

***LA PESCA ELECTRICA Y SU EFECTO SOBRE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EPICONTINENTALES (MAE).***

JHAN ALEJANDRO SANDOVAL.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYAN
2006**

***LA PESCA ELECTRICA Y SU EFECTO SOBRE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EPICONTINENTALES (MAE).***

JHAN ALEJANDRO SANDOVAL.

Proyecto de grado para optar al título de Biólogo

Director

HILLDIER ZAMORA GONZALEZ

**Profesor titular Departamento de Biología, Grupo de Recursos
Hidrobiológicos Continentales Universidad del Cauca.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYAN
2006**

AGRADECIMIENTOS.

A Dios porque a pesar de que muchas veces puse mis intereses por encima de ti, nunca me faltaste y aunque no soy su hijo más devoto, en ti confío.

A María Eugenia mi Madre porque tú haz sido sin duda uno de los principales precursores de este logro, nunca te desesperaste e hiciste lo imposible para que yo pudiera seguir con mis estudios, creíste que podía y siempre te preocupaste por lo que estaba haciendo, eso me mantuvo firme las veces que pude tambalearme; sé que muchas veces tenemos desacuerdos pero quién no los tiene, salimos adelante y así será siempre, muchas veces no me doy cuenta y paso por alto tus grandes esfuerzos, pero es que si te agradeciera todo lo que haces por mí no terminaría nunca, por ti aún no pierdo la esperanza, gracias por alegrarte de mis alegrías y aquejarte de mis penas. Sé que todos pueden decepcionarme menos tú.

A mi familia Abuelos y tíos: Por ser más de lo que les pedí y de lo que en algunas ocasiones merecía. Por brindarme en ocasiones lo que me hizo falta antes de que lo notara. Por valerse de sus experiencias para enseñarme valores. Por tener la paciencia que tantas veces he necesitado. Por velar por mí. Junto a ustedes aprendí que soy justo lo que siempre he querido ser.

A Bibiana y a mi hija María Isabel, Les agradezco que hayan estado presentes desde hace algunos años en mi vida con un cariño incondicional. Mi María Isabel aunque a veces eres algo traviesa y no comparto gran parte de mi tiempo a tu lado no sé que haría sin ti y gracias a que estás tengo la responsabilidad de ser mejor para darte un ejemplo.

A mi maestro y amigo Hildier, porque me guiaste durante todo el trayecto de este trabajo, tu experiencia, ayuda y tus consejos fueron determinantes, por el apoyo incondicional, desinteresado, y por ser sincero y honesto.

A mis maestros de carrera en general y entre los que se encuentran Guillermo Vásquez, Silvio Carvajal, José Beltrán, Antonio Valverde y demás por orientarme justo de la manera en que lo necesitaba por servir de soporte, por brindarme su apoyo y ser partícipes activos en la consecución de mis metas académicas semestre tras semestre.

A Álvaro Cajas por su colaboración en la estación piscícola de Timbío y Las Tallas.

A mis Compañeros y amigos de Universidad, y miembros del Grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca Samir, Fercho, Ernesto, Marcela, Magda, Augusto, Magnolia, Diego, Pablo, Miller y demás por colaborarme de uno u otro modo en el desarrollo de mi trabajo y porque compartimos a lo largo de esta etapa momentos muy agradables.

A todas las personas que de uno u otro modo estuvieron involucradas en el desarrollo de este trabajo.

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Cuadro con los diferentes grupos de MAE.	15
Tabla 2: Terminología utilizada en teoría de circuitos y de campo.	26
Tabla 3: Parámetros fisicoquímicos hídricos de los ríos muestreados.	46
Tabla 4: Macroinvertebrados impactados en el río Palacé (Zona 1).	47
Tabla 5. Macroinvertebrados impactados en el río Palacé (Zona 1) (Replica).	49
Tabla 6: Macroinvertebrados impactados en el río Grande (Zona 2).	51
Tabla 7: Macroinvertebrados impactados en el río Grande (Zona 2) Replica.	53
Tabla 8: Macroinvertebrados impactados en quebrada Las Tallas (Zona 3).	55
Tabla 9: Macroinvertebrados impactados en quebrada Las Tallas (Zona 3) Replica.	57
Tabla 10: Índice de mortalidad de las siete familias impactadas.	59
Tabla 11: Descriptiva Índice de mortalidad entre familias	63
Tabla 12: Índices de mortalidad encontrados.	64
Tabla 13: Descriptiva Índice de mortalidad entre zonas.	66
Tabla 14: Índices de mortalidad entre zonas.	66
Tabla 15: Géneros afectados por muestras y por zonas.	68
Tabla 16: Mortalidad en géneros y número de muestras en las que la presenta.	68

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Fig 1. Fases del potencial de acción transmembranal	25
Fig 2. Circuito en serie	29
Fig 3. Circuito en paralelo.	29
Fig 4. Diagrama en bloque de un sistema de electropesca.	33
Fig 5. Algunos diseños de electrodos comerciales.	35
Fig 6. Equipo de electroshock utilizado.	36
Fig 7. Departamento del Cauca.	38
Fig 8. Ubicación de las zonas de muestreo.	39
Fig 9. Zona de muestreo Lácteos Colombia.	40
Fig 10. Zona de muestreo Río Grande.	41
Fig 11. Zona de muestreo quebrada Las Tallas.	42
Fig 12. Muestreo de MAE.	44
Fig. 13. Aplicación de electroshock <i>ex situ</i> .	45
Fig. 14. Macroinvertebrados encontrados en el río Palacé.	48
Fig 15. Macroinvertebrados encontrados en el río Palacé (replica)	50
Fig 16. Macroinvertebrados encontrados en Río Grande.	52
Fig 17. Macroinvertebrados encontrados en Río Grande (replica).	54
Fig 18. Macroinvertebrados encontrados en la quebrada Las Tallas.	56
Fig 19. Macroinvertebrados encontrados en la quebrada Las Tallas (replica).	58
Fig 20. Relación de organismos vivos y muertos por familias y por muestras en los diferentes ríos.	60
Fig 23. Gráfico de promedios de índice de mortalidad entre familias.	65
Fig 24 . Gráfico de índice de mortalidad entre zonas.	67

TABLA DE CONTENIDO.

	Pág.
1. INTRODUCCION	10
2. ANTECEDENTES.	11
3. JUSTIFICACION	13
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general	14
4.2 Objetivos específicos	14
5. MARCO TEORICO	15
5.1 Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE).	15
5.1.1 Aspectos generales.	15
5.1.2 Características morfológicas externas de los MAE.	15
5.2 Electrofisiología.	21
5.3 La electropesca.	26
5.3.1 Equipos de electropesca.	26
5.3.2 Objetivo energético de la electropesca.	30
5.3.3 Concepto de poder (Voltaje*corriente)	30
5.3.4 Forma de las ondas.	30
5.3.5 La corriente directa DC.	30
5.3.6 El desarrollo pulsante DC.	30
5.3.7 La corriente alterna AC y la dirección.	31
5.3.8 Sistemas básicos de electropesca.	32
5.3.9 Diagrama en bloque de un sistema básico de electropesca.	32
5.3.10 Relación de la transferencia y las propiedades del agua (conductividad).	33
5.3.11 Configuración de los electrodos.	34
5.3.12 Electrodo comerciales.	35
5.3.13 Construcción del equipo eléctrico utilizado.	35
5.3.14 Diseño en bloques del equipo de electropesca utilizado.	37
6. METODOLOGIA	38
6.1 Fase de campo	38
6.1.1 Descripción de las áreas de estudio.	38
6.1.2 Zona 1 Río Palacé.	40
6.1.3 Zona 2. Río Grande.	41
6.1.4 Zona 3 Quebrada Las Tallas (municipio de Patía).	42

	Pág.
6.1.5 Equipos y materiales.	43
6.1.6 Caracterización físico-química hídrica por zonas de muestreo.	44
6.1.7 Aplicación del electroshock <i>in situ</i> .	44
6.1.8 Colecta de los MAE oferta del medio.	44
6.1.9 Determinación de la duración de la descarga.	45
6.1.10 Aplicación del electroshock <i>ex situ</i> .	45
6.1.11 Colección y conservación para estudio en laboratorio.	46
7. RESULTADOS Y ANALISIS.	46
7.1 Caracterización físico-química hídrica por zonas de muestreo.	46
7.2 Caracterización de macroinvertebrados presentes en las zonas de muestreo.	47
7.2.1 Río Palacé.	47
7.2.2 Río Grande.	51
7.2.3 Quebrada Las Tallas.	55
7.3 ANALISIS ESTADISTICO	62
7.3.1 Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para índice de mortalidad entre familias.	62
7.3.2 Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para índice de mortalidad entre zonas.	66
8. CONCLUSIONES	69
9. RECOMENDACIONES	70
10. BIBLIOGRAFIA	71

RESUMEN.

La pesca eléctrica que consta principalmente de la aplicación de energía eléctrica en el cuerpo de agua, esta impacta a los peces con la finalidad de capturarlos.

La utilización de este método que inicialmente se plantea con fines científicos, ha degenerado su utilización indiscriminada, debido a su eficacia frente a la mayoría de los métodos de pesca artesanal tradicionales. Sin embargo, este método de pesca eléctrica causa un electroshock no solo en los peces, sino sobre los demás elementos bióticos del ecosistema.

En el presente trabajo se pretende evaluar el efecto de la pesca eléctrica sobre las comunidades de MAE en diferentes cuerpos de agua naturales.

La muestra colectada en el río (oferta del medio), se colocó en un recipiente plástico, y después de observar que todos los MAE y los peces estuvieran activos, se procedió a la aplicación del electroshock hasta que los peces se inmovilizaron (abdomen hacia arriba).

El impacto *ex situ* facilitó la observación y la evaluación del fenómeno. Los dos electrodos se ubicaron en extremos opuestos para aplicación del electroshock. En el fondo del recipiente se dispuso algo de material característico del sustrato del río.

En la práctica se observó especial sensibilidad por parte de ocho de los géneros reportados en el estudio. A pesar que estadísticamente no es significativo, la conductividad parece afectar el índice de mortalidad. Se presentó recuperación de movilidad por parte de los organismos impactados, sin embargo, se desconoce si la recuperación es total o parcial en sus demás funciones.

Palabras clave: Electroshock, macroinvertebrados, Pesca eléctrica.

INTRODUCCION.

Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales -MAE- son organismos visibles a simple vista, presentes en la mayoría de ecosistemas lénticos y lóticos. En los ecosistemas acuáticos, la energía (alimento) disponible para los organismos consumidores se almacena en las plantas, de donde comen los diferentes grupos de animales entre ellos los MAE, a su vez, los MAE son una fuente de energía (alimento) para los animales más grandes tales como los peces, que son así mismo, una fuente de energía (alimento) para otros grupos en la cadena de alimentos, incluidos los humanos.

Un ecosistema acuático estable es soporte para una gran diversidad de organismos, la comunidad del fondo (bentónica), la adherida sobre los diferentes sustratos (perifiton), los que nadan libremente (necton) y los que viven sobre la superficie del agua (neuston), cada una de ellas incluye una gran variedad de MAE. Sin embargo en la mayoría de planes de manejo de las cuencas hidrográficas, este recurso faunístico es superficialmente estudiado o no es analizado en absoluto, mientras los restantes componentes (clima, suelo, agua y flora) suelen ser analizados en profundidad.

Tal vez el grupo más estudiado es el de los peces, dejando de lado los demás componentes faunísticos, inclusive en muchos casos afectándolos en favor de aquellos, (Zamora, H. 2003 Comunicación personal), como es el caso de la utilización de la pesca eléctrica para el estudio de las poblaciones ícticas, en los últimos años.

La pesca eléctrica que consta principalmente de la aplicación de energía eléctrica en el cuerpo de agua, impacta (electroshock) a los peces con la finalidad de capturarlos, lo cual, dependiendo del potencial utilizado puede producirles desde una suave contracción muscular hasta llegar a matar los peces, debido a las reacciones musculares severas tipo tétano o constricciones fibrilizantes a nivel del miocardio.

La utilización de este método que inicialmente se plantea con fines científicos, ha degenerado su utilización indiscriminada, debido a su eficacia frente a la mayoría de los métodos de pesca artesanal tradicionales. Sin embargo, este método de pesca eléctrica causa un electroshock no solo en los peces, sino sobre los demás elementos bióticos del ecosistema.

Por tal razón en el presente trabajo se pretende evaluar el efecto de la pesca eléctrica sobre las comunidades de MAE en diferentes cuerpos de agua naturales.

2. ANTECEDENTES

Se encuentran en la literatura científica, un buen número de trabajos relacionados con las características de las comunidades de los MAE en diferentes ecosistemas, tanto lénticos como lóticos, estudios de calidad de aguas asociados a la fauna de macroinvertebrados, caracterización de comunidades ícticas y estudios poblacionales, entre otros temas menos afines al que se manejará en esta investigación.

Sin embargo, sobre el tema específico del efecto de la pesca eléctrica sobre la comunidad de MAE, no se encontraron antecedentes en términos de investigaciones desarrolladas científicamente. De ahí la importancia de este trabajo, pues aportará nuevos y valiosos conocimientos.

A nivel regional, nacional e internacional se destacan los trabajos adelantados por el grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca, así mismo los grupos de estudios limnológicos de las Universidades de Antioquia, Tolima, Andes y Nacional de Bogotá. Entre otros trabajos se referencian los siguientes:

BERMÚDEZ Rosaura, CUCUÑAME Nancy Estela, RENGIFO Carlos Gerardo, CAJAS Álvaro y BONILLA Blanca, Macroinvertebrados del río Pambío. Universidad del Cauca. Maestría recursos Hidrobiológicos continentales. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Instituto de postgrado. Popayán 1993.

ALEMAN MUÑOZ, Misael y col. Caracterización fisicoquímica e hidrobiológica del río Cauca, sector embalse la salvajina, puente el Hormiguero. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán 1991.

ARIAS OSPINA, Gabriela Martha et al. Estudio de macroinvertebrados en la cuenca del río Espejo (Departamento del Quindío). Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Programa de Biología. Armenia 1993.

GUEVARA CANO, Gloria Elizabeth. Contribución al conocimiento de Trichoptera en cuatro ríos del sur occidente colombiano. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Cali 1997.

LOAIZA OCAMPO, Jhon. Estructura y distribución del orden Ephemeroptera en algunos ríos de la cuenca alta del río Cauca y su relación con la calidad del agua. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa Biología. Cali 1994.

MUÑOZ PINO, Magali; ARIAS RODRÍGUEZ, Alfonso. Estudio de la fauna de macroinvertebrados acuáticos con énfasis en el orden Ephemeroptera (insecta) de los ríos Blanco, Hondo y Palacé del altiplano de Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán 1994.

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase I. 1991. Universidad del Cauca – Colciencias, Depto de Biología, Popayán.

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase II. 1993. Universidad del Cauca – Colciencias, Depto de Biología, Popayán.

ZAMORA H, Relaciones de Similitud entre comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas de ecosistemas lóticos ubicados entre la Costa Pacífica Caucana y el Piedemonte Amazónico. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 1995; 9 (1-2): 7-21.

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas del Parque Natural Nacional, Isla Gorgona, Dpto. Cauca. Unicauca-Ciencia, 1996; 1(1): 9-11

ZAMORA H, H. Sarria. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. Rev. Unicauca-Ciencia, 2001; 6: 21-41.

3. JUSTIFICACIÓN.

Este tema en particular es de gran importancia, debido a que la explotación de los recursos hídricos de nuestro país esta aumentando y la utilización del método de electroshock que en un principio es con fines científicos ha sido degenerada.

La presente propuesta se justifica por la necesidad de adquirir conocimiento sobre los efectos en el componente biótico de los ecosistemas acuáticos, causados por la práctica de la pesca eléctrica dada la carencia de investigaciones sobre el particular.

4. OBJETIVOS.

4.1 General.

Evaluar el efecto del electroshock sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE) en tres ecosistemas lóticos de pisos altitudinales diferentes.

4.2 Específicos.

- Determinar el nivel de impacto del electroshock sobre la comunidad de MAE por zonas.
- Determinar los niveles de impacto del electroshock sobre diferentes taxa de MAE.

5. MARCO TEORICO.

5.1 Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE).

5.1.1 Aspectos generales.

Son aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, tienen tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. Estos organismos acuáticos, pueden vivir sobre la superficie del agua (Neuston), nadar libremente dentro del agua (Necton), en el fondo (Bentos) o adheridos a los diferentes sustratos como hojas, piedras, troncos y restos de vegetación (Perifiton). Existen representantes de numerosos taxa.

Tabla 1. Cuadro con los diferentes grupos de MAE*.

Phylum.	Clase.	Orden.	Phylum.	Clase.	Orden.
Coelenterata	Hydrozoa	Hidroidea	Arthropoda	Insecta	Coleoptera
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida			Trichoptera
Nematomorpha		Gordioidea			Lepidoptera
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida			Diptera
	Hirudinea	Glossiphoniiformes		Arachnoidea	Acari
		Hirudiniformes		(Hidracarina)	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Mollusca	Gastropoda	Megastropoda
		Odonata			Basomatophora
		Plecoptera			
		Neuroptera			Bivalvia
		Hemiptera			Pelecypoda
					Unionoidea
					Veneroidea

1

5.1.2 Características morfológicas externas de los MAE.

PHYLUM ARTHROPODA.

La mayor parte de los MAE son Artrópodos, entre estos, la mayoría Insectos, conocidos también como Hexápodos, con un tegumento relativamente endurecido y con miembros articulados. Presentan una cabeza centro de los sentidos y de la alimentación con piezas bucales especializadas y un par de antenas. El tórax es el centro locomotor, con tres pares de patas y, en los voladores, uno o dos pares de alas. El abdomen es el centro metabólico y de reproducción, conteniendo los órganos de digestión, excreción y reproductores.

¹ * Tomado de Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Gabriel Roldan Pérez.

Existen dos tipos básicos de ciclos biológicos con un desarrollo hemimetábolo (Apterygota y Exopterygota) y holometábolo (Endopterygota).

En el primer caso, los estadios juveniles ninfas o náyades, son similares en su aspecto y estructura a los adultos, compartiendo en muchos casos los mismos hábitats y hábitos. En ellos, aparecen estructuras alares y reproductoras reducidas en fases inmaduras. En los insectos holometábolos se produce una metamorfosis compleja a través de una fase de “pupa”. Los estadios inmaduros “larvas” son muy diferentes de los adultos tanto morfológica como ecológicamente, careciendo de estructuras alares y reproductoras.

Los Hexápodos son organismos terrestres o secundariamente acuáticos (pero sólo en aguas dulces). Colonizan todo el planeta y son mucho más abundantes en nuestra región tropical. Están adaptados a prácticamente todos los hábitats y a la explotación de todo tipo de recursos. Un alto porcentaje presenta diferentes grados de fitofagia (incluyendo a los polinizadores), otros muchos son depredadores, detritívoros, etc.

ORDEN EFEMEROPTERA. (efemerópteros, efímeras).

Insectos de aspecto blando, grandes ojos y antenas diminutas. Ninfas acuáticas. Algunos adultos viven apenas unas horas (de ahí su nombre vulgar), pero ello está compensado con un lento desarrollo ninfal (hasta 3 años). De adultos no se alimentan; ninfas fitófagas. Muchas de ellas habitan en corrientes rápidas y presentan adaptaciones morfológicas adecuadas. Otras son excavadoras o reptantes. Son los únicos insectos que presentan una muda después de haber alcanzado alas totalmente desarrolladas. La identificación se basa principalmente en la venación alar.

ORDEN ODONATA. (odonatos, libélulas, caballitos del diablo).

Insectos depredadores con grandes ojos y antenas minúsculas. Alas rígidas, con movilidad independiente. Son insectos de vuelo rápido y ágil. Presentan un ciclo vital con dos fases bien diferenciadas. Los juveniles o ninfas son acuáticas y depredadoras. Presentan metamorfosis incompleta.

Su historia es muy antigua. Existen fósiles de grupos muy próximos a los actuales odonatos que aparecieron en los bosques cálidos del Carbonífero, con algunos gigantes (*Meganeura monyi*, con una envergadura alar de 70 cm), desapareciendo en el Jurásico. En el Pérmico aparecen los primeros fósiles de odonatos auténticos.

En su clasificación se dividen en dos grandes subórdenes:

a. Zygoptera (caballitos del diablo).

b. Anisoptera (libélulas) en función de la venación alar.

Se conocen más de 5000 especies mundiales.

ORDEN PLECOPTERA. (moscas de las piedras).

Insectos de cuerpo blando con largas antenas filiformes y con cercos. Alas membranosas. Ninfas acuáticas con branquias filamentosas en penachos.

Son malos voladores y se les localiza cerca o en cursos de agua. Presentan hábitos carnívoros o herbívoros. La vida ninfal suele ser larga. En el género *Perla* puede alcanzar 4 años y 30 mudas.

Se conocen unas 1900 sp. Mundiales.

ORDEN NEUROPTERA.

Insectos de cuerpo blanco, tamaño variable, con dos pares de alas membranosas. Piezas bucales masticadoras; antenas bien desarrolladas. Larvas campodeiformes, depredadoras o parásitas, tanto terrestres como acuáticas.

Se conocen más de 5000 neurópteros, unos 270 megalópteros y unos 175 rafidiópteros.

ORDEN HEMIPTERA.

Amplio orden que incluye tradicionalmente a dos subórdenes: Hemiptera y Homoptera.

Insectos con alas de desarrollo variables y venación reducida; el primer par coriáceo. Piezas bucales perforadoras-chupadoras características y constantes en el orden.

Es el orden más amplio dentro de los Exopterygota. Se conocen unas 84.000 sp. Mundiales.

Como todos los grandes órdenes, el grado de conocimiento es asimétrico, con un gran número de familias sin información, otro grupo con información razonable y algunas familias con buena información.

Los subgrupos principales, son:

Heteroptera s.s.(chinchas de campo), con el primer par de alas modificado en hemiélitros. La mayoría son fitófagos, aunque algunos grupos son depredadores y parásitos. Varias familias son acuáticas.

Homoptera (áfidos o pulgones, cigarras, cochinillas, etc.).

Todos terrestres, fitófagos y con las alas membranosas o coriáceas uniformemente.

ORDEN COLEOPTERA. (escarabajos).

Insectos holometábolos con el primer par de alas modificado formando élitros; segundo par membranoso. Piezas bucales masticadoras. Larvas de diversos tipos.

Es el grupo de organismos más diverso, con unas 370.000 especies. Los representantes pueden dividirse en dos subórdenes: Adepfaga y Polyphaga.

El grado de conocimiento de los coleópteros es muy variable, dependiendo de la familia.

Los principales grupos son:

Adepfaga, que incluye a Carabidae y familias afines y diversas familias acuáticas (Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, etc.), relativamente bien estudiadas.

Polyphaga: Incluye a las restantes familias.

Estaphylinidae, una de las mayores familias con unas 1600 sp.

Silphidae: Escarabajos carroñeros.

Scarabaeoidea (incluye 15 familias) de escarabajos florícolas o coprófagos. Entre ellas: Lucánidos (9 sp.), Geotrúpidos (35 sp.), Scarabeidos (55 sp.), Afódidos (110 sp.), Melolóntidos (190 sp.) y Cetónidos (25 sp.).

Elateriformia (21 familias). Existe información sobre 6-7 familias. Las dos principales son:

Buprestidae y *Elateridae*.

Salvo las acuáticas (*Elmidae*, *Driopodidae*), las restantes familias están muy poco estudiadas.

Chrysomeloidea: Incluyen dos grandes familias: *Cerambycidae* (263 sp.) y *Crisomelidae* (600 sp.).

Curculionidae (gorgojos). Se trata de la mayor de las familias de insectos

Resto de Familias (60 familias): Bostrichidae (24 sp.), Anobiidae (96 sp.), Ptinidae (50 sp.), Tenebrionidae (450 sp.), Coccinelidae (110 sp.), Cleridae (33 sp.), Meloidae (69 sp.), etc.

ORDEN TRICHOPTERA. (frigáneas).

Insectos holometábolos con dos pares de alas cubiertas de pelos; piezas bucales reducidas, con mandíbulas no funcionales. Las larvas acuáticas suelen construir canutos portátiles. Pupas acuáticas con fuertes mandíbulas. Son malos voladores, nocturnos y próximos a cuerpos de agua.

Están muy relacionados con los lepidópteros.

7000 sp. mundiales.

ORDEN LEPIDOPTERA. (mariposas, polillas).

Insectos holometábolos cubiertos de escamas. Piezas bucales transformadas en una probóscide o espiritrompa que se enrolla en espiral. Larvas fitófagas.

Se dividen en tres grupos de conocimiento dispar: Ropaloceros o mariposas diurnas, Macroheteroceros y Microheteroceros (mariposas nocturnas). Esta división es puramente artificial (existen nocturnos diurnos y macros de pequeño tamaño).

Los lepidópteros han contado tradicionalmente con bastantes especialistas, lo que ha permitido disponer de un conocimiento razonablemente amplio. No obstante el conocimiento es asimétrico. Las especies diurnas (210 sp.) son bien conocidas; las macros nocturnas (1670 sp.), salvo algunas familias, están mucho menos estudiadas y las micros (con mucho el grupo más abundante: 2700 sp.) están escasamente estudiadas.

ORDEN DIPTERA. (moscas, mosquitos).

Insectos de tamaño moderado a pequeño, con un solo par de alas membranosas y el segundo modificado en balancines. Piezas bucales modificadas para chupar o picar. Larvas ápodas, vermiformes, terrestres, acuáticas o parásitas.

El caso de los dípteros es llamativo. A pesar de ser uno de los órdenes megadiversos, el nivel de conocimientos es terriblemente bajo. La razón es que el número de especialistas es y ha sido siempre muy reducido.

Suelen dividirse en tres subórdenes:

Nematocera [18 Familias]: con antenas largas con muchos artejos. Incluye a tóxicos, chironómidos, culícidos, etc. Los dípteros con importancia sanitaria.

Brachycera [16 Familias]: dípteros de cuerpo robusto y antenas cortas. Incluye tabánidos (cuyas hembras se alimentan de sangre), Asílidos (depredadores de otros insectos, etc.), Bombílidos, etc.

Cyclorrhapha (dípteros 'superiores') [59 Familias]: Incluye a los Sírfidos, moscas de las frutas (Tephritidae), Drosophilidae (drosófilas), Oestridae (larvas endoparásitas de mamíferos), moscas domésticas, califóridos, etc.

PHYLUM PLATYHELMINTHES.

Clase Turbellaria.

Cuya forma es de vida libre y los estudios en el neotrópico son muy escasos; Según Imán (1951), comprenden 4 ordenes Rhabdoceala, Temnocephalida, Alloecoela y Tricladida, los tres primeros son prácticamente desconocidos por la falta de estudio sobre ellos y en nuestro medio encontramos a el orden Tricladida, al que pertenecen las planarias, caracterizadas por tener un cuerpo alargado y plano, La mayoría de las especies del neotrópico y especialmente Sudamérica, se caracterizan por tener una cabeza marcadamente triangular con dos ojos y proyecciones auriculares prominentes y móviles a cada lado de la cabeza y alcanzar aproximadamente los 30mm.

Son de amplia distribución en todo el mundo y viven en su mayoría debajo de las piedras, troncos, ramas y hojas en sistemas acuícolas de baja profundidad, tanto lénticos como lóticos. Se caracterizan por vivir en zonas de alto nivel de oxígeno, soportando ciertos niveles de contaminación.

PHYLUM NEMATOMORPHA

Llamados también gusanos gordianos, debido a que se presentan en forma de nudos casi imposibles de desatar, este orden Gordioidea esta representado en América del sur por 7 géneros y 19 especies, al igual que el grupo anterior hay muy pocos estudios y los que se encuentran son muy poco recientes como los trabajos de Camerano (1891,1896 y 1897), reportados en Venezuela, Bolivia y Ecuador.

Los adultos de estos miden entre 10 y 70cm con un diámetro de 0.3 a 2.5mm, con una coloración que va desde blanco amarillento hasta pardo, gris. Existe una diferencia entre machos y hembras, ya que los machos son mas pequeños que las hembras, estos organismos poseen tres estados: larval y adulto (libres) y el juvenil es parásito. Su hábitat se caracteriza por ser corrientes limpias adheridos a la vegetación y debajo de piedras al lado de las orillas de ríos y arroyos, Para Colombia se ha reportado el genero Neochordoes con mas de 100 especies todas pertenecen al orden Gordioidea.

PHYLUM ANNELIDA.

A este pertenecen las clases Oligochaeta e Hirudinea.

Los organismos de la clase Oligochaeta son poco conocidos en nuestro medio al igual que los grupos anteriores, para Colombia los únicos datos conocidos son los de Michaelsen (1900,1913 y 1914).

Para tener una idea mas idealizada en su forma los terrestres están representados por la lombriz de tierra, con un tamaño entre 1 y 30mm, poseen setas quitinoideas, que son caracteres taxonómicos fundamentales, algunos se desplazan arrastrándose sobre el suelo y algunos hasta pueden nadar, se alimentan principalmente de algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales. Con un intercambio gaseoso a través de la piel, irrigada de gran cantidad de capilares, la mayoría de estos viven en aguas eutroficadas como lo son lo tubificios sobre el fondo y con gran cantidad de detritus, proyectan su extremo posterior, el cual es agitado por el agua para optimizar la toma de oxígeno, esto permite que puedan vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea, son tomados como indicadores de contaminación acuática en términos de miles por metro cuadrado.

Los de la clase Hirudinea están representados por las sanguijuelas también de muy poco estudio para América del Sur, su tamaño varia de 0.5 a 45 cm de longitud, con un cuerpo aplanado o con una ventosa anterior característica mas importante que rodea la boca y otra posterior, con las que se fija al sustrato firmemente, tiene un cuerpo conformado por 34 segmentos, cada uno con un ganglio y un par de nervios, su coloración va desde caso transparente, pasando por blanco hasta oscuro, a menudo presenta rayas, su desplazamiento se realiza por medio del sustrato ayudados por sus ventosas en forma ondulatoria, algunas se alimentan de residuos orgánicos, pero la mayoría son carnívoras, son hermafroditas, pero para su reproducción se requiere de dos individuos, viven en aguas quietas de poco movimiento, sobre plantas, rocas y residuos vegetales, tolerando bajos niveles de oxígeno, por lo que se encuentran principalmente donde abunda la materia orgánica en descomposición, son utilizados como indicadores de aguas eutroficadas por efectos de descomposición de materia orgánica.

5.2 Electrofisiología.

El papel de la membrana celular en la génesis del fenómeno bioeléctrico fue postulado inicialmente por Ostwald (1890) cuando, basado en experimentos con membranas sedimentadas, concluyó que, "las membranas semipermeables son el lugar donde se inicia un cambio brusco de potencial, no solamente las corrientes en músculos y nervios, sino también los efectos extraños de los peces eléctricos pueden ser explicados por las propiedades de las membranas semipermeables."

Posteriormente Hamburger (1902) aplicó los mismos principios sobre coeficientes osmóticos y plasmólisis obtenidos de células vegetales y demostró inequívocamente que el eritrocito, aunque 'efectivamente' impermeable al Cloruro de sodio (NaCl) y Cloruro de potasio (KCl) era, sin embargo, permeable a aniones como el cloruro y nitrato. Este concepto de las permeabilidades específicas a los iones ya había sido previsto por Ostwald (1890).

Sin embargo, la especulación básica más conocida es la de Bernstein (1902), quien dijo que como las células vivas estaban rodeadas por una membrana con una permeabilidad baja para los iones, esto permitiría predecir que al aplicar una corriente eléctrica los iones pasarían principalmente alrededor de las células.

En 1899 Stewart había demostrado que la conductividad de la sangre disminuía cuando la concentración de eritrocitos en un recipiente aumentaba. Por lo tanto, la siguiente pregunta era, que parte de los eritrocitos contribuía a la resistencia alta; esto es, si el interior estaba lleno con un electrolito buen conductor de la electricidad, entonces solamente hasta entonces la hipotética membrana contribuiría con la resistencia.

Poco tiempo después que Carlo Matteucci descubrió la corriente de demarcación en el músculo, Du Bois-Reymond confirmó sus hallazgos y además observó que lesionando un segmento del nervio se producía un flujo similar de corriente desde las regiones lesionadas hacia las no-lesionadas (Du Bois Reymond, 1843). Más aún, registró un desplazamiento negativo asociado con la estimulación nerviosa y dijo haber descubierto la identidad entre el principio nervioso (la esencia de los mensajes nerviosos) y la electricidad.

Du Bois-Reymond no estaba seguro sobre como interpretar los desplazamientos negativos que había descubierto en el músculo. Defendía la idea de que un músculo normal, no dañado, ya tenía una distribución característica de potencial, de manera que la región central era positiva respecto a los extremos tendinosos y la lesión simplemente aumentaba esa diferencia pre-existente de potencial. Además, desarrolló la idea de que las 'partículas electromotrices' debían estar orientadas, o arregladas, de una manera ordenada sobre la superficie del nervio y del músculo, pero no ahondó sobre la naturaleza de esas partículas.

Carl Ludwig (1816-1895) interpretó las ideas de Du Bois-Reymond como equivalentes a comparar los nervios con las líneas telegráficas y las criticó sobre la base de que la resistencia longitudinal de las fibras debía ser muy grande y su aislamiento muy pobre para servir como verdaderos conductores. Investigaciones subsecuentes han demostrado que las fibras nerviosas y las musculares pueden ser comparadas con cables submarinos y que estas propiedades son indispensables para la conducción de los impulsos. Sin embargo, las fibras nerviosas son unos cables muy ineficientes, ya que la amplitud de la señal aplicada en un punto disminuye rápidamente con la distancia y el hecho de que sean capaces de transmitir mensajes por distancias considerables se debe a que son amplificadas frecuentemente durante el viaje, como tuvo que hacerse en el cable submarino.

En 1879 Ludimar Hermann publicó un diagrama con varias hipótesis acerca de la localización de las fuerzas electromotrices en un nervio lesionado y las dos más probables eran:

a) la formación de una fuerza electromotriz entre los segmentos lesionados y sanos de la fibra, que llamó teoría de la alteración.

b) la existencia de una fuerza electromotriz en la superficie de las fibras sanas, que fue llamada teoría de la pre-existencia.

El principal defensor de la teoría de la 'pre-existencia' fue Bernstein, quien elaboró una hipótesis sobre el papel de la membrana en la generación del impulso nervioso, que descansaba en tres puntos principales:

1. Todas las células vivas tienen un interior electrolítico rodeado por una membrana permeable a algunos iones.
2. A través de la membrana en reposo existe una diferencia de potencial.
3. Durante la actividad la permeabilidad iónica de la membrana disminuye, de manera que la diferencia de potencial se reduce a un valor relativamente bajo.

Inicialmente Bernstein desarrolló el primero de esos tres puntos, en un trabajo publicado en 1868 propuso que una célula viva está rodeada por una membrana que es ligeramente permeable a los iones y que el interior está lleno de un electrolito en el que los iones se mueven libremente, en forma parecida a como lo hacen en el exterior. Posteriormente analizó el segundo punto tomando como base el trabajo de Walter Hermann Nernst y en 1902 propuso que las membranas del nervio y del músculo se encuentran polarizadas debido a su permeabilidad selectiva al potasio, que se sabía existía en altas concentraciones dentro de la célula. Por lo tanto, si la membrana que rodea las células era permeable a ese catión pero no a los aniones intracelulares, la difusión del potasio debido a su gradiente de concentración tendería a separar las cargas en la membrana y crearía una doble capa, como había sugerido Nernst. De esta forma quedaría explicado el potencial de reposo.

En relación a ese punto, Bernstein pensaba que la excitación era debida a una pérdida transitoria de la permeabilidad selectiva al potasio, lo que anularía temporalmente el potencial de reposo, dando origen a una perturbación propagada o impulso; cuando el exceso de cargas negativas dentro de la célula se uniera a las cargas positivas de afuera, el potencial de difusión tendería a desaparecer. Cuando las investigaciones en electrofisiología fueron enormemente estimuladas por el uso del electrómetro capilar y del galvanómetro de espejo, Bernstein encontró mas apoyo para su teoría, elaborándola con más detalle en su monografía "Elektrobiologie" (1912).

La especulación básica de Bernstein era que las células vivas estaban rodeadas de una membrana que tenía una permeabilidad baja para los iones. Por lo tanto, si se hacía pasar una corriente constante a través de una cámara que contuviera

células, la mayor parte de la corriente fluiría alrededor de ellas sin penetrarlas.

Si la membrana era una estructura aislante debería comportarse como un capacitor; esto es, además de su conductancia también tendrá una impedancia.

Dado un voltaje aplicado, la cantidad de corriente que cruza la membrana dependerá de su frecuencia, de tal manera que cuando fuera cero (para corriente directa DC) fluiría solamente a través de la resistencia; sin embargo, las corrientes alternas (AC) serían capaces de cruzar tanto a través del resistor como del capacitor de la membrana.

Por lo tanto, midiendo la impedancia de la membrana a diferentes frecuencias sería posible distinguir las contribuciones relativas de la conductancia y de la capacitancia.

En los resultados de los experimentos de Höber la impedancia de una masa de eritrocitos era de 1,200 Ohm a 1 KHz, mientras a 10 MHz éste valor decrecía a 200 Ohm.

Esto significaba que la resistencia de la suspensión de células estaba localizada en la membrana superficial y no en el interior de las células, confirmando la hipótesis de Bernstein.

Esta conclusión fue confirmada experimentalmente por Höber en trabajos publicados en 1910, 1912 y 1913, quien demostró que la membrana de los eritrocitos es un mal conductor, mientras el interior tiene una conductancia del orden de cualquier electrolito biológico. De esta manera, antes de morir Bernstein tuvo la satisfacción de ver confirmada su hipótesis.

Con esto se hizo obvio para los fisiólogos de los primeros años del siglo XX que los iones generan fuerzas electromotrices solamente si se restringe la difusión de una de las especies.

Una base para la teoría moderna del potencial de la membrana es la ecuación derivada a partir de principios físico-químicos por W. Nernst., esta ecuación define, en términos de las concentraciones de un ión específico a cada lado de la membrana, el potencial al cual no habrá movimiento neto de este ión para ningún lado. En otras palabras, la ecuación define el potencial requerido para oponerse exactamente al movimiento de un ión particular a favor de su gradiente de concentración. Así, si la membrana fuera exclusivamente permeable a un ión específico, entonces el potencial de la membrana sería dado por el potencial de equilibrio a ese ión.

La estimulación de una célula muscular por electroshock, aumenta la permeabilidad de su membrana produciendo una serie de cambios iónicos a través de la misma.

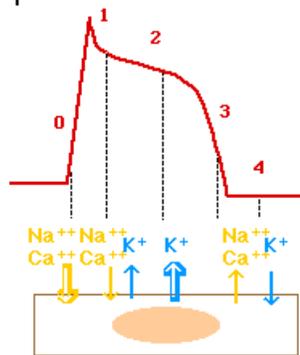
El suceso de este fenómeno, corresponde a una curva que se denomina en este momento, potencial de acción transmembranal (PAT) y que consta de las siguientes partes y fases:

Despolarización ("activación") o **Fase 0**: Entrada súbita de Ca^{++} y Na^{++} al interior de la célula.

Repolarización ("recuperación"):

- **Fase 1** e inicio de la fase 2: Persiste la entrada de Ca^{++} y Na^{++} y se inicia la salida de K^{+} al exterior de la célula.
- **Final de la fase 2 y fase 3**: La salida de K^{+} es máxima. Se inicia el restablecimiento del equilibrio iónico inicial.
- **Fase 4**: Se restablece el equilibrio iónico inicial mediante un mecanismo de transporte activo.

Fig 1. Fases del potencial de acción transmembranal.*²



El estudio de la impedancia, se inicia con Kenneth S. Cole (1900-1984) físico que se interesó en las membranas biológicas.

Trabajó con Hugo Fricke, quien había medido la impedancia que una suspensión de eritrocitos ofrece a la corriente alterna y calculó la resistencia y capacitancia de sus membranas, obteniendo un valor de $1 \mu\text{f}/\text{cm}^2$ para esta última.

² Tomado de GEDES L.A. 1984. A short history of the electrical stimulation of excitable tissue, including electrotherapeutic applications.

5.3 La electropesca

5.3.1 Equipos de electropesca.

La electropesca es una de las técnicas mas comunes usadas en trabajos de investigación de aguas continentales y es uno de los métodos mas utilizados en programas de monitoreo de especies actualmente.

Para un buen desempeño y aprovechamiento al máximo de este método, es importante conocer algo sobre la teoría de la electropesca, la configuración de los equipos a utilizar. Esto permite realizar un buen diseño de muestreo y considerar aspectos importantes en la interpretación de los resultados.

Tradicionalmente encontramos la premisa de que nunca se debe mezclar el agua y la electricidad, la verdad es que estos dos componentes pueden ser mezclados sin peligro alguno y debe ser la premisa fundamental de la electropesca, con la ayuda de conocimientos básicos para asegurar que la técnica pueda ser empleada sin causar riesgo tanto al operador como a los peces. En este conocimiento sobre la técnica están conjugados algunos principios básicos tanto eléctricos como del agua.

Una electropesca segura requiere el entendimiento de algunos principios básicos de teoría de circuitos y teoría de campo, que es el estudio de la energía eléctrica disipada en el medio en las tres dimensiones, en este caso el agua.

Muchas personas gastan gran parte del trabajo concentrándose en los circuitos, el tipo de cableado y calidad de este, unidades eléctricas, y otros aspectos del hardware de electropesca, a pesar de ser de suma importancia los aspectos antes mencionados, basta con aplicar correctamente algunos principios.

Tabla 2 : Terminología utilizada en teoría de circuitos y de campo*.³

TERMINO	DEFINICIÓN	SÍMBOLO	UNIDADES
Carga eléctrica	Cantidad de corriente eléctrica	Q	Coulumb
Voltaje	Energía/carga	V	Voltio
Corriente	Carga/tiempo	I	Amperio
Resistencia	Fricción eléctrica	R - Ω	Ohmio
Poder	Energía/Tiempo	P	Watt
Energía	Poder x tiempos	W	Watt-hora
Resistividad	Fricción x distancia	P(rho,P)	Ohmio-cm
Conductividad	1/P	Sigma, σ	Mho/cm
Gradiente de voltaje	Cambio de voltaje sobre distancia	ϵ	Voltio/cm
Densidad de corriente	Flujo de carga en el plano	J	Amp/cm ²
Densidad de poder	Poder disipado en las tres dimensiones	D	Watt/cm ³

³ Terminología y símbolos Microsoft © Encarta © 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

Un primer paso es el entendimiento de los conceptos básicos de importancia y las relaciones entre las partículas cargadas.

La materia esta conformada de partículas cargadas eléctricamente, llamadas electrones (-), protones (+) y neutrones (sin carga). La electricidad es causada por la separación de las partículas cargadas y la energía eléctrica es así creada por las fuerzas atractivas entre protones y electrones.

El segundo concepto importante es la transferencia de la energía eléctrica, que requiere la creación de un circuito, este circuito debe ser aislado, cerrado y que permita que la energía eléctrica viaje a lo largo de un camino particular.

La carga eléctrica es la característica de cualquier partícula que participa en la interacción electromagnética. La determinación de la carga de una partícula se hace estudiando su trayectoria en el interior de un campo electromagnético conocido. La unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional de unidades es el culombio, C.*¹

Si dos cuerpos de carga igual y opuesta se conectan por medio de un conductor metálico, por ejemplo un cable, las cargas se neutralizan mutuamente. Esta neutralización se lleva a cabo mediante un flujo de electrones a través del conductor, desde el cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente (en ingeniería eléctrica, se considera por convención que la corriente fluye en sentido opuesto, es decir, de la carga positiva a la negativa). En cualquier sistema continuo de conductores, los electrones fluyen desde el punto de menor potencial hasta el punto de mayor potencial. Un sistema de esta clase es lo que se denomina circuito eléctrico. La corriente que circula por un circuito se denomina corriente continua (C.C.) si fluye siempre en el mismo sentido y corriente alterna (C.A.) si fluye alternativamente en uno u otro sentido.*¹

El flujo de una corriente continua está determinado por tres magnitudes relacionadas entre sí. La primera es la diferencia de potencial en el circuito, que en ocasiones se denomina fuerza electromotriz (fem), tensión o voltaje. La segunda es la intensidad de corriente. Esta magnitud se mide en amperios; 1 amperio corresponde al paso de unos 625×10^{16} electrones por segundo por una sección determinada del circuito. La tercera magnitud es la resistencia del circuito. Normalmente, todas las sustancias, tanto conductores como aislantes, ofrecen cierta oposición al flujo de una corriente eléctrica, y esta resistencia limita la corriente. La unidad empleada para cuantificar la resistencia es el ohmio (Ω), que se define como la resistencia que limita el flujo de corriente a 1 amperio en un circuito con una fem de 1 voltio. La ley de Ohm, llamada así en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, que la descubrió en 1827, permite relacionar la intensidad con la fuerza electromotriz. Se expresa mediante la ecuación $e = I \times R$, donde e es la fuerza electromotriz en voltios, I es la intensidad en amperios y R es

la resistencia en ohmios. A partir de esta ecuación puede calcularse cualquiera de las tres magnitudes en un circuito dado si se conocen las otras dos.^{*1}

La cantidad de energía desprendida en un circuito eléctrico se mide en julios. La potencia consumida se mide en vatios; 1 vatio equivale a 1 julio por segundo. La potencia P consumida por un circuito determinado puede calcularse a partir de la expresión $P = e \times I$, o la que se obtiene al aplicar a ésta la ley de Ohm: $P = I^2 \times R$.^{*4}

En la electropesca usualmente solo el voltaje es ajustable, pero el ajuste en este parámetro causa efectos en la corriente, los cambios en la corriente se pueden interpretar a manera de circuitos.

Existen dos tipos de circuitos; Los dispuestos en serie y los dispuestos en paralelo.

En los circuitos en serie encontramos una disposición secuencial en el circuito de los componentes uno tras otro, si algún elemento es removido, la interrupción en el sistema lo inactiva, esto lleva a que las cargas funcionen como swiches, en este tipo de sistema la corriente es constante a lo largo de todas las cargas y el voltaje es variable, asumiendo que las cargas son diferentes en tamaño. El voltaje total es equivalente a la suma de voltajes en todas las resistencias. La resistencia total en un circuito de electropesca o resistencia equivalente es la suma de todas las resistencias o cargas individuales dispuestas secuencialmente.

Se dice que dos o más resistores están en serie cuando por ellos circula la misma corriente, de manera que no debe haber ninguna derivación en el camino que origine un cambio en la intensidad de la corriente que circula por ellos.

Resistencia equivalente: es una resistencia total que puede reemplazar a las del circuito, sin que se modifiquen los parámetros del mismo.

Para calcular la resistencia equivalente de dos o más resistores en serie, simplemente se suman sus valores. En el caso anterior, la resistencia equivalente es:

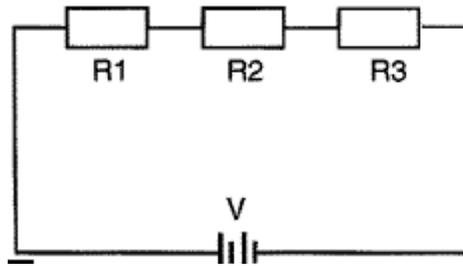
$$R_e = 100\Omega + 120\Omega + 100\Omega = 320\Omega.$$

En general, para resistores en serie, la resistencia equivalente es:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

⁴ Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

Fig 2. Circuito en serie.



Los circuitos en paralelo difieren de las series en que tienen caminos por secciones, cada sección, usualmente tiene un resistor, y no están dispuestos en secuencia como una serie además la corriente se divide en cada sección.

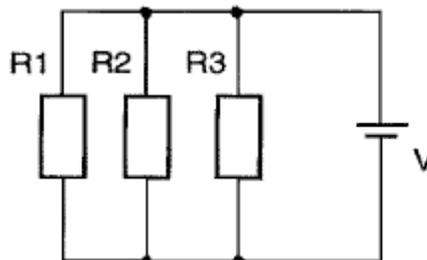
En el circuito en serie la corriente es constante y el voltaje varía, en el circuito en paralelo es lo contrario, el voltaje es constante y la corriente varía a cada carga, cuando las cargas tienen diferentes valores de resistencia, cuando todas las cargas tienen resistencias equivalentes, el voltaje es el mismo en cada resistor, si se quita uno de los resistores, no hay interrupción de flujo y los otros pueden adquirir su función. La corriente varía dependiendo de la carga.

Se dice que dos resistores están conectados en paralelo cuando soportan la misma tensión eléctrica, y eso implica que los resistores estén conectados a puntos comunes.

Para calcular la resistencia equivalente, usamos la siguiente fórmula:

$R_{eq} = R_1 + R_2/R_1 + R_2$, que sirve para dos resistores; luego, se vuelve a aplicar al tercer resistor con la resistencia equivalente de los dos resistores anteriores y, así, sucesivamente, hasta terminar con el último resistor.

Fig 3. Circuito en paralelo.



5.3.2 Objetivo energético de la electropesca.

El objetivo básico de la electropesca es transferir energía de una carga a otra, en este caso del agua al pez. (la resistencia del pez es generalmente diferente a la del agua). La diferencia entre la resistencia del agua y la resistencia del pez, puede actuar como una barrera a la transferencia de energía. El esfuerzo de entrada esta limitado por la capacidad del control de la energía disponible en el agua.

5.3.3 Concepto de poder (Voltaje*corriente)

Concepto importante en la electropesca, el poder (P), relaciona la energía por unidad de tiempo. Es el resultado de el voltaje * corriente, donde el voltaje es la energía por unidad de carga y la corriente son las cargas por unidad de tiempo, su unidad es el Watt.

5.3.4 Forma de las ondas.

El trazo gráfico del el voltaje en un circuito con un swiche operable puede mostrar un incremento instantáneo (porque los electrones viajan a la velocidad de la luz) esto cuando el swiche esta cerrado y decrece instantáneamente cuando el swiche esta abierto. En la corriente directa (DC), los electrones fluyen de una dirección del cátodo al ánodo porque la polaridad es constante y nunca cambia. La forma de onda simple de DC es caracterizada solo por el voltaje, y el trazo grafico de la corriente puede ser igual al del voltaje.

5.3.5 La corriente directa DC.

Por muchos años, la corriente DC fue considerada una buena forma de onda, ya que causaba mas daño a los peces que otros tipos de onda. Para la producción de una buena descarga de DC, se requiere el mantenimiento de alto poder de entrada con un generador grande y pesado.

5.3.6 El desarrollo pulsante DC.

Recientemente se ha desarrollado el voltaje pulsante DC en electropesca, y es producido por una interrupción regulada del flujo continuo de DC, el cual lleva una frecuencia definida. El DC pulsante tiene la ventaja de no requerir altos niveles de alta energía de entrada.

La DC pulsante es más compleja que la DC simple, las formas de onda se caracterizan por picos de voltaje y niveles de voltaje. La corriente fluye en el mismo patrón general del voltaje.

Determinar el nivel de voltaje es algo difícil, ya que no solo depende del máximo voltaje, también de la duración y espacio entre pulsos, el cual es usualmente en

milisegundos (msec), siendo usado en electropesca 5 msec como el tiempo de pulso característico, refiriéndose a la duración del pulso o al ancho de pulso. El número de pulsos por unidad de tiempo es llamado frecuencia de pulso, pulsos por segundo o Hertz (Hz). La frecuencia típica en electropesca es de 50 – 60 Hz, Siendo 50 Hz para 240v y 60 Hz para 120v, resultando en nuestra practica más efectiva la utilización de 60 Hz.

5.3.7 La corriente alterna AC y la dirección.

Otro tipo de forma de onda es la corriente alterna (AC), la que se caracteriza por no tener polaridad. La corriente alterna es la forma de onda de salida en casi todos los generadores comerciales o también llamados plantas de energía, en estos la dirección de la polaridad cambia de acuerdo a la velocidad del generador, usualmente la frecuencia es de 60 Hz (60 ciclos). Si la corriente alterna es usada en electropesca, donde los dos electrodos tienen la misma forma y el mismo tamaño, ambos electrodos tendrán el mismo efecto sobre los peces, ningún pez será influenciado más por un electrodo que por otro.

La corriente alterna se caracteriza por voltaje pico a pico, donde un pico corresponde al positivo y otro al negativo. El promedio de voltaje no tiene sentido, porque el resultado de los dos picos sería cero. De esta forma la medida de voltaje utilizada para caracterizar el voltaje pico-pico es el (RMS), ya que la salida típica de un generador de AC es sigmoidea y tiene un pico de voltaje (V_p) equivalente al voltaje (RMS) (V_{rms}), dividido por 0.707. El voltaje pico-pico es ($2xV_p$) o $2x(V_{rms}/0.707) = 2.828xV_{rms}$. De esta forma el voltaje pico-pico es cercano a tres veces el voltaje V_{rms} .

Los voltímetros son muy comunes en las unidades de electropesca y de gran importancia, ya que permiten la observación del voltaje utilizado, los peces reaccionan al voltaje pico-pico. La energía de poder alterna (AC), puede ser nociva para los peces y otros animales, debido al cambio constante de polaridad, los peces por ejemplo se orientan al positivo en un sistema DC, en un sistema AC el pez no puede orientarse al positivo 60 veces por segundo, que es la velocidad Standard de swicheo en un sistema típico de electropesca. Los peces pueden entrar en un fenómeno llamado oscilitaxis caracterizado por reacciones vibratorias e impredecibles. Algunas veces en bajas conductividades, la única forma de capturar animales es utilizando AC, y para alcanzar los mismos resultados con DC se necesitaría un gran generador que aplique mucha más energía al agua, lo que no es muy recomendable, ya que puede provocar daños tanto a los humanos involucrados en campo como a la biota en general.

Una forma económica de producir DC es rectificar la corriente alterna (AC). Por el corte producido en la rectificación de la forma de la onda AC, se obtiene solo la mitad correspondiente a un positivo equivalente a la mitad de la forma de la onda, el resultado sería una corriente directa (DC) pulsada a una frecuencia de 60 Hz,

pero el ciclo de trabajo sería del 50%, esta forma de onda es llamada AC medio rectificadas. Para una rectificación completa en la forma AC, la porción negativa se invierte al positivo, esto produce una corriente directa (DC) pulsada que retorna a cero después de cada pulso, este siempre es positivo y este fenómeno siempre dobla la frecuencia.

Muchas unidades de electropesca toman la corriente alterna (AC) del generador y producen corriente directa (DC), separándola en varios patrones. Esta función proporciona más flexibilidad en términos de frecuencia, ciclo de trabajo, duración de pulso y amplitud. La gran limitación de estos sistemas es la incapacidad para variar la forma de pulso.

Uno de los métodos de aprovechamiento de energía es la emisión de trenes de pulsos, paquetes de energía pulsante o formas de onda de baja energía, preferibles a pulsos regulares. Estas nuevas formas de onda se caracterizan por tener picos de corta duración agrupados en tiempos con producción de alta frecuencia (>200 Hz). El resultado es una baja frecuencia pulsada de DC con poca energía y cada paquete con un pulso equivalente, esto con el objetivo de reducir la proporción y gravedad de los daños producidos a la fauna.

5.3.8 Sistemas básicos de electropesca.

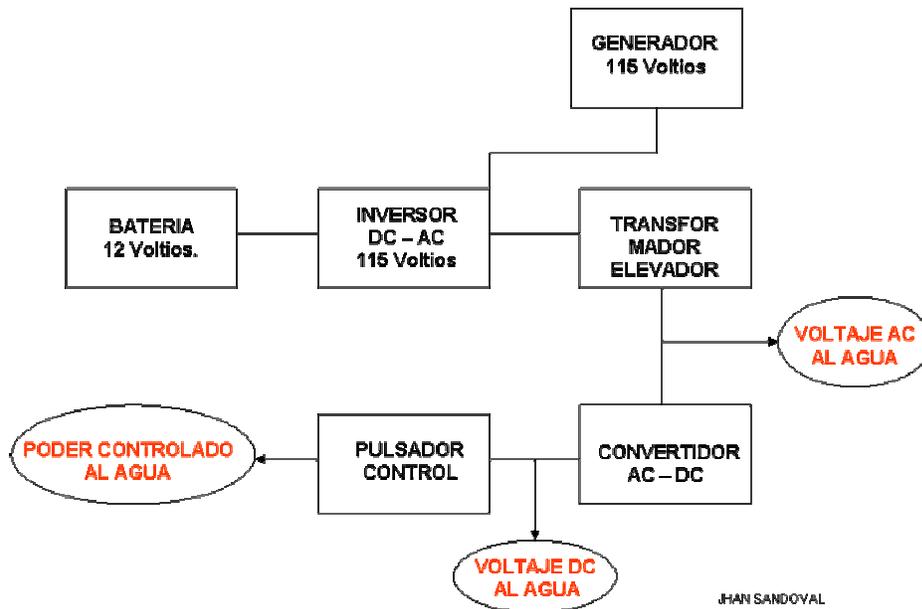
Los sistemas básicos de electropesca se caracterizan por una unidad que proporciona la energía conformada por un generador de AC que funciona con gasolina (planta) y tiene una salida de 120 v (AC) o un sistema de batería, la cual produce 12 voltios (DC) con bastante corriente (Amperios), en este caso se podría pensar poner a pulsar este voltaje para obtener un voltaje pulsante DC, pero no es suficiente para lograr “aturdir” a los peces, entonces se necesita en este caso un inversor de voltaje de 12v (DC) a 120v(AC). Para un sistema de electropesca que solo utilice AC esto sería suficiente.

Entonces un sistema simple de estos estaría conformado por una batería, un inversor de DC:AC y un pequeño transformador elevador de salida que incrementa la tensión, estos sistemas no son muy poderosos pero pueden producir una señal AC conveniente para la captura de peces. Dirigiendo la electricidad a través de un rectificador (convertidor) de AC a DC, se obtiene una alta señal de salida tipo DC, la suma a este sistema de un pulsador proporciona una forma de onda alta pulsada de DC.

5.3.9 Diagrama en bloque de un sistema básico de electropesca.

A continuación se describe por medio de un diagrama en bloques un sistema básico de electropesca, la naturaleza de la alimentación puede cambiar, ya sea corriente directa DC (batería) o alterna AC (generador), el resto del sistema es común para los dos.

Fig 4. Diagrama en bloque de un sistema de electropesca.



5.3.10 Relación de la transferencia y las propiedades del agua (conductividad).

En propósitos prácticos, la resistencia es significativa en la transferencia de la energía aplicada a los organismos. Cuando las resistencias, tanto del agua como de los organismos son equivalentes, ningún poder aplicado al agua puede ser totalmente transferido a los organismos, en la práctica de electroshock en el agua es casi imposible saber la condición de empate tanto de los organismos como la de conductividad del agua, esto se deduce de que a veces se capturan organismos y a veces no en el mismo sitio, a sabiendas de que allí se encuentran, como resultado hay que incrementar el poder de energía aplicada al agua, este fenómeno puede estar relacionado con el cambio en la conductividad del agua asociado con un aguacero o tributarios, la temperatura y diferentes fenómenos asociados a condiciones climáticas.

Lo ideal sería tener un Standard de Conductividad asociado a la temperatura para el nivel de energía que se va a aplicar.

Para propósitos prácticos se asume la conductividad con un valor de 150 $\mu\text{hos/cm}$.

5.3.11 Configuración de los electrodos.

En un sistema de DC pulsada, la profundidad es un limitante de atracción de los peces al ánodo, el electrodo tiene que estar cerca de los 0.5m, del o de los animales; el objetivo es llevar los peces a la superficie “aturdidos” donde son fácilmente vistos para ser capturados.

Es mas efectiva la corriente alterna (AC) para grandes profundidades, ya que en un sistema AC con baja conductividad en el agua, utilizando cable acerado o un electrodo cilíndrico en la corriente de fondo de un arroyo o lago hasta una distancia de profundidad de 4.5 m, se puede lograr “aturdir” los peces causando que salgan a flote a la superficie del agua.

Existe una regla general y es que los cátodos pueden tener una superficie de área equivalente al la longitud de los ánodos para prevenir malgasto de poder a el cátodo en sistemas DC.

El cátodo ideal puede ser mas largo que el ánodo, en unidades portátiles el cátodo debe ser de pequeña superficie de área, con un ánodo en forma de anillo; en este caso los cátodos no pueden ser muy pequeños para evitar que se disipe mucha energía hacia estos, la vía para mejorar el desempeño es incrementar un poco el tamaño de los cátodos, mas en superficie que en longitud, comúnmente se utiliza parrillas o rejillas.

El diseño de los electrodos es una característica muy importante que no debe ser pasada por alto en sistemas de electropesca, ya que los diferentes diseños pueden tener diferentes objetivos.

Los ánodos son usualmente configurados con cualquier cable no tan delgado, un electrodo que entre menos superficie de exposición tenga va a ofrecer menor carga al generador, aspecto importante en aguas con mucha o muy poca conductividad, donde se debe evitar la sobrecarga del generador o donde se debe tratar de mantener la carga de la batería por mas tiempo.

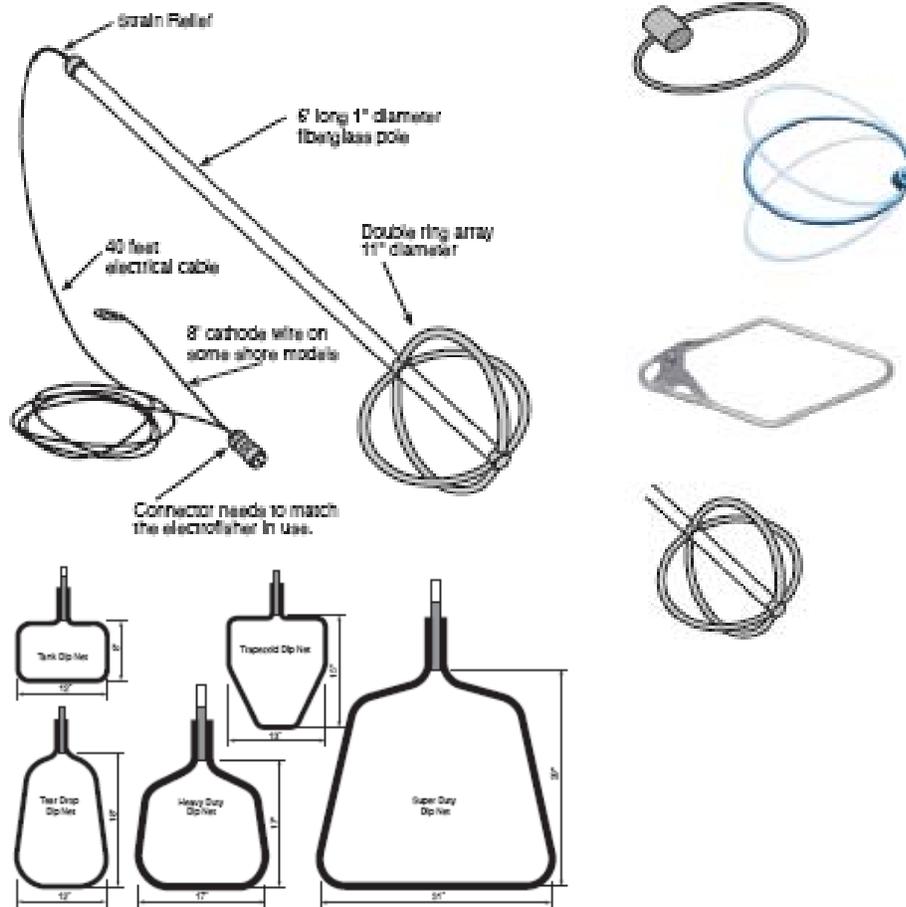
Incrementando el diámetro de los electrodos decrece la intensidad del campo cerca a los ánodos y se extiende la distancia de efectividad de campo.

Los ánodos vienen en gran variedad de formas y tamaños, por ejemplo uno con forma de esfera proporciona una dispersión uniforme omnidireccional de la energía, pero grandes esferas se hacen poco manipulables debido al peso, una buena alternativa son grandes anillos y varios anillos juntos, pueden generar un campo parecido al de la esfera.

La distancia entre ánodo y cátodo cuando el ánodo está atrayendo al pez no es usualmente importante, ya que el cátodo funciona como un retorno del circuito.

5.3.12 Electrodoos comerciales.

Fig 5. Algunos diseños de electrodos comerciales*⁵



5

5.3.13 Construcción del equipo eléctrico utilizado.

El prototipo de electroshock, es el equipo eléctrico específico para esta investigación, y se construyó con base en diferentes modelos existentes modificando o adaptando algunas características como: Control de intensidad o potencial de descarga, corriente de salida, frecuencia de pulso, este equipo es de tipo control digital y el circuito es oscilante, con transformador de salida, ya que el

⁵ Diagramas tomados del catalogo de la marca Smith Root, especializada en la fabricación de equipos de electropesca.

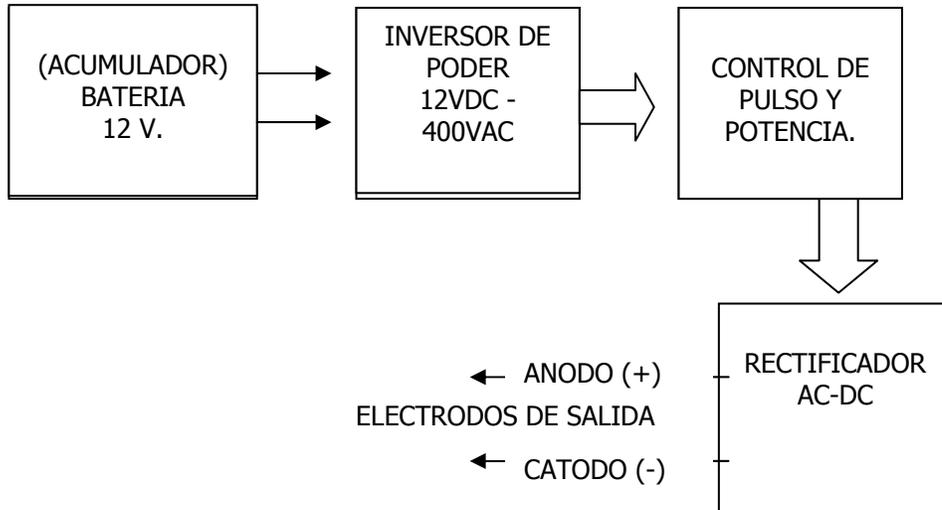
equipo de transformador sencillo, además de los inconvenientes por transporte tiene una descarga de altos niveles de corriente, lo que es perjudicial para toda la fauna predominante.

Después de diversas pruebas, el aparato se estandarizó en el modo de 50-60 pulsos por segundo, dentro de un rango de 120-400 volts. con un porcentaje del rango de 60 a 80%. Esto produce un campo eléctrico de aproximadamente 8 m², para lo cual se utilizó un electrodo (ánodo) en aluminio circular de 30 cms. de diámetro.

Fig 6 . Equipo de electroshock utilizado.



5.3.14 Diseño en bloques del equipo de electropesca utilizado.



6. METODOLOGIA

6.1 FASE DE CAMPO

6.1.1 Descripción de las áreas de estudio.

El muestreo para este estudio se desarrollo en el río Palacé (Zona 1), ubicada entre el municipio de Cajibío y el municipio de Popayán, río Grande (Zona 2) ubicado en el municipio de Coconuco, y quebrada Las Tallas (Zona 3) ubicada en el municipio de Patía, todas las zonas antes mencionadas hacen parte del departamento del Cauca.

A continuación presentamos un mapa del Departamento del Cauca donde están ubicadas las tres zonas de muestreo.

Fig 7. Departamento del Cauca

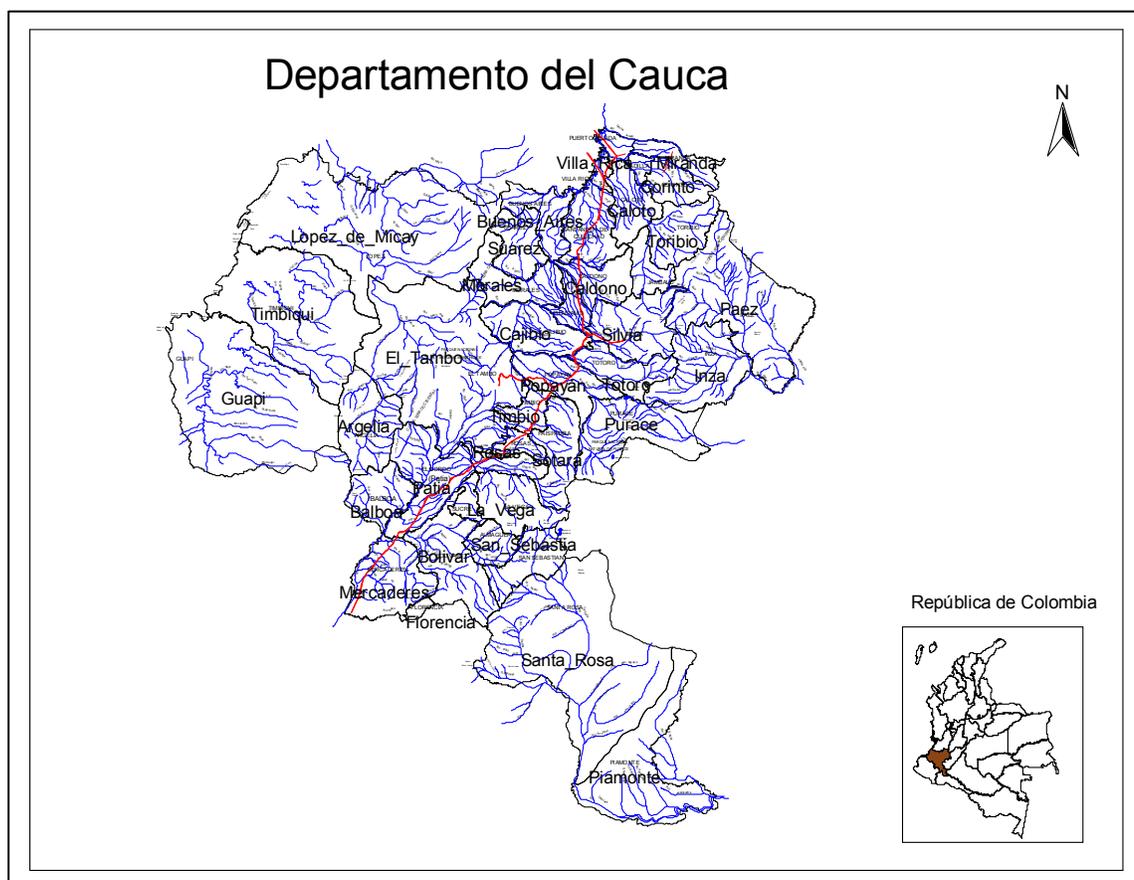


Fig 8. Ubicación de las zonas de muestreo.



6.1.2 Zona 1 RIO PALACE.

Fig 9. Zona de muestreo Lácteos Colombia.



El primer sitio de muestreo, está ubicado en el kilómetro 8 vía Popayán – Cali, sector denominado como Lácteos Colombia, en la vereda Real Palacé, tiene una altitud de 1761 m.s.n.m, con una geoposición Norte: 02°32'28", Oeste: 076°33'37.2", temperatura max. de 20.2 °C y humedad relativa (HR) min. 88%, max. 92%, este río se origina en la parte alta del municipio de Gabriel López, a mas de 3000 m.s.n.m con un recorrido de 61.3 km, tomando como referencia el municipio de Popayán, se une en su transcurso con río Blanco a la altura del Km 31.1, para así desembocar aguas abajo en el río Cauca en el corregimiento de Pan de Azúcar.

Esta microcuenca comprende las zonas aledañas de la parte norte de la cabecera municipal de Popayán, con una zona de vida según Holdridge bosque húmedo pre-montano (bh-PM), con baja intervención de actividades antrópicas debido a la presencia de pocos grupos poblacionales y pequeñas agroindustrias, las cuales producen descargas mínimas de aguas servidas, lo que permite la recuperación del sistema rápidamente.

Este sistema está caracterizado por tener poca pendiente, lo que evita se forme turbulencia de manera importante, en las zonas donde se puede observar este fenómeno, esta principalmente influenciado por las rocas presentes, las áreas aledañas ribereñas no están cultivadas, observándose como vegetación predominante: mimosáceas como *Inga sp* (guamo rabo de mico), algunos arbustos, *Guadua angustifolia* (guadales), plantas sumergidas en la zona marginal y algunas emergentes, aportando al medio una fuente principal de

alimento y materiales necesarios para la supervivencia de algunos macroinvertebrados.

6.1.3 Zona 2. RIO GRANDE.

Fig 10. Zona de Muestreo Río Grande.



Localizado en el municipio de Puracé (Coconuco), zona centro-oriental del departamento del Cauca, en la cordillera central de los Andes, forma parte del denominado Macizo Colombiano.

Coconuco, dista 30 km de Popayán, la capital departamental del Cauca. Situado a 2.850 m de altitud, la mayor parte del territorio es montañoso, ya que su relieve forma parte de la cordillera Central, destacando en él la sierra Nevada de los Coconucos, los volcanes Pandeazúcar, Puracé y Sotará, el pico de Paletará, el páramo Blanco y los cerros Aguablanca, Canelo, Cargachiquillo, Los Coconucos, Peñasblancas y Puzná.

Coconuco es recorrido por los ríos Anambía, Blanco, Cauca, Grande, San Andrés, Vinagre y Yerbabuena, sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos frío y de páramo, con una temperatura media anual de 16 °C y un promedio de precipitaciones de 1.811 mm.

El sitio de muestreo está ubicado en el Km 31 vía Coconuco – Paletará, con una altura de 2631 m.s.n.m, bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (Holdridge

1978) con una temperatura promedio del agua de 23°C, se origina por la unión de los ríos Changue, Blanco y San Andrés, cuyos nacimientos se originan en los 4000 msnm, en estribaciones de la Serranía de los Coconucos.

Tiene un perímetro de 50.73 Km, con un cauce de 28.89 Km y una pendiente media de 16.12%.

La cobertura vegetal predominante en la zona esta constituida por potreros, utilizados para pastoreo de modalidad extensivo.

6.1.4 Zona 3 QUEBRADA LAS TALLAS (MUNICIPIO DE PATÍA).

Fig. 11. Zona de muestreo Quebrada Las Tallas.



Esta área de estudio se encuentra localizada en el municipio de Patía, en el departamento del Cauca, en la cuenca hidrográfica del mismo nombre.

El valle del río Patía está limitado en la parte norte con el municipio del Bordo y La Fonda, en el sur con el corregimiento de Galíndez; hacia el oriente limita con la carretera Panamericana y al occidente por las estribaciones de la cordillera Occidental. (Proyecto Patía, Sección de Estudios Corporación para la Reconstrucción y Desarrollo del departamento del Cauca, C.R.C. 1991).

La subcuenca de la quebrada Las Tallas se encuentra localizada en la parte sur occidental del departamento del Cauca entre los 2°7'40" y 2°6'56" Latitud Norte y 77°4'56" y 77°4'78" Longitud Oeste, bajo la jurisdicción de los municipios de Patía y Balboa, con altitudes desde 550 m hasta 2450m, abarcando un área de 6.565 Ha.

Limita al nor-occidente con la subcuenca de la quebrada Sajandí, al sur con el Valle del río Patía, al occidente con la subcuenca del río San Vicente y al oriente con la subcuenca del río Capitanes.

La subcuenca de la quebrada Las Tallas recorre las veredas El Vijal, Alto de Boyacá y Monares (correspondientes al municipio de Balboa), además de Las Tallas, Pan de Azúcar, Santa Cruz (correspondientes al municipio de Patía). La quebrada Las Tallas nace en la vereda La Esperanza.

Dentro de sus principales afluentes se encuentran: en la parte derecha: Agua Dulce – Manzanares; en su parte izquierda: Caño Grande. La extensión total de la quebrada es de 19.65 Km., (la longitud de la cuenca es la misma). Presenta una pendiente promedio de $S= 8.2\%$; la vertiente está formada por cañones estrechos y profundos, con laderas muy pendientes en su cabecera y mas atenuado a su curso medio y bajo.

Teniendo en cuenta el sistema de formaciones vegetales o zonas de vida de L.R. Holdridge, el área de estudio pertenece a las zonas de vida de bosque seco tropical (bs-T) y bosque muy seco tropical (bms-T). (Departamento Nacional de Planeación, Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo de Nariño, Corporación para la Reconstrucción y el desarrollo del Cauca y la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. Plan de Desarrollo Integral de la región del Alto Patía, 1993).

6.1.5 Equipos y materiales.



Se utilizaron:

- Equipos de precisión para el análisis fisicoquímico de aguas.
- Reactivos “Aquamerck”
- Equipos de disección.
- Estereoscopio de campo marca Nikon.
- Equipo de electropesca.
- Red de benthos o de mano.

- Material plástico y de vidrio.
- Alcohol 70%.
- Cámara fotográfica.

6.1.6 Caracterización físico-química hídrica por zonas de muestreo.

Se realizaron análisis físico-químicos hídricos en cada zona, empleando métodos colorimétricos como potenciométricos.

Dentro de los parámetros analizados están: Temperatura ambiental, la cual fue determinada mediante un termómetro digital marca Ama-Digit ad 15th; oxígeno disuelto, mediante un oxímetro marca Schott Gerate modelo CG867; pH mediante un pH-metro marca Schott Gerate modelo CG727; CO₂ disuelto, mediante método estándar de titulación (NaOH 0.027N), con fenolftaleína como indicador; conductividad y salinidad mediante un conductímetro - Salinómetro – Tele termómetro marca YSI sct-meter; turbiedad mediante un espectrofotómetro marca MERCK modelo SQ 118; porcentaje de saturación de O₂ disuelto, utilizando la temperatura del agua y la concentración de este y finalmente análisis químicos de métodos Aquamerck, Spectroquant y Aquaquant de Merck. Para la determinación de parámetros como acidez total, alcalinidad total, dureza total, dureza carbonacea, calcio, nitrógeno (nitritos - nitratos).

6.1.7 Aplicación del electroshock *in situ*.

Inicialmente se planeo para la toma de la muestra impactada, aplicar la descarga de electroshock (240v 2A equivalente a 480 W) en los sitios de muestreo de los cuerpos de agua, lo cual se realizó en el primer muestreo, encontrando que no flotaron macroinvertebrados, e igualmente en un segundo ensayo con un equipo más potente (350v 8A equivalente a 2800W) propiedad de la CRC (Corporación autónoma regional del Cauca). Esta situación no permitió realizar las observaciones programadas, por tal razón se procedió a aplicar el impacto *ex situ*.

6.1.8 Colecta de los MAE oferta del medio.

Fig 12. Muestreo de MAE.



Existen diferentes métodos de recolección, los cuales varían de acuerdo al sustrato (arena, piedras, fango etc), o al tipo de enfoque de la investigación (cualitativa o cuantitativa). Para este trabajo en particular se utilizó la red de bentos de pantalla, por ser un artefacto sencillo, y eficiente para obtener una abundante y variada fauna de MAE.

La red consta de dos mangos para su manipulación y una malla plástica de de 1m. de amplitud, por 1m. de alto, con ojo de malla de 1mm. Una persona toma la red por sus dos mangos fijándola al sustrato a una inclinación aproximada de 30° sobre la superficie del agua, en contra de la corriente y otra persona remueve el fondo, ya sea con las manos o con los pies aguas arriba, lo cual despega a los MAE y la corriente los lleva hacia la red quedando ahí atrapados para la colecta. La muestra de MAE obtenida mediante la red de bentos, brinda una buena aproximación de la oferta del sistema en este tipo de fauna.

6.1.9 Determinación de la duración de la descarga.

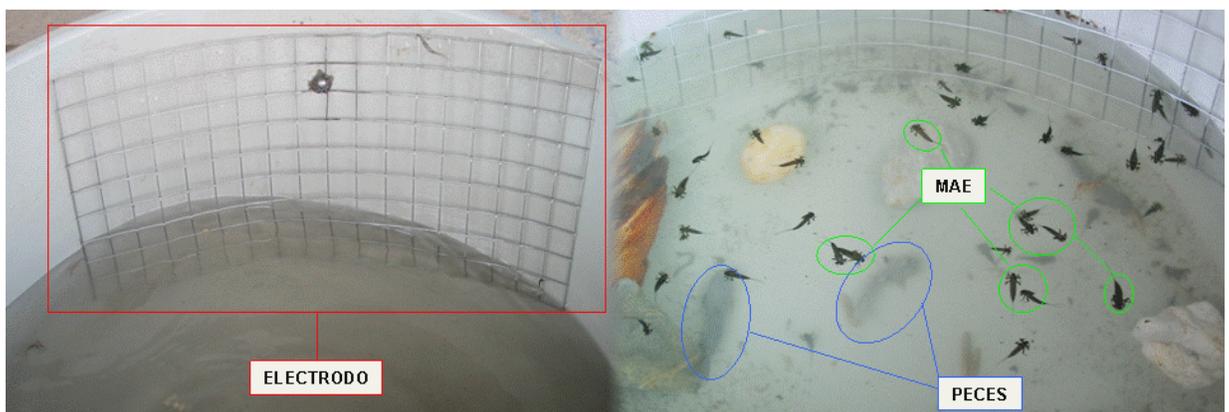
Para determinar la potencia y el tiempo de la descarga del electroshock a utilizar, se impactaron peces hasta su inmovilización.

6.1.10 Impacto *ex situ*

La muestra colectada en el río (oferta del medio), se colocó en un recipiente plástico, y después de observar que todos los MAE y los peces estuvieran activos, se procedió a la aplicación del electroshock hasta que los peces se inmovilizaron, (abdomen hacia arriba).

El impacto *ex situ* facilitó la observación y la evaluación del fenómeno. El recipiente utilizado es de material plástico. Los dos electrodos se ubicaron en extremos opuestos para aplicación del electroshock. En el fondo del recipiente se dispuso algo de material característico del sustrato del río.

Fig 13 . Aplicación de electroshock *ex situ*



6.1.11 Colección y conservación para estudio.

Una vez impactada la muestra, se identificaron en campo con ayuda de un estereoscopio de campo marca Nikon y claves para tal fin, se devolvieron al sistema los que recuperaron movilidad, previo registro en la hoja de datos. Los organismos muertos se pasaron a frascos plásticos de boca ancha con alcohol al 70%, para verificar identificación en el laboratorio y para colección de referencia en el mismo.

7. RESULTADOS Y ANALISIS.

7.1 Caracterización físico-química hídrica por zonas de muestreo.

Es de suma importancia tener en cuenta que los parámetros físico-químicos hídricos cambian constantemente durante el tiempo y es necesario realizar varios muestreos para obtener promedios representativos, es decir, no basta con realizar un solo muestreo. Aspectos como el piso altitudinal, la naturaleza del sustrato que puede influir también en la dinámica del cuerpo de agua, el aporte de aguas por parte de tributarios, procesos de degradación de materia orgánica entre otros, están constantemente alterando los parámetros físico-químicos hídricos, este cambio influye directamente en la distribución de la biota acuática dentro del sistema, alterando el flujo de energía y niveles trofodinámicos que en el ecosistema acuático se establecen.

Para el presente trabajo se escogieron tres cuerpos de agua con diferentes características fisicoquímicas hídricas, en diferentes pisos altitudinales.

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos hídricos promedios, de los ríos muestreados.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS HÍDRICOS	Río Palacé	Río Grande	Las Tallas
Temperatura del agua (°C)	15.9	15.5	23.5
Oxígeno disuelto (mg/L)	9.3	5.4	7.8
Porcentaje de saturación (%)	90	60.5	93.25
CO ₂ disuelto (mg/L)	1.75	7	2.4
Ph (unidades)	7.29	8.15	7.61
Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	33.4	7	45.56
Dureza carbonácea (mgCaCO ₃ /L)	33.4	7	36.38
Conductividad (uMhos/cm)	132	660	106.5
Salinidad (‰)	0	0.125	0
Turbiedad (NTU)	32	10	17.56

Los parámetros físico-químicos hídricos, se encontraron dentro de los rangos normales, permitiendo el desarrollo de la fauna bentónica característica en las tres zonas, solo se observa un cambio significativo en la conductividad de río Grande (Zona 2), parámetro que puede influir en el flujo de energía a través del sistema.

7.2 Caracterización de macroinvertebrados presentes en las zonas de muestreo.

En cada zona de muestreo, se caracterizaron los diferentes grupos de macroinvertebrados, identificándolos hasta género.

Por cada zona se realizó una replica.

7.2.1 Río Palacé.

Tabla 4. Macroinvertebrados impactados en el Río Palacé (Zona 1).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	BASOMMATOPHORA	Physidae	<i>Physa sp.</i>	20	0
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	9	0
INSECTA	COLEOPTERA	Dryopidae	<i>Elmoparmus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	5	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Limnychidae	<i>Eulimnichus</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	27	2
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	9	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	11	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	2	0
INSECTA	HEMIPTERA	Vellidae	<i>Microvelia</i>	6	0
INSECTA	ODONATA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	17	2
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	12	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	6	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Protoptilia</i>	1	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Helycopsychidae	<i>Hellicopsyche boreales</i>	3	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Leptocella gemma</i>	5	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	23	1
			Total.	162	5

Fig 14. Macroinvertebrados impactados en el Río Palacé.

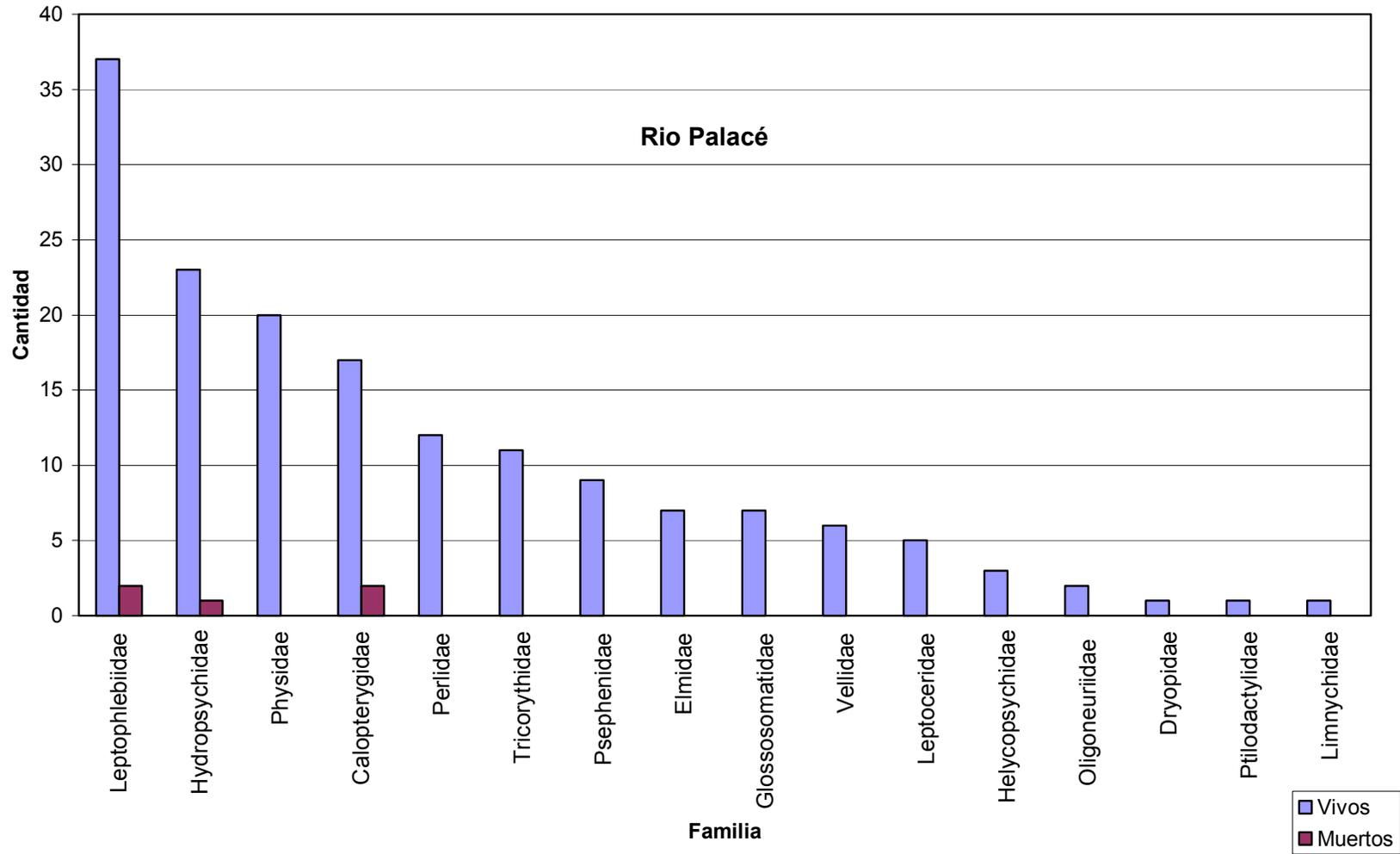
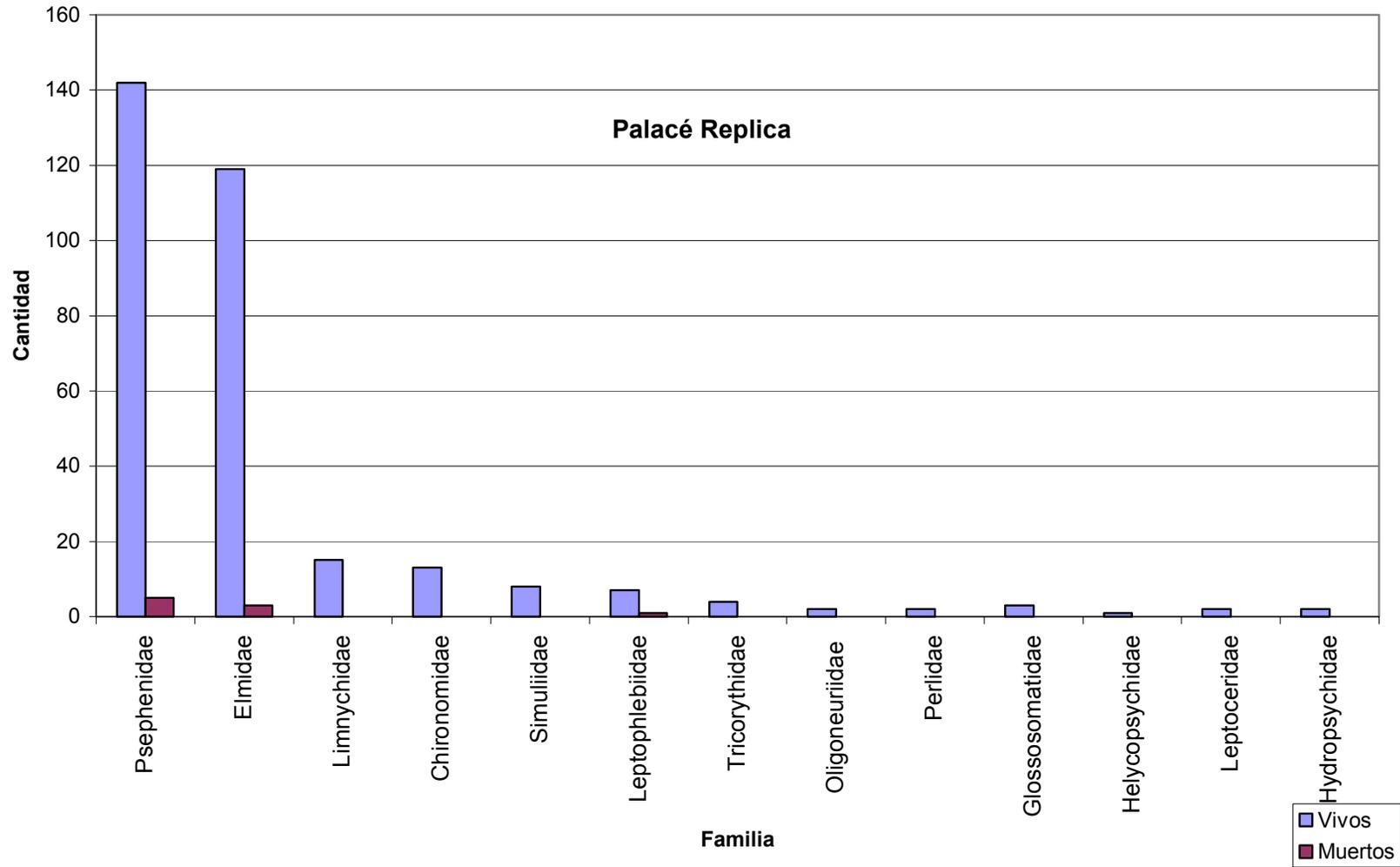


Tabla 5. Macroinvertebrados impactados en el Río Palacé (Zona 1) (Replica).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	15	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Phanocerus</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Limnychidae	<i>Eulimnichus</i>	2	0
INSECTA	DIPTERA	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	18	0
INSECTA	DIPTERA	Simuliidae	<i>Simulium</i>	43	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	3	1
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	2	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	1	0
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	142	5
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	1	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Protoptilia</i>	2	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Helycopsychidae	<i>Hellicopsyche boreales</i>	8	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Leptocella gemma</i>	2	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	13	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	30	3
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	28	0
			Total.	320	9

Fig 15. Macroinvertebrados impactados en el Río Palacé (Zona 1) Replica.



Para el río Palacé (Zona 1), en el primer muestreo encontramos un total de 167 individuos de los cuales resultaron muertos 5, representados por los géneros *Thraulodes* (2), *Hetaerina*.(2) y *Leptonema*(1), grupos con abundante tipo de organismos. El género con mayor índice de mortalidad fue *Hetaerina*. En la replica con un total de 329 individuos, resultaron muertos 9 representados por los géneros *Anacroneuria* (5), *Leptonema* (3) y *Thraulodes* (1), los dos primeros con abundante numero de organismos, y *Thraulodes*, que presentó muy baja abundancia resulta ser el de mayor índice de mortalidad.

7.2.2 Río Grande.

Tabla 6. Macroinvertebrados impactados en el Río Grande (Zona 2).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	3	0
INSECTA	COLEOPTERA	Scirtidae	<i>Elodes</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	6	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Microcylloepus</i>	45	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	35	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Disersus</i>	10	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Phanoserus</i>	5	0
INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	4	0
INSECTA	COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	7	0
INSECTA	DIPTERA	Chironimidae	<i>Chironomus</i>	2	0
INSECTA	DIPTERA	Simuliidae	<i>Simulium</i>	7	0
INSECTA	DIPTERA	Tabanidae	<i>Tabanus</i>	8	0
INSECTA	DIPTERA	Tipulidae	<i>Limonia</i>	1	0
INSECTA	DIPTERA	Blepharoceridae	<i>Limonicola</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	49	1
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	2	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	15	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Moribaetis</i>	5	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	43	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	77	6
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	25	1
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	23	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Protoptilia</i>	39	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	1	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	12	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	120	0
			Total.	549	8

Fig 16. Macroinvertebrados impactados en Río Grande.

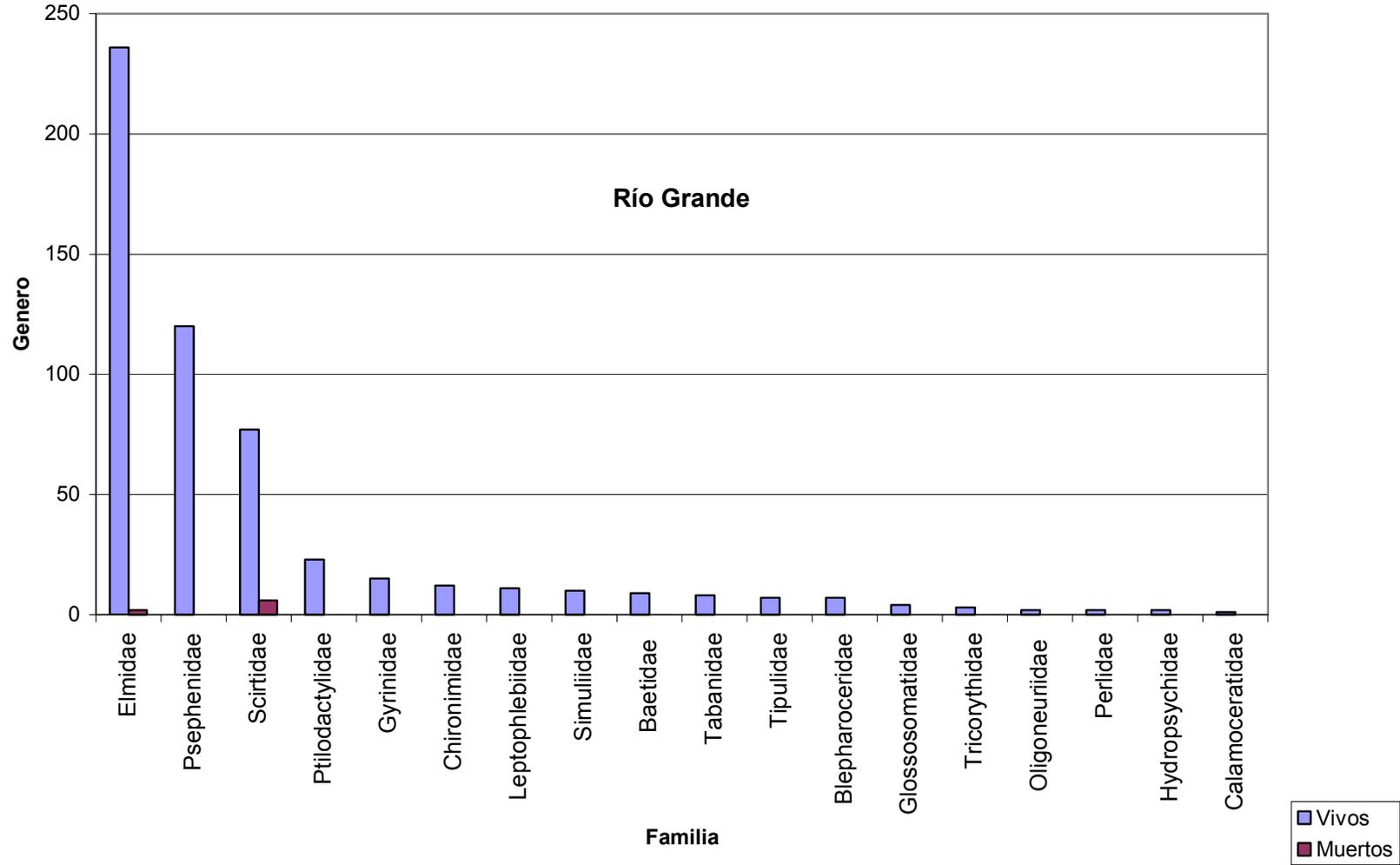
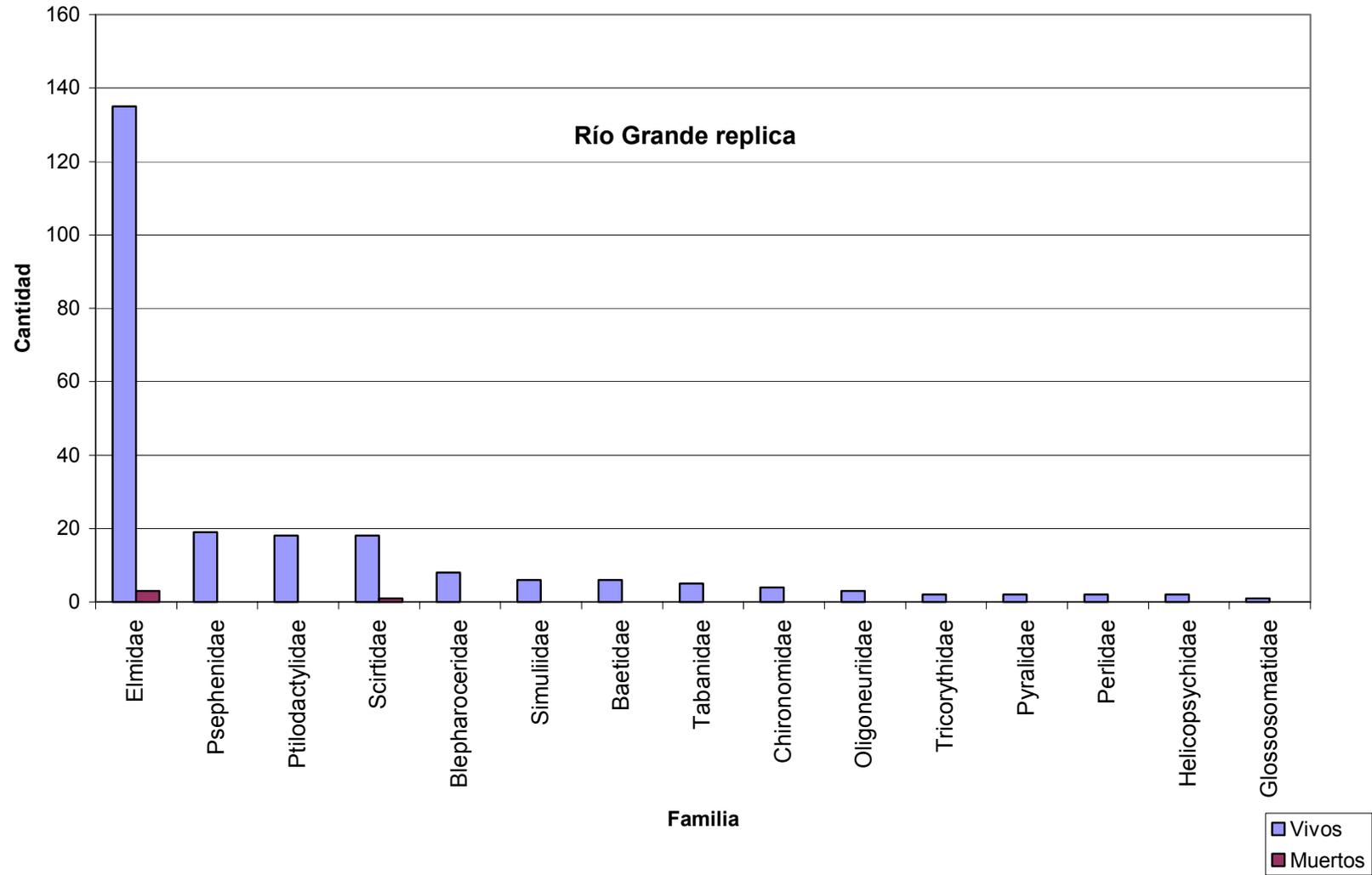


Tabla 7. Macroinvertebrados impactados en el Río Grande (Zona 2) Replica.

Lista de macroinvertebrados encontrados en Río grande Zona 2 Replica					
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	6	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Disersus</i>	4	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	5	0
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	2	0
INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Scirtidae	<i>Elodes</i>	3	0
INSECTA	DIPTERA	Blepharoceridae	<i>Limonicola</i>	1	0
INSECTA	DIPTERA	Simuliidae	<i>Simulium</i>	3	0
INSECTA	DIPTERA	Tabanidae	<i>Tabanus</i>	2	0
INSECTA	DIPTERA	Chironomidae	<i>Chironumus</i>	8	0
INSECTA	EFEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	48	2
INSECTA	EFEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	18	0
INSECTA	EFEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	19	0
INSECTA	EFEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	68	1
INSECTA	LEPIDOPTERA	Pyralidae	<i>Petrophila</i>	1	0
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	18	1
INSECTA	TRICOPTERA	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	3	0
INSECTA	TRICOPTERA	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	2	0
INSECTA	TRICOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	19	0
			Total.	231	4

Fig 17. Macroinvertebrados impactados en Río Grande (Replica)



Para río Grande (Zona 2), la muestra 1, con un total de 557 individuos murieron 8, de los géneros *Thraulodes* (1), *Anacroneuria* (1) y *Lachlania* (6), este último fue el de mayor índice de mortalidad. En la replica, con un total de 235, son 4 los muertos, representados por los géneros *Leptohyphes* (1), *Baetodes*(2) y *Anacroneuria*(1), este último con mayor índice de mortalidad.

7.2.3 Quebrada las Tallas.

Tabla 8. Macroinvertebrados impactados en Quebrada Las Tallas (Zona 3).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i> sp.	14	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Phanacerus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	9	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	6	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	8	0
INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	2	0
INSECTA	DIPTERA	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	16	0
INSECTA	DIPTERA	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	11	0
INSECTA	DIPTERA	Blepharoceridae	<i>Limnicola</i> sp.	3	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Traverella</i> sp.	18	1
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> .	55	4
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	4	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i> sp.	11	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	13	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	10	0
INSECTA	HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	28	0
INSECTA	HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	10	0
INSECTA	HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	7	0
INSECTA	NEUROPTERA	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	26	0
INSECTA	ODONATA	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	2	0
INSECTA	ODONATA	Libellulidae	<i>Dythemis</i> sp.	1	0
INSECTA	ODONATA	Libellulidae	<i>Erythemis</i>	1	0
INSECTA	ODONATA	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i> sp.	2	0
INSECTA	ODONATA	Coenagrionidae	<i>Argia</i> sp.	3	0
INSECTA	ODONATA	Gomphidae	<i>Progomphus</i> sp.	2	0
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	48	4
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	27	1
INSECTA	TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	17	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	5	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i> sp.	3	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Leptoceridae	<i>Triplectides</i>	2	0
INSECTA	TRICHOPTERA	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	4	0
			Total.	370	10

Fig 18. Macroinvertebrados impactados en la Quebrada Las Tallas.

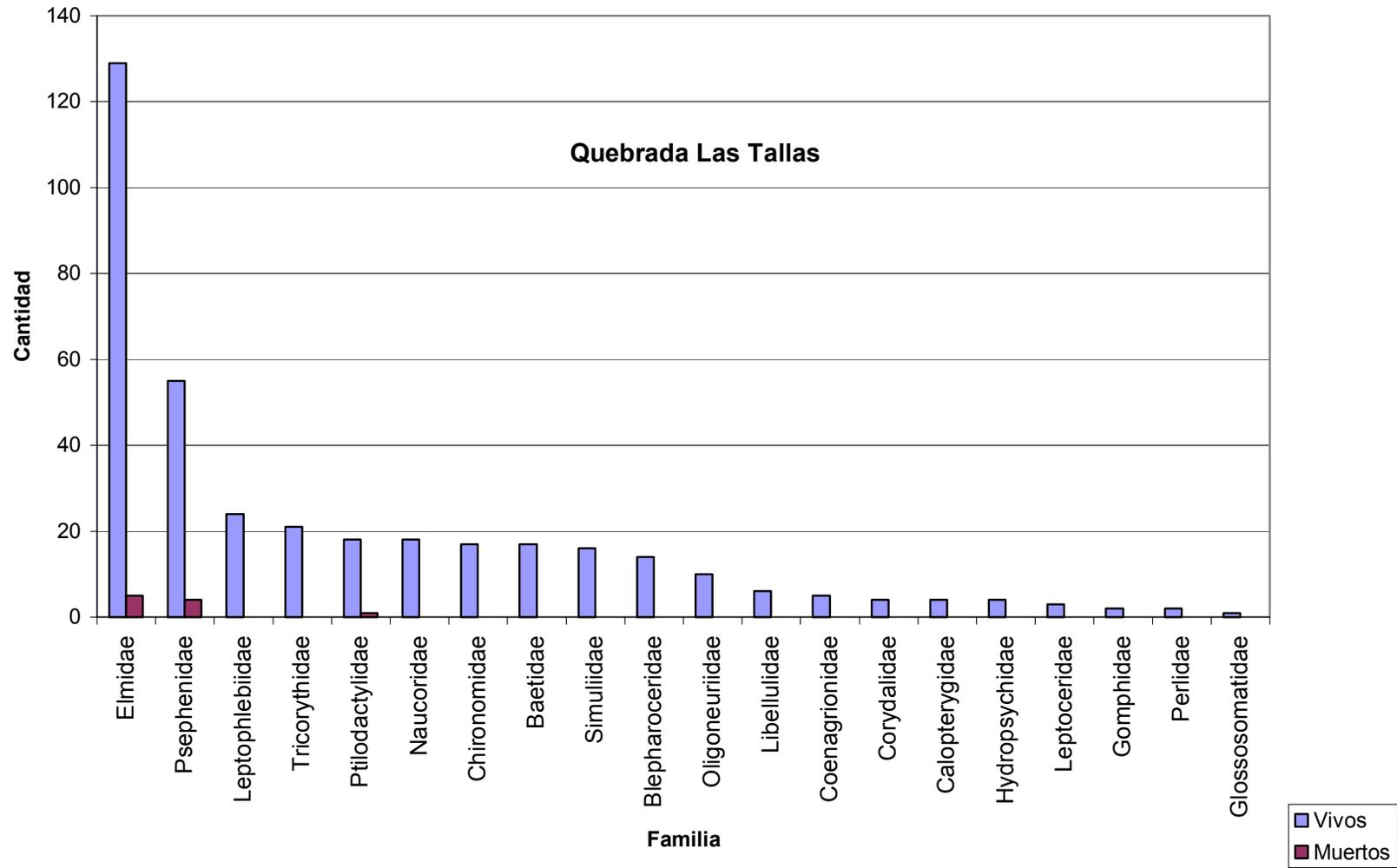
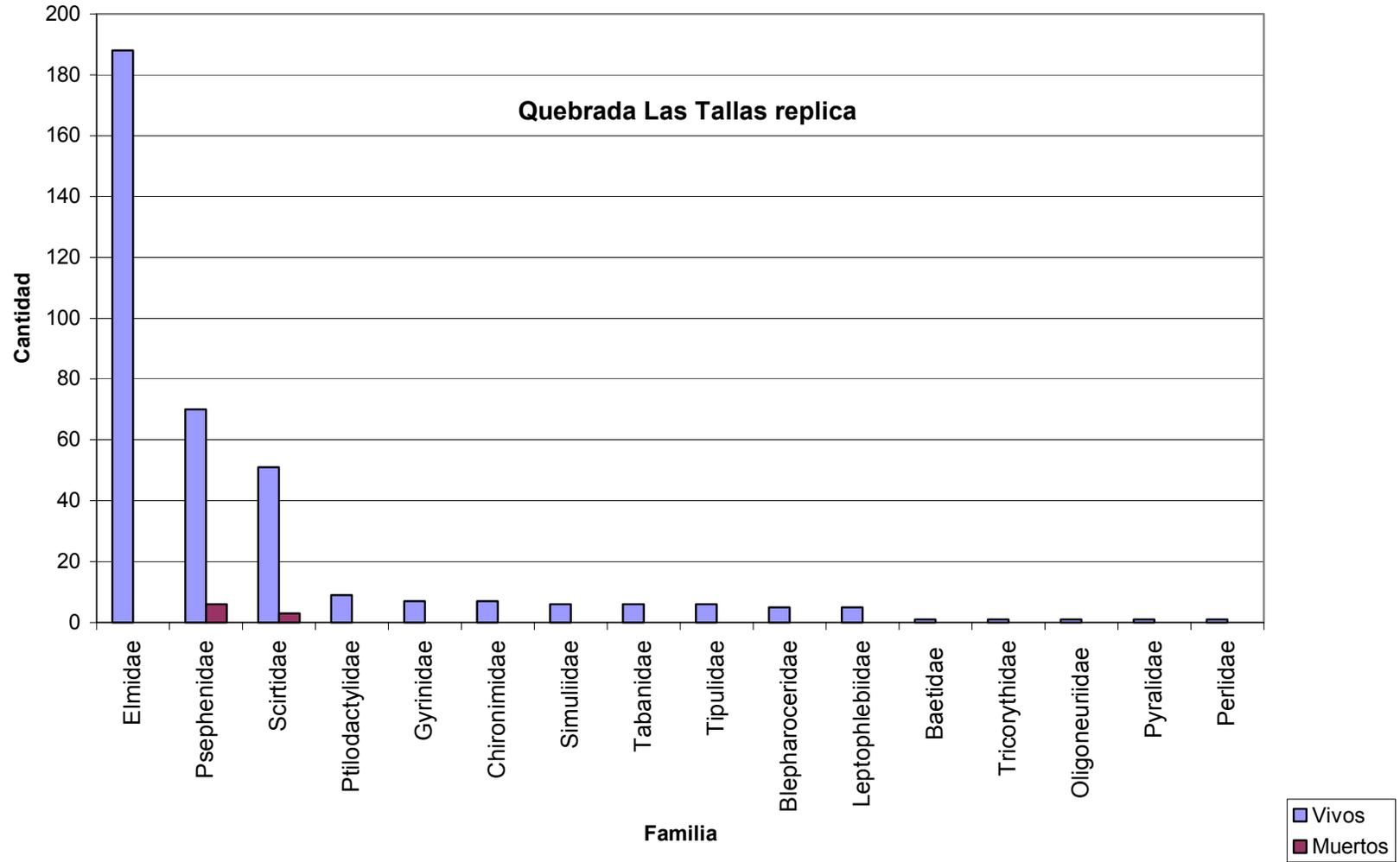


Tabla 9. Macroinvertebrados impactados en Quebrada Las Tallas (Zona 3) Replica.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	MUERTOS
INSECTA	COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	6	0
INSECTA	COLEOPTERA	Scirtidae	<i>Elodes</i>	3	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	7	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Microcylloepus</i>	48	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	37	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Disersus</i>	11	0
INSECTA	COLEOPTERA	Elmidae	<i>Phanoserus</i>	6	0
INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	5	0
INSECTA	COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	9	0
INSECTA	DIPTERA	Chironimidae	<i>Chironomus</i>	2	0
INSECTA	DIPTERA	Simuliidae	<i>Simulium</i>	6	0
INSECTA	DIPTERA	Tabanidae	<i>Tabanus</i>	9	0
INSECTA	DIPTERA	Tipulidae	<i>Limonia</i>	1	0
INSECTA	DIPTERA	Blepharoceridae	<i>Limonicola</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	51	3
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	1	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes</i>	32	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	51	0
INSECTA	EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	7	0
INSECTA	LEPIDOPTERA	Pyalidae	<i>Petrophilia</i>	1	0
INSECTA	PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	70	6
			SUBTOTAL	365	9
			TOTAL		374

Fig 19. Macroinvertebrados impactados en la Quebrada Las Tallas (Replica).



Para la Quebrada Las Tallas (zona 3) encontramos en la primera muestra un total de 380 individuos, 10 de ellos muertos, representados por los géneros *Traverella* (1), *Leptonema* (1), *Thraulodes* (4), y *Anacroneuria* (4), estos últimos con mayor índice de mortalidad. En la replica con un total de 374 individuos, 9 muertos, representados por 2 géneros *Thraulodes* (3) y *Anacroneuria* (6) con el mayor índice de mortalidad muy parecido al índice de la muestra 1, podríamos decir que para esta zona los géneros mas sensibles son *Thraulodes* y *Anacroneuria*.

Los diferentes géneros reportados pueden darnos una mejor idea de la diversidad encontrada en las diferentes zonas, se agruparon por familias para el tratamiento estadístico.

En total acumulado tenemos siete familias impactadas de menor a mayor índice de mortalidad:

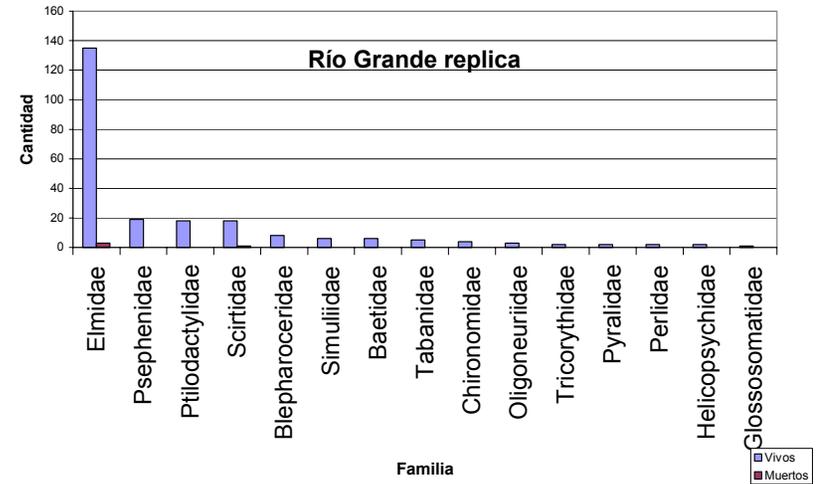
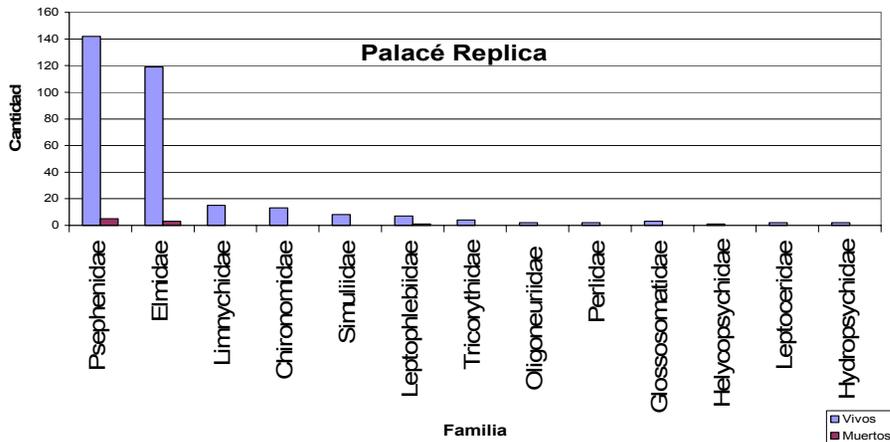
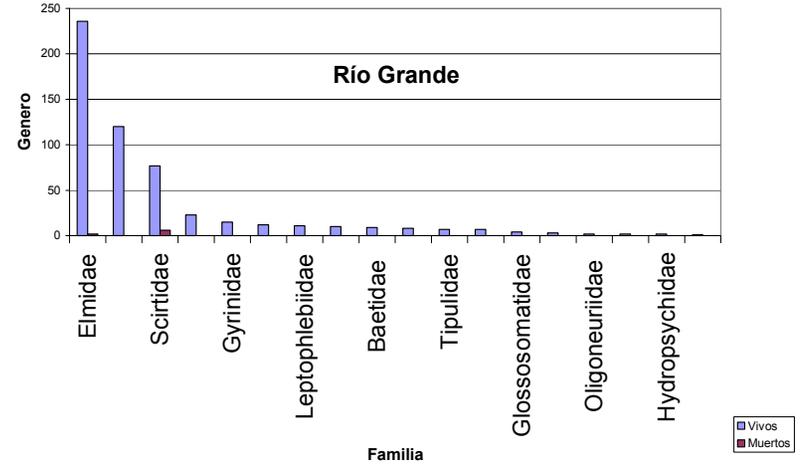
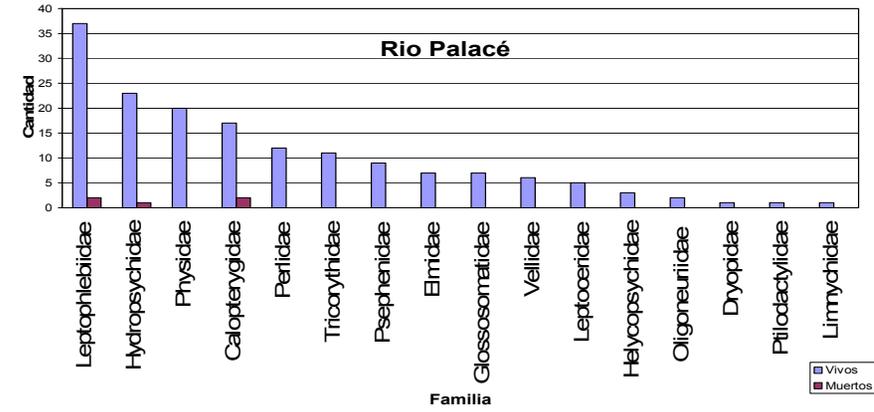
Tabla 10. Índice de mortalidad de las siete familias impactadas.

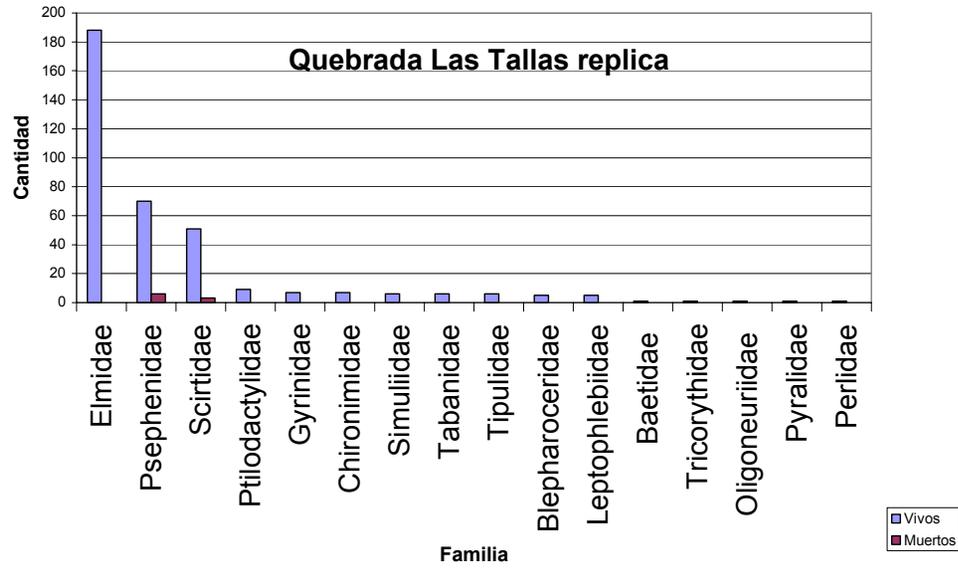
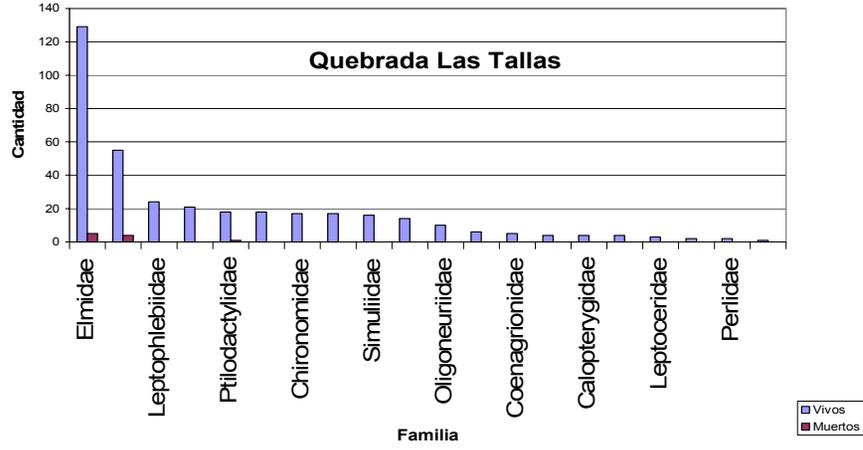
Familia	Índice de mortalidad (im).
Ptilodactylidae	1.45 %
Elmidae	1.6 %
Hydropsychidae	3.23 %
Leptophlebiidae	3.57 %
Psephenidae	3.61 %
Scirtidae	6.85 %
Calopterygidae	9.52 %

Las familias de macroinvertebrados presentes en las diferentes zonas son presentadas a continuación con su respectivo dato numérico con un color azul los sobrevivientes y en color rojo el número de muertos.

Los índices de mortalidad (im) en las tres zonas varía.

Fig 20. Relación de organismos vivos y muertos por familias y por muestras en los diferentes ríos.





7.3 ANALISIS ESTADISTICO.

La caracterización de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE), en las diferentes zonas de muestreo (1. Río Palacé, 2. Río grande y 3. Quebrada las Tallas), se llevo hasta género con el ánimo de tener un registro bien detallado de la diversidad.

Debido a la diversidad de géneros y que muchos de ellos presentan abundancias demasiado pequeñas (<10 individuos), esto hace que análisis estadístico no se pueda llevar a cabo ya que muchos de estos quedarían sin ser reportados, entonces se concentran en grupos más grandes (familias), y en este caso los géneros reportados, ayudan a comprender la diversidad existente en la oferta del medio para cada zona.

En el análisis estadístico, se tiene en cuenta el índice de mortalidad entre familias y zonas, las pruebas aplicadas son de tipo no paramétrica y revelan lo siguiente:

7.3.1 Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para índice de mortalidad entre familias:

Test Statistics^{a,b}

	im
Chi-Square	34.717
df	30
Asymp. Sig.	.253

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: familias

Tabla 11 . Descriptiva Índice de mortalidad entre familias.

Índice de mortalidad
Promedio \pm Error Std. (n)

Item.	Familia	Promedio \pm Error Std.	Número de individuos (n)
1	Baetidae	0.0000 \pm 0.00000	33
2	Blepharoceridae	0.0000 \pm 0.00000	34
3	Calopterygidae	0.0952 \pm 0.06564	21
4	Chironomidae	0.0000 \pm 0.00000	53
5	Coenagrionidae	0.0000 \pm 0.00000	5
6	Corydalidae	0.0000 \pm 0.00000	4
7	Elmidae	0.0160 \pm 0.00440	814
8	Glossosomatidae	0.0000 \pm 0.00000	16
9	Gomphidae	0.0000 \pm 0.00000	2
10	Gyrinidae	0.0000 \pm 0.00000	22
11	Helicopsychidae	0.0000 \pm 0.00000	6
12	Hydropsychidae	0.0323 \pm 0.03226	31
13	Leptoceridae	0.0000 \pm 0.00000	10
14	Leptophlebiidae	0.0357 \pm 0.02037	84
15	Libellulidae	0.0000 \pm 0.00000	6
16	Limnychidae	0.0000 \pm 0.00000	16
17	Naucoridae	0.0000 \pm 0.00000	18
18	Oligoneuriidae	0.0000 \pm 0.00000	20
19	Perlidae	0.0000 \pm 0.00000	21
20	Physidae	0.0000 \pm 0.00000	20
21	Psephenidae	0.0361 \pm 0.00917	415
22	Ptilodactylidae	0.0145 \pm 0.01449	69
23	Pyralidae	0.0000 \pm 0.00000	3
24	Scirtidae	0.0685 \pm 0.02098	146
25	Simuliidae	0.0000 \pm 0.00000	46
26	Tabanidae	0.0000 \pm 0.00000	19
27	Tipulidae	0.0000 \pm 0.00000	13
28	Tricorythidae	0.0000 \pm 0.00000	42
29	Vellidae	0.0000 \pm 0.00000	6
P*⁶: 0.253.			

Las familias Calamoceratidae y Dryopidae no son reportadas por tener muy baja abundancia (1)

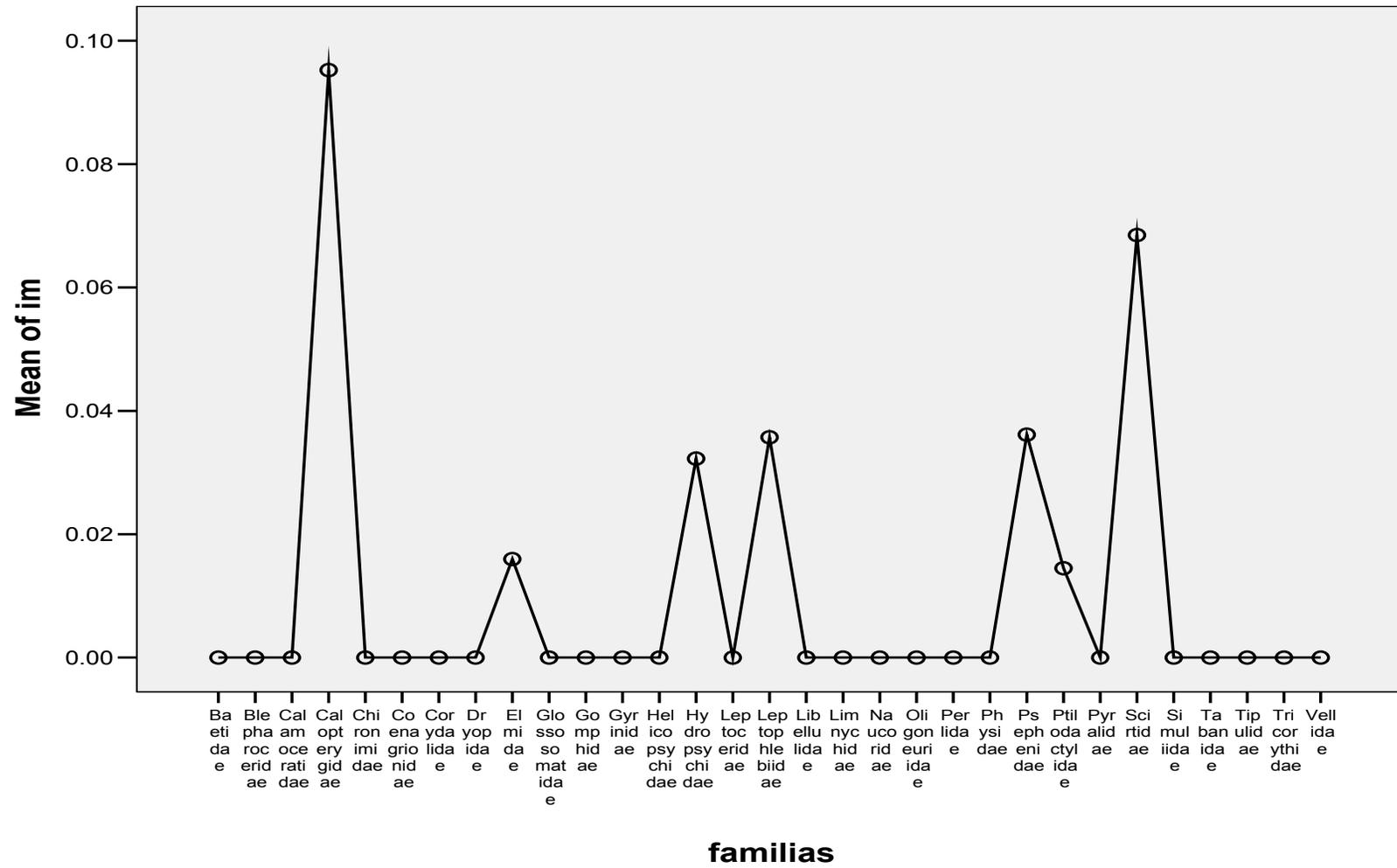
⁶ * Significancia estadística obtenida mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, revela que estadísticamente no hay una diferencia significativa del índice de mortalidad entre familias. Los índices de mortalidad encontrados van de 1.45 a 9.52 %, las familias y sus respectivos índices son presentados a continuación:

Tabla 12. Índices de mortalidad encontrados.

Familia	Índice de mortalidad (im).
Calopterygidae	9.52 %
Scirtidae	6.85 %
Psephenidae	3.61 %
Leptophlebiidae	3.57 %
Hydropsychidae	3.23 %
Elmidae	1.6 %
Ptilodactylidae	1.45 %

Fig 23. Grafica de promedios de índice de mortalidad entre familias.



7.3.2. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para índice de mortalidad entre zonas.

Test Statistics^{a,b}

	im
Chi-Square	3.103
df	2
Asymp. Sig.	.212

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: zona

Tabla 13. Descriptiva Índice de mortalidad entre zonas.

Índice de mortalidad
Promedio \pm Error Std. (n)

Item.	Familia	Promedio \pm Error Std.	Número de individuos (n)
1	Río Palacé	0.0290 \pm 0.00766	482
2	Río Grande	0.0154 \pm 0.00441	780
3	Quebrada Las Tallas	0.0259 \pm 0.00586	735
P^{*7}: 0.212			

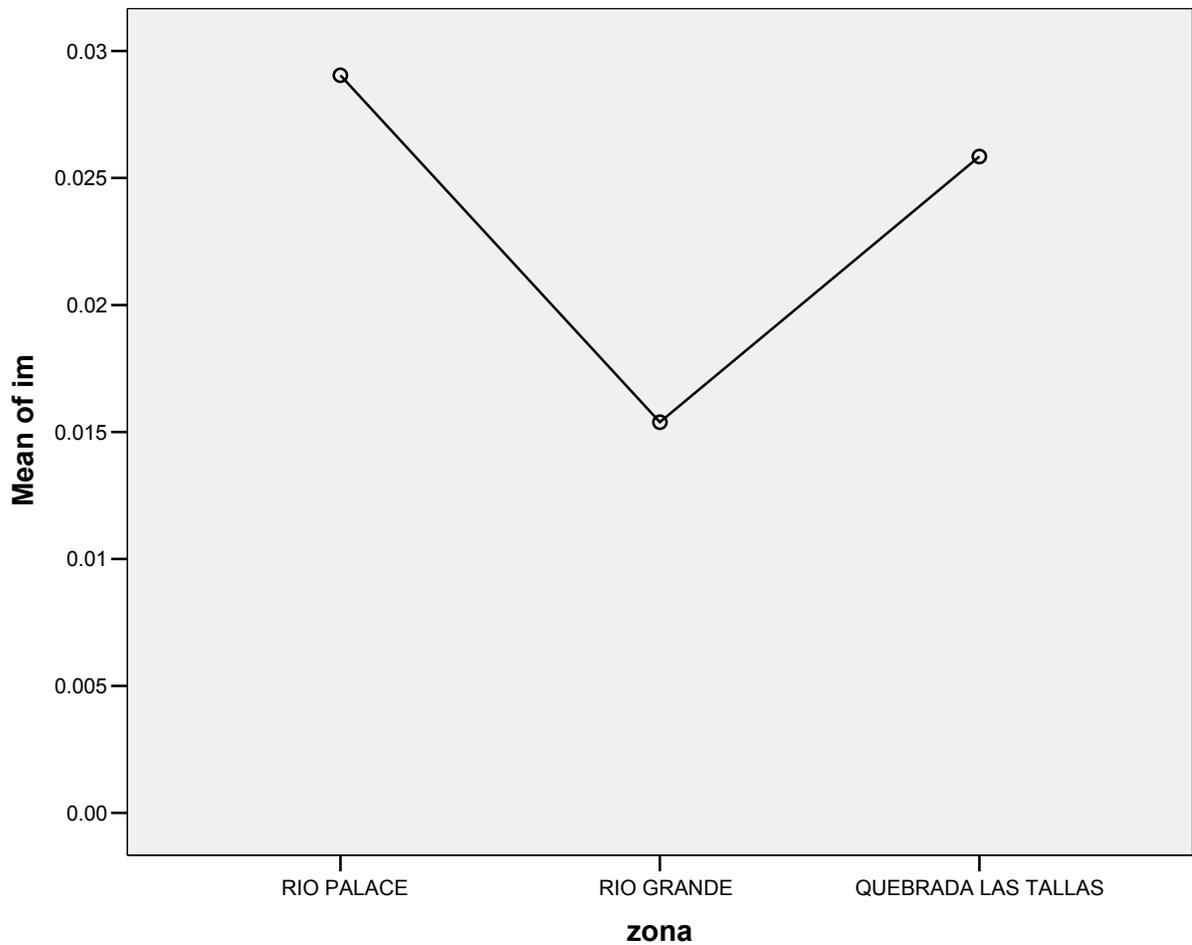
La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, revela que estadísticamente no hay una diferencia significativa del índice de mortalidad entre zonas. Los índices de mortalidad encontrados van de 1.54 a 2.90 %, las zonas y sus respectivos índices son presentados a continuación:

Tabla 14. Índices de mortalidad entre zonas.

Zona	Índice de mortalidad (im).
Río Palacé.	2.90 %
Quebrada Las Tallas.	2.59 %
Río Grande.	1.54 %

⁷ * Significancia estadística obtenida mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Figura 24. Gráfico de índice de mortalidad entre zonas.



Estadísticamente no hay diferencia significativa del índice de mortalidad entre familias y entre zonas, lo cual nos indica que el fenómeno de electroshock no afecta de manera substancial a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales involucrados en este estudio.

En la práctica se observa un impacto marcado en algunos géneros más que en otros a pesar que el índice no lo indique. En el presente trabajo se observa que son solo 8 los géneros que presentan mortalidad en las seis muestras, de un total de 50 géneros y tres de ellos se repiten en la mayoría de muestras y en algunas tienen el mayor índice de mortalidad. Los datos son presentados en las tablas 22 y 23.

Tabla 15. Géneros afectados por muestras y por zonas.

Géneros con muertos en diferentes zonas

ZONA 1	REPLICA	ZONA 2	REPLICA	ZONA 3	REPLICA
<i>Hetaerina</i> *	<i>Anacroneuria</i>	<i>Anacroneuria</i>	<i>Anacroneuria</i> *	<i>Anacroneuria</i> *	<i>Anacroneuria</i> *
<i>Leptonema</i>	<i>Leptonema</i>	<i>Lachlania</i> *	<i>Baetodes</i>	<i>Leptonema</i>	<i>Thraulodes</i> *
<i>Thraulodes</i>	<i>Thraulodes</i> *	<i>Thraulodes</i>	<i>Leptohyphes</i>	<i>Thraulodes</i> *	
				<i>Traverella</i>	

* Genero con mayor índice de mortalidad en la zona.

Tabla 16. Mortalidad en géneros y número de muestras en las que la presenta.

Género	Nro de apariciones en las 6 muestras	Con mayor mortalidad.
<i>Anacroneuria</i>	5	3
<i>Thraulodes</i>	5	3
<i>Leptonema</i>	3	0
<i>Hetaerina</i>	1	1
<i>Lachlania</i>	1	1
<i>Leptohyphes</i>	1	0
<i>Baetodes</i>	1	0
<i>Travellera</i>	1	0

Con base en estos resultados, se puede concluir que *Anacroneuria* y *Thraulodes* son los géneros más sensibles al electroshock, ya que aparecen en 5 de 6 muestras con individuos muertos y en 3 de ellas aparecen como el género con mayor índice de mortalidad.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados arrojados por las pruebas no paramétricas, estadísticamente no hay un efecto significativo del electroshock sobre la comunidad de MAE impactada durante este estudio.
- Extrapolando los resultados de este trabajo, podría deducirse que la práctica de la pesca eléctrica no afecta mayormente a la comunidad de MAE.
- A pesar que las características físicas y químicas de los ecosistemas impactados son diferentes, no se presentan diferencias significativas en el efecto del electroshock sobre las comunidades de MAE.
- La Estructura de las comunidades de MAE de los ecosistemas impactados son diferentes, sin embargo, no se presentan diferencias significativas en el efecto del electroshock sobre las mismas.
- En la práctica se observó especial sensibilidad por parte de ocho de los géneros reportados en el estudio.
- A pesar que estadísticamente no es significativo, la conductividad parece afectar el índice de mortalidad.
- Se presentó recuperación de movilidad por parte de los organismos impactados, sin embargo, se desconoce si la recuperación es total o parcial en sus demás funciones.
- Se debe tener en cuenta que los resultados del presente trabajo corresponden a las características propias del equipo utilizado.

RECOMENDACIONES

- ❖ Continuar desarrollando trabajos de investigación sobre este tema, en los cuales se podría enfatizar, entre otros, en los siguientes aspectos:
- ✓ Utilizar equipos de electroshock con diferentes características como voltaje y tipos de corriente.
- ✓ Determinar los tiempos de recuperación por géneros.
- ✓ Evaluar en campo el efecto de la duración de la descarga y el potencial utilizado.
- ✓ Determinar la pérdida de voltaje durante la aplicación de la descarga.
- ✓ Determinar si la recuperación es en todas sus funciones o solo movilidad.

BIBLIOGRAFÍA.

AINSLIE, B.J., POST, J.R. & PAUL, A.J. (1998). Effects of pulsed and continuous DC electrofishing on juvenile rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* 18: 905-918.

ALEMAN MUÑOZ, Misael y col. Caracterización fisicoquímica e hidrobiológica del río Cauca, sector embalse la salvajina, puente el Hormiguero. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán 1991.

ARIAS OSPINA, Gabriela Martha et al. Estudio de macroinvertebrados en la cuenca del río Espejo (Departamento del Quindío). Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Programa de Biología. Armenia 1993.

BERMÚDEZ Rosaura, CUCUÑAME Nancy Estela, RENGIFO Carlos Gerardo, CAJAS Álvaro y BONILLA Blanca, Macroinvertebrados del río Pambío. Universidad del Cauca. Maestría recursos Hidrobiológicos continentales. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Instituto de postgrado. Popayán 1993.

BERNSTEIN, J. 1912. *Elektrophysiologie*. Brunschweig.

COFER, L. & MONAHAM P. (1996). The shocking truth. *Outdoor Life* 198(6): 12.

COLE G. 1988. *Manual de Limnología*. Ediciones hemisferio sur. Buenos Aires. Argentina. Pg. 17 – 24.

COLE, K.S. 1968. *Membranes, Ions and Impulses*. A chapter of classical biophysics. Univ. of California Press, Berkeley and Los Angeles.

COWX, I.G. (1990). Fishing with electricity - what does the future hold? In: *Fishing with Electricity: applications in freshwater fisheries management*, eds I.G. Coux & P. Lamarque, Fishing News Books, Oxford, pp. 188-191.

COWX, I.G., WHEATLEY, G.A., Hickley, P. & Starkie, A. (1988). Evaluation of electric fishing equipment for stock assessment in large rivers and canals in the United Kingdom. *Aquaculture and Fisheries Management* 19: 205-212.

CROSS, D.G. & STOTT, B. (1975). The effect of electric fishing on the subsequent capture of fish. *Journal of Fish Biology* 7:349-357.

DALBEY, S.R., MCMAHON, T.E. & Fredenberg, W. (1996). Effect of electrofishing pulse shape and electrofishing-induced spinal injury to long-term growth and survival of wild rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 560-569.

DOLAN, C.R. & MIRANDA, L.E. (2000). Effects of electrofishing on catch efficiency and injury rates of warmwater fishes. [WWW document]. Southern Division of the American Fisheries Society. URL <http://sdafs.org/meetings/99sdafs/physio/dolan1.htm> [Accessed 10 June 2001].

DU BOIS-REYMOND, E. 1843-1849. Untersuchungen über thierische Elektrizität G.E. Reimer. Berlín (Investigación sobre electricidad animal).

FRICKE, H. 1923. The electric capacity of cell suspensions. *Physic. Rev.* 21: 708-709

GOODCHILD, G.A. (1990). Electric fishing and safety. In: *Fishing with Electricity: applications in freshwater fisheries management*, eds I.G. Coux & P. Lamarque, Fishing News Books, Oxford, pp. 157-175.

GUEVARA CANO, Gloria Elizabeth. Contribución al conocimiento de Trichoptera en cuatro ríos del sur occidente colombiano. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Cali 1997.

HALSBAND, E. (1967). Basic principles of electric fishing. In: *Fishing with Electricity: its application to biology and management*, ed. R. Vibert, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fishing News Ltd, pp.57-64.

HAMBURGER, H.J. 1902. Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Bergmann, Wiesbaden, Germany. Vol. 1.

HARTLEY, W.G. (1967). Electric fishing methods and apparatus in the United Kingdom. In: Fishing with Electricity: its application to biology and management, ed. R. Vibert, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fishing News Ltd, pp. 114-124.

HARTLEY, W.G. (1990). The history of electrofishing. In: Fishing with Electricity: applications in freshwater fisheries management, eds I.G. Coux & P. Lamarque, Fishing News Books, Oxford, pp. 1-3.

LOAIZA OCAMPO, Jhon. Estructura y distribución del orden Ephemeroptera en algunos ríos de la cuenca alta del río Cauca y su relación con la calidad del agua. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa Biología. Cali 1994.

HERMANN, L. 1905. Beiträge zur Physiologie und Physik des Nerven. Arch. ges. Physiol. 109: 95-144

MUÑOZ PINO, Magali; ARIAS RODRÍGUEZ, Alfonso. Estudio de la fauna de macroinvertebrados acuáticos con énfasis en el orden Ephemeroptera (insecta) de los ríos Blanco, Hondo y Palacé del altiplano de Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán 1994.

OSTWALD, W. 1890. Z. phys. Chem. 6: 71.

ROLDAN G. 1992. Fundamentos de limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

STEWART, G.N. 1899. The relative volume or weight of corpuscles and plasma in blood. J. Physiol. (Lond) 24: 356-373

WETZEL G. R. 1981. Limnología. Ediciones Omega S:A: Casanova 220. Barcelona 36. Pg. 28 – 36.

ZAMORA H, H. Sarria. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. Rev. Unicauca-Ciencia, 2001; 6: 21-41.

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas del Parque Natural Nacional, Isla Gorgona, dpto. Cauca. Unicauca-Ciencia, 1996; 1(1): 9-11

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase I. 1991. Universidad del Cauca – Colciencias, Depto de Biología, Popayán.

ZAMORA H, Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase II. 1993. Universidad del Cauca – Colciencias , Depto de Biología, Popayán.

ZAMORA H, Relaciones de Similitud entre comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas de ecosistemas lóticos ubicados entre la Costa Pacifica Caucana y el Piedemonte Amazónico. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 1995; 9 (1-2): 7-21.

Nombre: **JHAN ALEJANDRO SANDOVAL** Fecha: _____

HOJA DE TRABAJO PARA RECOPIRAR DATOS

Nombre del río, riachuelo, etc.: _____

Ciudad Dpto: _____ Latitud: _____
(e.g. 75° N)

Hora(24): _____ Longitud: _____
(e.g. 18° W)

Dirección del Viento: N_ NE_ E_ SE_ S_ SO_ O_ NO_ Altitud: _____
(Marque uno) (Aproximado metros)

Clima actual: CLARO _ PARCIALMENTE NUBLADO _ NEBLINA _
(Marque uno) NUBLADO _ LLUVIOSO _

Condiciones climáticas recientes: _____
(e.g. día después de una gran tormenta, etc.)

Condiciones de la Superficie: CALMA _ POCA AGITACIÓN _
(Marque uno) MUCHA AGITACIÓN _ OLEADAS _

Descripción del Área Adyacente: _____
(e.g. desarrollo residencial, marina, humedal, etc.)

Condición del río, riachuelo, lago o poza (i.e. ¿Parece estar contaminado con desechos o materia orgánica? ¿Hay peces o plantas en el agua? ¿Hay muchas algas creciendo ahí?, etc.): _____

Color y olor del agua: _____

Claridad o cantidad de material suspendido en el agua: _____
(e.g. ¿Está el agua clara, turbia o lodosa? ¿Puede ver muchas partículas suspendidas flotando en el agua?, etc.)

Observaciones sobre la vida silvestre _____
(e.g. ¿Hay ganado cerca? ¿Puede ver otros animales o reptiles?, etc.)

Otras observaciones que considera interesantes o importantes: _____

PRUEBAS OBLIGATORIAS EN MUESTRAS DE AGUA

UBICACIÓN. Nombre del sitio:

LATITUD(N-S)	LONGITUD(E-W):	ALTURA(m):
--------------	----------------	------------

	Temperatura °C	Conductividad	CO ₂	O ₂
FRANCO DER.				
CENTRO.				
FRANCO IZQ.				

MACROINVERTEBRADOS

VULNERABLES	ALGO TOLERANTES	TOLERANTES
<input type="checkbox"/> ___ Planaria	<input type="checkbox"/> ___ Acamayas / Langostas de Río	<input type="checkbox"/> ___ Jején
<input type="checkbox"/> ___ Psephenidae	<input type="checkbox"/> ___ Caballitos del Diablo	<input type="checkbox"/> ___ Gusanos Acuáticos
<input type="checkbox"/> ___ Mosca de las Piedras (Plecópteras)	<input type="checkbox"/> ___ Libélulas	<input type="checkbox"/> ___ Caracol Pulmón
<input type="checkbox"/> ___ Caracol con Branquias	<input type="checkbox"/> ___ Mosca Corydalidae (Fishfly)	<input type="checkbox"/> ___ Chironomid
<input type="checkbox"/> ___ Escarabajo Elmidae (adulto)	<input type="checkbox"/> ___ Almejas o Mejillones	<input type="checkbox"/> ___ Sanguijuelas
<input type="checkbox"/> ___ Mosca de Mayo (Efímera)	<input type="checkbox"/> ___ Típula	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___ Mosca Corydalidae (Dobsonfly)	<input type="checkbox"/> ___ Escarabajo Gyrindae	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___ Frigáneas (Tricópteras)	<input type="checkbox"/> ___ Escarabajo Elmidae (larva)	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___ Amfípodos	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___ Isópodos	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___ Díptero Athericidae	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___ Mosca del Aliso (Alderfly)	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___
<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___	<input type="checkbox"/> ___

Pruebas Opcionales en las Muestras de Agua

Nitratos: _____ ppm

Fosfatos: _____ ppm

Demanda Biológica de Oxígeno (BOD): _____ ppm

Turbidez _____

Bacterias Coliformes: _____

