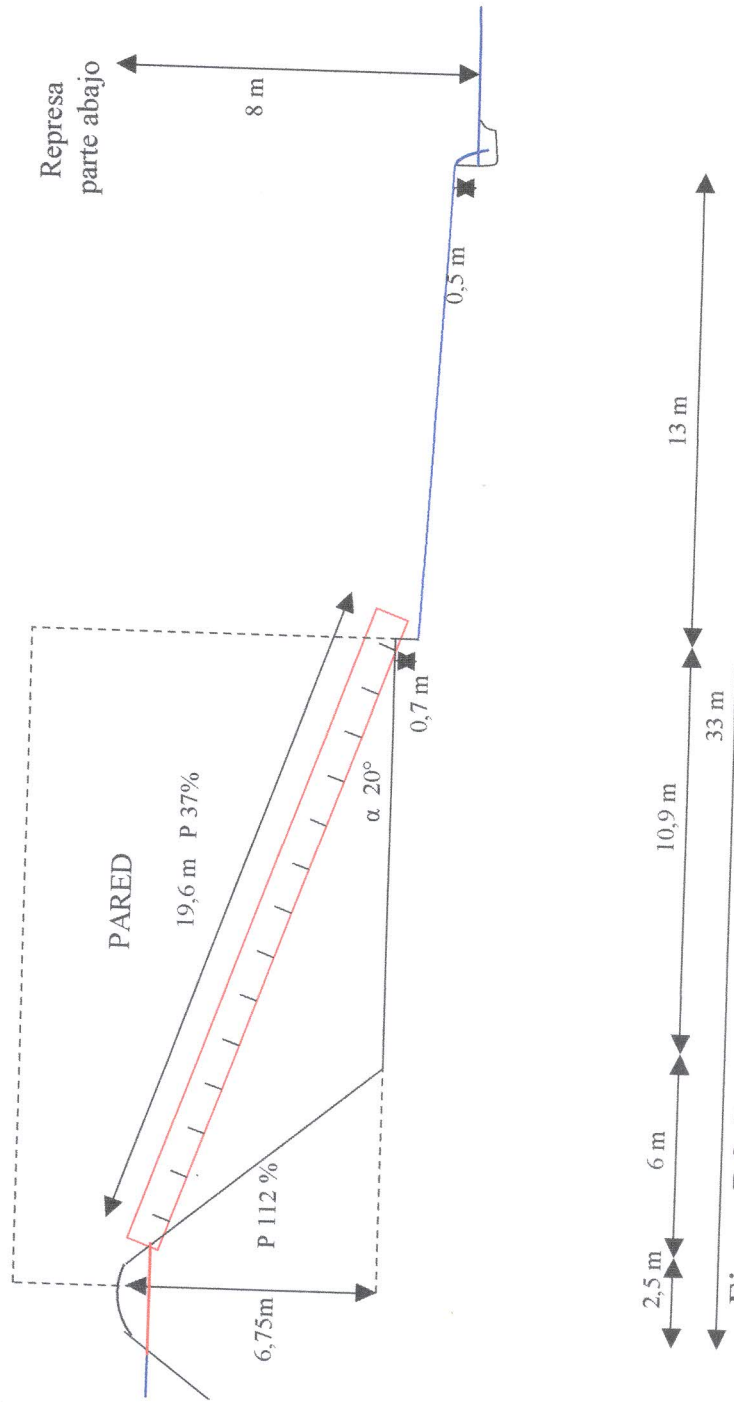
-  Edificio existente
-  Nivel del agua
-  Proyecto

Vista de lado izquierda

Foto B11 : ejemplo de canal

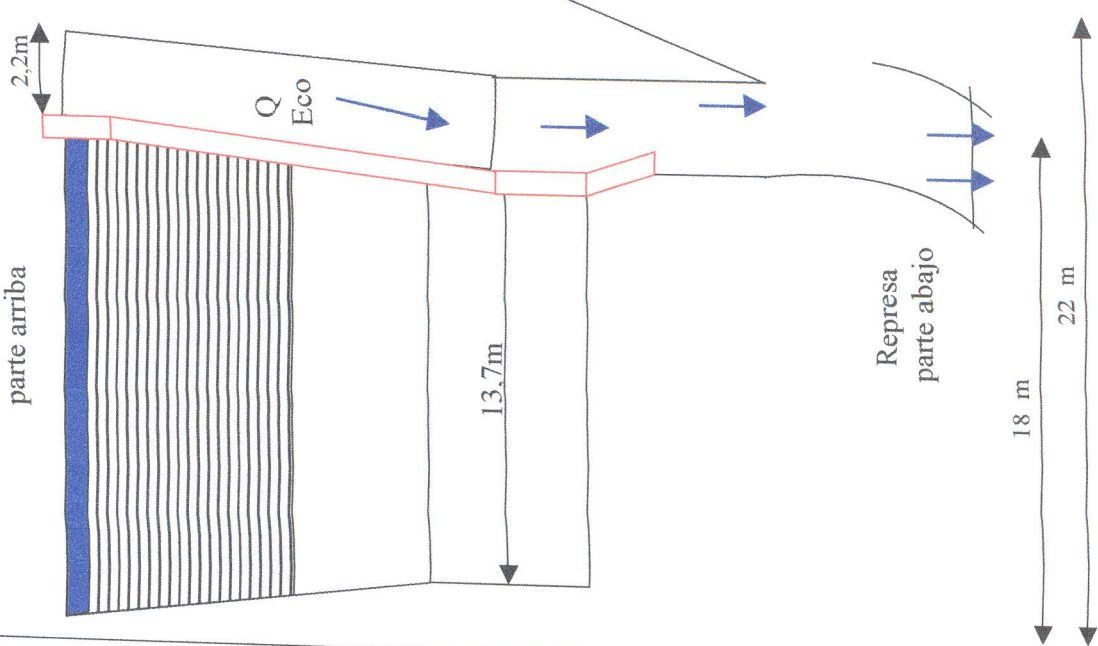


Represa parte arriba



Vista desde Arriba

Represa parte arriba



Represa parte abajo

Figura B3: Esquema del proyecto en la represa de la toma de agua privada, río Tuis.

CONCLUSION

A lo largo de estos estudios de preferencias de hábitat y de las propuestas de vías de migración para el Bobo y el Tepemechín, nos dimos cuenta de que la biodiversidad piscícola de los ríos Tuis y Reventazón está amenazada por causa de una gestión no sostenible del recurso hídrico y consecuentemente de los recursos naturales.

En primer lugar la contaminación de los ríos por las actividades humanas que sean domésticas por la falta de sistema de depuración eficiente o bien por desechos industriales, provoca la desaparición de varias especies acuáticas.

Por otra parte, la presencia de las represas y de las actividades hidroeléctricas en la cuenca del Reventazón y del Tuis constituye obstáculos a la vida de las especies tanto migratorias como sedentarias porque no son franqueables y porque dejan un caudal ecológico demasiado débil lo que afecta la vida acuática.

Concretamente, este factor es una razón principal que nos impidió sacar resultados fiables con respecto al estudio de preferencias porque, por falta de agua, las poblaciones se concentran en zonas aisladas donde es más hondo, sin que ésta distribución refleje la realidad de las preferencias normales. Además, la ausencia de sistema de migración da lugar a un aislamiento poblacional en las partes arriba de las represas y finalmente un agotamiento de la diversidad piscícola.

Por fin, la falta de conocimiento de la población agrava el problema global porque contribuye a la contaminación del río sin darse cuenta.

Con respecto al tema de las vías de migración, el estudio de preferencias de hábitat ilustró muy bien el problema: siendo edificadas en el lecho de los ríos, las represas impiden que el Bobo y el Tepemechín puedan subir y encontrarse en la parte arriba de esas represas.

En el río Tuís, la situación ya está mala porque los Bobos y Tepemechines han desaparecido de la parte arriba de la represa de la toma de agua del ICE. Tanto para la toma de agua del ICE como para la represa privada, una escalera fijada a la pared y siguiendo una pendiente uniforme debería permitir que las especies migratorias encontradas en la parte abajo del Tuís puedan subir y encontrarse en las partes más arriba del mismo. La pendiente suave recomendada en esos edificios permitiría que otras especies menos atléticas puedan subir y repoblar las partes altas del río Tuís.

En cuanto al río Reventazón, un ascensor para peces parece la mejor alternativa para solucionar los problemas de dimensiones altas y de variación del nivel de agua. Si tal paso para peces se realiza en el río Reventazón, se debería hacer el mismo edificio al nivel de la represa de Cachí, también en el río Reventazón, unos kilómetros más arriba.

A largo plazo, se debería considerar al principio de cada proyecto hidroeléctrico la necesidad de instalar un sistema de migración para aquellas especies que lo requieran. Entonces, la biodiversidad piscícola se podrá restaurar a lo largo de los ríos pese las transformaciones sufridas durante la creación de sus represas.

Bibliografía

Documentos científicos:

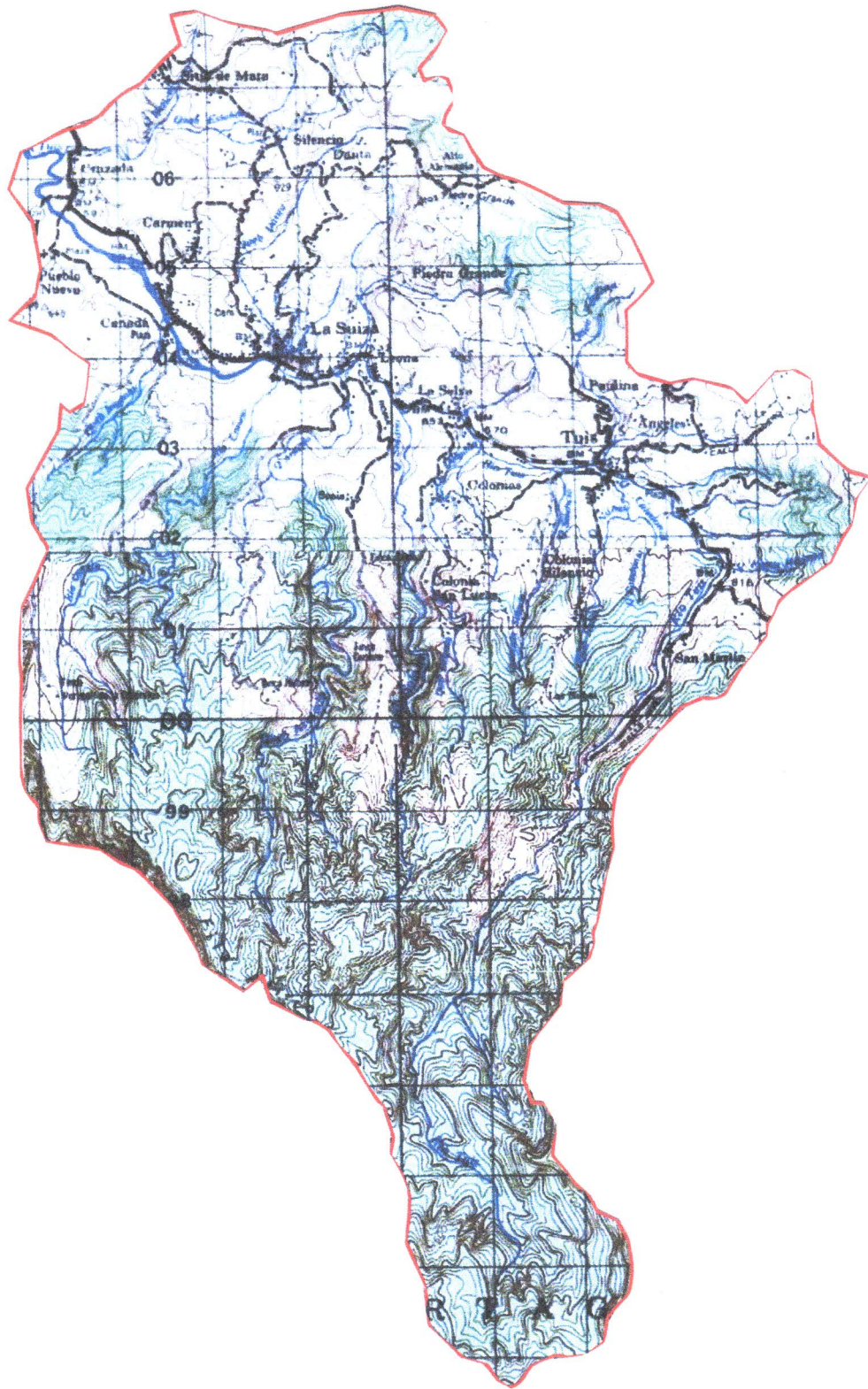
- Wootton, J.T. Oemke, M.P. University of California. Department of Integrative Biology. Berkeley, CA 94720. US. (1992). "Latitudinal differences in fish community trophic structure, and the role of fish herbivory in a Costa Rican stream", *Environmental Biology of Fishes*. v. 35, no. 3. p. 311-319.
- Pringle, C.M. Triska, F.J. Genereux, D.P. Ramírez-Ulate, A. Anderson, E.L. Parsons, D.C. University of Georgia. Institute of Ecology, 711 Biological Sciences Bldg. Athens, GA 30602-2602. US (2001), "Stream research in Costa Rica: linking freshwater research programs to environmental outreach." *SILnews* (Newsletter of the International Association of Theoretical and Applied Limnology). v. 32. p. 1-4..
- Burcham, J.K. 730 S.E. Alexander. Corvallis, OR 97333. US. (1988), "Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica". In "Comunidades de peces y características ambientales de dos riachuelos de las tierras bajas en Costa Rica". *Revista de Biología Tropical*. v. 36, no. 2A. p. 273-285..
- Segura, S., 2006: Caracterización biológica del proyecto. En A. Vargas. (ed.): Informe de avance a la factibilidad del P.H. Reventazón. Inf. Interno ICE., San José.
- Bussing, W. A. 1998: Peces de las aguas continentales de Costa Rica. -504 páginas, Universidad de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 46, supl. 2.
- ICE, Centro Científico Tropical 1991 : Evaluación de impacto ambiental, documento principal Proyecto Hidroeléctrico Angostura.
- ICE, SOGREAH INGENIERIE,1999 : Plan general de ordenamiento territorial y manejo,p.42-125
- JPh Vornière, Faculté des sciences de Limoges, Causes et Impacts de l'ensablement et des seuils sur les populations piscicoles et hydrobiologiques sur les rivières Sédelle, Cazine et Brézentine, 33p, 2004

Sitios Internet:

- o <http://www.ensayistas.org/identidad/contenido/geografia/AC-general.htm>, consultado el 13 de julio 2007.
- o www.lib.utexas.edu/maps/americas/costa_rica.gif, consultado el 13 de julio 2007.

ANEXO I

Cuenca del Río Tuís



Escala 1/75 000



ANEXO II

Matriz para la clasificación de sensibilidad o tolerancia de especies de peces indicadoras a impactos causados por obra de control fluvial.

Especies	Abundancia de habitats	Abundancia de la Especie	Nota atribuida por cada experto						Nota final
Joturus pichardi	M	M	4	4	4	1	3	3	19
Sycidium altum	M	A	4	4	2	1	3	2	16
Parachromis dovii	A	P	1	2	2	4	2	4	15
Agonostomus monticola	A	A	2	2	1	2	3	3	13
Brycon bereae	A	A	1	3	2	2	2	3	13
Poecilia gilli	A	A	1	1	1	1	1	1	6

A Alta

M Media

P Pasable

La atribución de las notas se hace según los parámetros siguientes:

- 1 : despreciada
- 2 : moderada
- 3 : grave
- 4 : severa

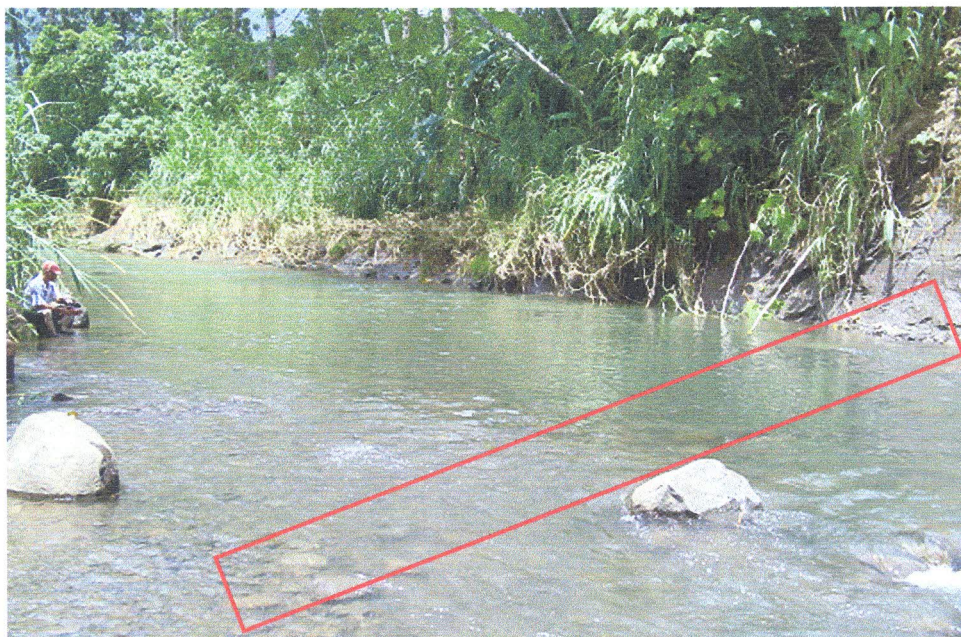
Al final las especies que tienen una nota alta son aquellas más sensibles. Aquellas especies están consideradas como las más indicadoras.

ANEXO III

Descripción de los sitios de muestreo

- Ubicación general de los sitios de muestreo

- Sitio n°1:



Características:

Margen derecha : Sacate gigante, poro, sota caballo, y luego el quebrador

Margen izquierda : Rocas del rio y luego, guarumo, sacate, yuti, poro, vegetacion densa y desnivelacion del suelo

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	7	5
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	10	36	10	40
BOBO Joturus pichardi	0	6	14	14
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	8	6	13

Cauce : rapido y poza

Sustrato: Piedras 20 cm y bloques de arcilla en mayoria

Profundidad: 0,2 A 0,8 m

-Sitio n°2 :



Características:

Margen derecha : Lagrima de san pedro, camino hacia el quebrador,
Margen izquierda : zona llana, rocas y lagrimas de san pedro, parte
ancha

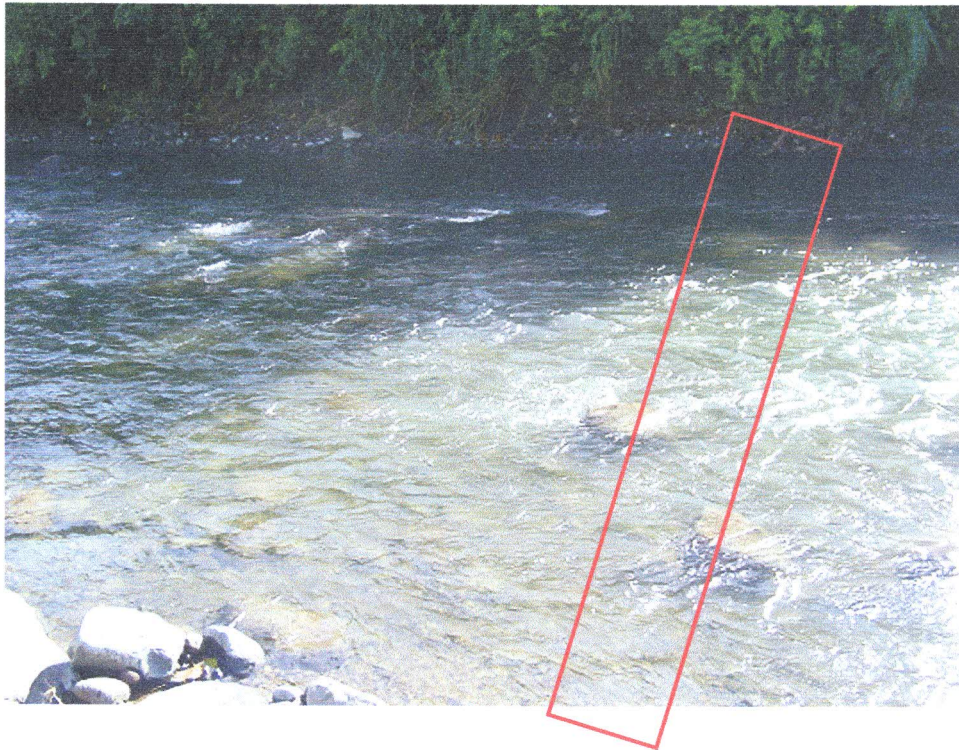
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	0	0
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	8	11	0	22
BOBO Joturus pichardi	0	4	0	0
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	2	5	2

Cauce : POZA

Sustrato : arena, piedras 10 20 cm en mayoria

Profundidad : 0,3 A 0,6 m

- Sitio n° 3 :



Características:

Margen derecha : pared de suelo de 3m, y casa , vegetacion escasa, jardin, helechos, balsa, poro, tora,

Margen izquierda : rocas, zonas de extraccion, orilla artificial, pora , sacate gigante, casas

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	3	2
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	8	21	3	10
BOBO Joturus pichardi	0	0	2	1
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	1	7	20

Cauce: Rápido y poza

Sustrato: Piedras 20 cm en mayoria

Profundidad: 0,3 A 0,7 m

-Sitio n°4 :



Características:

Margen derecha : playa de rocas, luego pora , sacate gigante,
Margen izquierda : pared abrupta, helechos, balsa, poro, tora,

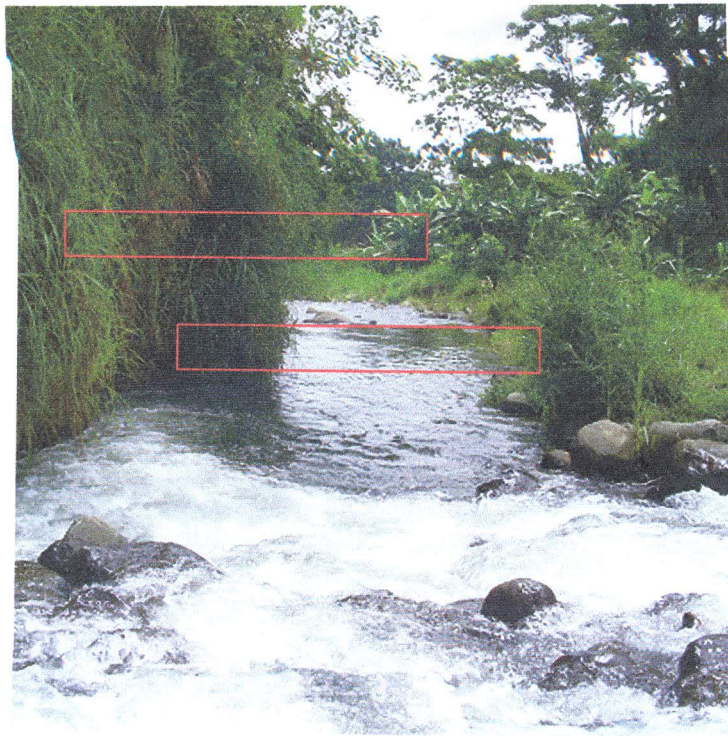
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	0	0
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	7	10	9	9
BOBO Joturus pichardi	0	0	0	0
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	0	0	0

Cauce: cola de poza

Sustrato: Piedras 20 30 cm

Profundidad: 0,5 A 0,8 m

-Sitio n°5:



Características:

Margen derecha : pora , sacate gigante, lagrima de San Pedro

Margen izquierda : pared abrupta, helechos,

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	0	0
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	1	1	12	16
BOBO Joturus pichardi	0	0	0	0
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	0	0	0

Cauce: cola de poza

Sustrato: Arena y Piedras 50 cm

Profundidad: 0,4 A 1 m

-Sitio n°6 :



Características:

Margen derecha : caña brava, lagrima de San Pedro, luego sacate

Margen izquierda : idem

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
MACHACA Brycon behreae	0	0	0	0
CHUPAPIEDRAS Sicydium altum	1	1	0	1
BOBO Joturus pichardi	0	0	0	0
TEPEMECHIN Agonostomus monticola	0	0	0	0

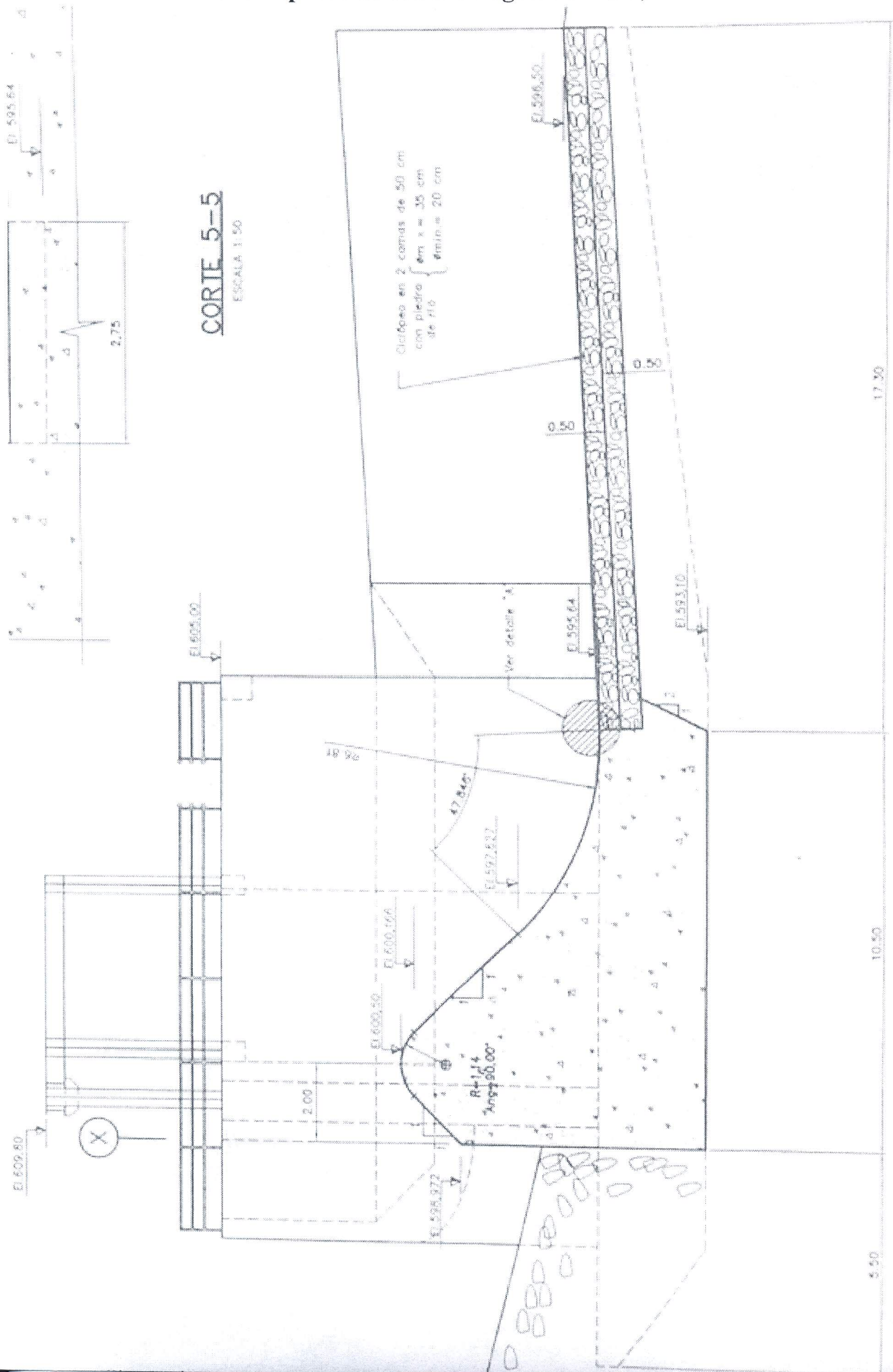
Cauce: Rápido

Sustrato: Piedras de 20 cm y arena

Profundidad: 0,1 A 0,4 m

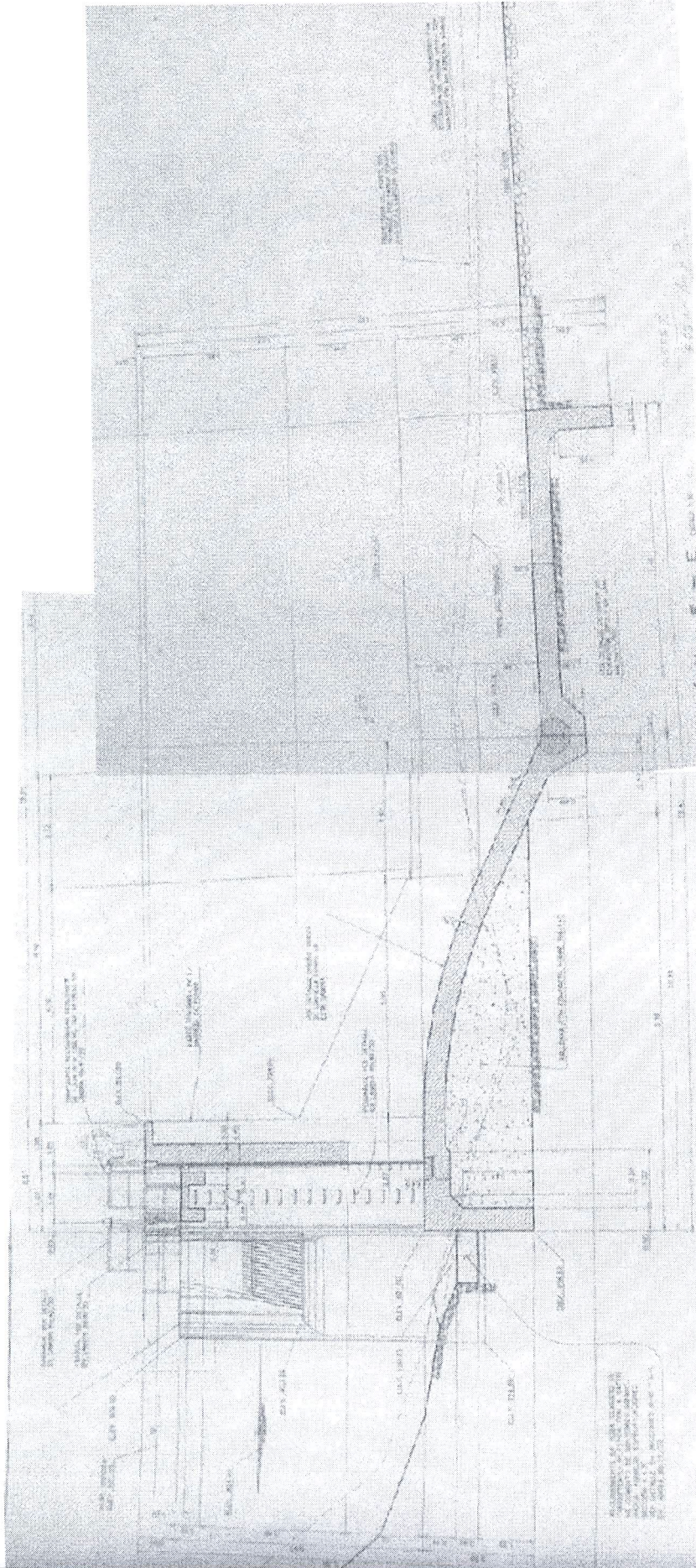
ANEXO V

Plano de la represa de toma de agua del ICE, río Tuis



ANEXO VI

Plano de la represa de toma de agua privada, río Tuis



ANEXO VII

Plano de la represa de la Angostura, río Reventazón

