

ESTUDIO DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA AL BORDE DEL TAPÓN DE
MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ (CUNDINAMARCA - COLOMBIA)

Juan Fernando Tobón Pérez

Trabajo de grado para
optar al título de Biólogo Ambiental

Director

Guillermo Rueda-Delgado. M. Sc.

Laboratorio de limnología

Grupo Limnología Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Asesor

Fabio Garzón Botero. Biólogo Marino

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Biología Ambiental

Bogotá

2009

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

DIRECTOR DE GRADO

BOGOTÁ, JULIO 2009

DEDICATORIA

A mis padres por el tiempo, la paciencia, el apoyo y la dedicación que han tenido a lo largo de todo el proceso de formación, especialmente el periodo universitario.

A mi hermano, por colaborar en todo el proceso de elaboración de este documento además de brindarme su apoyo.

A Luisa Fernanda, porque a pesar de las diferencias y los problemas, supo tolerar las condiciones adversas.

A Néstor Moreno, por los trámites burocráticos con la CAR en el proceso de documentación, además de estar pendiente de la elaboración de este documento.

A mis amigos, los presentes y ausentes, porque han sido parte fundamental y base de mi formación y mi vida, y sin ellos difícilmente hubiese sido posible llegar a este punto.

AGRADECIMIENTOS

A Guillermo Rueda Delgado por la vinculación al proyecto y al laboratorio, además de contribuir al proceso de formación.

Al Laboratorio de Limnología de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano por hacerme parte de su equipo, generar espacios para el desarrollo cognitivo y la oportunidad de aprender sobre cosas nuevas.

A Sandra Hermosilla Bello, por la colaboración prestada y la adecuada administración del laboratorio; sin ella prácticamente ningún resultado hubiese sido posible.

A Fabio Garzón Botero por el tiempo dedicado y las enseñanzas generadas tanto en el trabajo de campo como para el manejo de muestras.

A Mónica Bayona por la ayuda brindada en el manejo e identificación de muestras en laboratorio.

A Esmaragdo Herrera, John Dorado y Carmen Rosa Largo por su ayuda en el laboratorio en la identificación de micro crustáceos.

También a todos aquellos que involuntariamente hayan sido omitidos de este agradecimiento.

RESUMEN

El grupo de investigación de limnología de la universidad de Bogotá Jorge Tadeo lozano (UJTL), (como aliado de los estudios que desarrolla la Universidad de los Andes en el embalse Tominé para las empresas EMGESA-EEB-EAAB) ha venido estudiando la relación entre las macrófitas acuáticas del embalse con respecto a la fauna de invertebrados y la ictiofauna asociada a ellas.

La importancia de estudiar la presencia de macrófitas en los sistemas acuáticos se fundamenta en que estas influyen diferencialmente en la eficiencia de los peces sobre la captura de las presas y su forma de alimentación (Dionne y Folt. 1991 en Meerhoff y Mazzeo. 2004), así como la capacidad de refugio contra depredadores (Persson y Eklov. 1995 en Meerhoff y Mazzeo. 2004)

En el embalse Tominé, existe un denso tapón de macrófitas compuesto por la especie *Eichhornia crassipes* ((Mart) Solms-Laubach, 1883) (Rueda-Delgado et al. 2008). Este tapón, se encuentra confinado en una porción de la parte sur del embalse, y genera una interacción con la comunidad íctica del sistema, sin embargo no se conocen los resultados que dicha interacción pueda generar.

El embalse Tominé, tiene un origen artificial. Se encuentra a una altura de 2600 m.s.n.m. con una temperatura media de 15°C (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006). Comenzó a ser llenado en 1962, con la intención de regular el caudal del río Bogotá en época de sequía (Juarez y Varsi. 1992).

La diversidad de especies ícticas que se pueden encontrar en el embalse Tominé, es relativamente pobre, contando como especies posibles el capitán enano (*Trichomycterus bogotense* (Eigenmann, 1912) y la guapucha (*Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821) (Álvarez - León. 2002 en Maldonado et al. 2005). También, la presencia de otras especies igualmente introducidas como de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) y carpa (*Cyprinus carpio*

(Linnaeus, 1758), las cuales son periódicamente repobladas por parte de la Corporación Autónoma encargada (CAR) (Consorcio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006).

Mediante la resolución 1188 de 2005, la CAR impone a EMGESA y EEB la remoción de las especies arbóreas (acacias principalmente) y de macrófitas acuáticas (E. crassipes principalmente) de las zonas inundables y del espejo de agua. Dicha resolución es ratificada a las empresas que actualmente cuentan con el manejo del embalse Tominé mediante la resolución 849 de 2006.

Así pues se hace necesario, primero, establecer una aproximación real de la conformación y el estado de la comunidad íctica del embalse Tominé. Segundo, generar un gran avance en el conocimiento sobre la relación que puede existir entre la comunidad íctica y las macrófitas en general, y más aun a nivel alto andino y neotropical. Tercero generar parte de la información necesaria para las empresas EMGESA y EEB, estableciendo cuales especies ícticas se podrían ver afectadas por la remoción del tapón de macrófitas.

Los objetivos del presente estudio son determinar la conformación de la ictiofauna presente en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé, y establecer si alguna de las especies allí presentes se favorece en particular. Mediante la determinación y caracterización de los individuos colectados de las diferentes especies ícticas que se encuentren en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé. También conocer cuál es el contenido estomacal de las especies ícticas colectadas en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé. Y por último, determinar el estado de salud de los individuos de las diferentes especies ícticas colectadas en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

En el borde del tapón de macrófitas se obtuvieron 48 individuos de tres especies O. Mykiss, C. carpio y G. bogotensis, colectados en 5 muestreos, con una intensidad

de 54 horas. La captura por unidad de esfuerzo CPUE (número de individuos/ tiempo de muestreo), fue de 0.88 individuos por cada hora de muestreo, lo que implica un muy bajo número de individuos en la zona de colecta. A los individuos, se les hizo un análisis de contenido estomacal, determinando 11 elementos diferentes entre los que se cuentan: Restos vegetales, Semillas, *Grundulus bogotensis* (Guapucha), Huevos, Otros¹, Chironomidos, Copépodos, Cladóceros, Algas, Rotíferos, Insectos. Se evidencio que existe una diferencia entre las dietas de las especies *O. mykiss* y *C. carpio*.

En cuanto al estado de salud, la población analizada se compuso solamente de *C. carpio*, y todos los individuos analizados presentaron problemas en cuanto a lisis celular (linfocitosis, eritrocitosis).

En conclusión, el tapón de macrófitas del embalse Tominé, puede ser un elemento proveedor de refugio para algunas de las especies ícticas, como *C. carpio*. Este tapón de macrófitas, le provee sustratos apropiados generando superficies de sostén para sus ovas. Las especies alienígenas como *O. mykiss* pueden estar modificando fuertemente la estructura de la comunidad íctica principalmente con respecto a *G. bogotensis* ya que esta especie conforma un elemento primario en el contenido estomacal de *O. mykiss*.

La dieta de *C. carpio* no varían sustancialmente de las “dietas” reportadas por otros investigadores. En cuanto a *O. mykiss* la dieta es homologa para los reportes hechos en Colombia, pero difiere de la “dieta” reportada en otros lugares del mundo.

El estado de salud de los individuos analizados presenta afecciones, que en gran medida son producto de factores biológicos o antropogénicos y falta de cuidado en el manejo de sustancias peligrosas que terminan siendo vertidas al medio.

¹ Otros: Detritos, partes de elementos no identificables,

Palabras clave: Tominé, macrófita, Onchorhynchus mykiss, Cyprinus carpio, Grundulus bogotensis.

ABSTRACT

The group of limnology of the university of Bogota Jorge Tadeo Lozano (UJTL), (as ally of the studies that are developing the university of Andes in Tomine reservoir to the companies EMGESA- EEB- EAAB) has being studying the relation between the aquatic macrophytes of the reservoir within respect of invertebrates fauna and the fauna fishes associated to them.

The importance of studying the presence of the macrophytes in aquatic systems is supported in the differential influence of fishes finding food and in the way of the fishes feed (Dione an Folt. 1991 in Meerhoff and Maseo. 2004), also in the capacity of refuge against predators (Persson and Eklov. 1995 in Meerhoff and Mazzeo. 2004).

In Tomine reservoir, there exist a dense block of macrophytes that is principally compound by *Eichhornia crassipes* ((Mart) Solms-Laubach, 1883) (Rueda-Delgado et al. 2008). This block is shuted in a portion of the reservoir in the south side, and is generating an interaction with the fish community of the system, but we know nothing about this interaction could be generating.

The Tomine reservoir has an artificial origin. It is located at 2600 m.a.s.l, whit an average temperature of 15 °C (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006). It begun to be filled in 19 62, whit the intention of regulating the Bogota river in dry season (Juarez and Varsi. 1992).

The diversity of fish species that can be found In Tomine reservoir, is poor, counting as possible species the capitan enano (*Trichomycterus bogotense* (Eigenmann, 1912) and guapucha (*Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821) (Álvarez - León. 2002 en Maldonado et al. 2005). Also the presence of other species introduced as trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) and carpa (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), those species are periodically repopulated by “Corporación Autónoma encaged” (CAR) (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006).

With the resolution 1188 of 2005, the CAR established to EMGESA and EEB, the dig up of the tree species (acacias principally) and aquatic macrophytes (*E. crassipes* principally) of the flooded part and the water mirror. This resolution is confirmed to the companies that have the control of the Tomine reservoir by the resolution 849 of 2006.

So, it is necessary, first, establish a real approximation about the conformation and the state of the fish community in Tomine reservoir. Second, generate a big advance of the knowledge about the relation that can exist between the fish community and macrophytes in general, and more at Andean and neotropical level. Third generate part of the information necessary to the companies EMGESA and EEB, establishing which fish species could be affected by the dig up of the block of macrophytes.

The objectives of this study are to determine the conformation of fish community present in the edge of the block of macrophytes and establish if any fish species is favored in particular. By the determination and characterization of the different species of collected fishes, those are found in the edge of the block of macrophytes in Tomine reservoir. Also know which is the stomach content of the fishes collected in the edge of the block of macrophytes in Tomine reservoir. At last, determine the health state of the collected fishes in the edge of the block of macrophytes in Tomine reservoir.

In the edge of the block of macrophytes, we got 48 individuals of tree species. *O. mykiss*, *C. carpio*, *G. bogotensis*, this species were collected in 5 samplings, with an intensity of 54 hours. The Catch Per Unit Effort CPUE (number of individuals / effort time), it was of 0.88 individuals per each hour of sampling, that implies a low number of individuals in the collecting zone. An analysis of stomach contents was realized to the individuals, and it is found 11 different elements as: Restos vegetales, Semillas, *Grundulus bogotensis* (Guapucha), Huevos, Otros, Chironomidos, Copépodos, Cladóceros, Algas, Rotíferos, Insectos. By this results become clear that exist a difference between feeding habits of the species *O. mykiss* y *C. carpio*.

With the healthy state, the analyzed population was only conformed by *C. carpio*, and all of the individual analyzed show problems related with cellular lisis (linfocitosis, eritrocitosis).

In conclusion, the block of macrophytes of Tomine reservoir, can be providing refuge to some fish species as *C. carpio*. This block of macrophytes, generate substrates that can sustain the eggs of this specie. The alien species as *O. mykiss*, could be modifying the fish community structure, principally with *G. bogotensis*, because this one compounds a primary element in the stomach content of *O. mykiss*.

The feeding habits of *C. carpio* don't have a substantial variation of the diets reported by other investigators. *O. mykiss* has similar feeding habitats to reports of Colombia, but are different of other places in the world.

The health state of the analyzed individuals, present some affection, that are a result of biological or antropogenical factors and an incorrect manipulation of dangerous substances that finally are dumped into the media.

Key words: Tomine, macrophyte, *Onchorhynchus mykiss*, *Cyprinus carpio*, *Grundulus bogotensis*.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|---------------------------------|
| 1. INTRODUCCION | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 2. JUSTIFICACION | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3. MARCO TEÓRICO | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.1. MACRÓFITAS COMO HÁBITAT PARA LA ICTIOFAUNA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.2. BIOLOGÍA Y DIETA DE LAS ESPECIES NATIVAS Y EXÓTICAS COLECTADAS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.2.1. GUAPUCHA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.2.2. TRUCHA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.2.3. CARPA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 3.3. PATOLOGÍAS EN ESPECIES ÍCTICAS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 4. ESTADO DEL ARTE | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 6. OBJETIVOS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 6.1. OBJETIVO GENERAL | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 7. HIPÓTESIS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8. METODOLOGÍA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.1. ÁREA DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ESTACIONES | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.2. FASE DE CAMPO | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.2.1. COLECTA DE LOS INDIVIDUOS: | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.2.2. VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS <i>IN SITU</i> | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.2.3. DETERMINACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.2.4. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 8.3. FASE LABORATORIO | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |

8.3.1. DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ DE LOS INDIVIDUOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.3.2. DETERMINACIÓN BIOMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.3.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA POBLACIÓN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.3.4. DETERMINACIÓN DE LOS CONTENIDOS ESTOMACALES EN LOS INDIVIDUOS COLECTADOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.4. FASE GABINETE ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.4.1. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.4.2. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.4.3. FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.4.4. ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9. RESULTADOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.2. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.3. ESPECIES COLECTADAS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.4. DETERMINACIÓN SEXUAL Y MADUREZ GONADAL ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.5. ESTADO BIOMÉTRICO DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.5.1. TALLA ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.5.2. PESOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.6. CONTENIDO ESTOMACAL ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9.7. ESTADO DE SALUD DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.1. CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.2. CAPTURAS POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.3. CONDICIONES DE LAS ESPECIES NATIVAS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.4. MADUREZ SEXUAL Y TALLAS REPRODUCTIVAS ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.5. CONTENIDO ESTOMACAL ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.6. EL TAPÓN DE MACRÓFITAS COMO GUARDERÍA ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.7. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON LA COMUNIDAD ÍCTICA ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.8. SALUD DE LA POBLACIÓN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

11. CONCLUSIONES ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

12. RECOMENDACIONES ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

13. BIBLIOGRAFIA ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

LSITADO DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA EMBALSE TOMINÉ Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO (★).
TOMADO Y MODIFICADO DE RUEDA-DELGADO ET AL. 2008.ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 2. ARTES DE PESCA UTILIZADAS: TRASMALLO COMPUESTO POR TRES PAÑOS.
TOMADO Y MODIFICADO DE ARIAS (1988). LOS TRASMALLOS UTILIZADOS ESTABAN UNIDOS
ENTRE SÍ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 3. ARTES DE PESCA UTILIZADAS: NASA PARA PESCA A NIVEL DE SUSTRATO.
(TOBÓN. 2008). ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 4. EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. A. CONDUCTIVIMETRO
(THERMORION 105). B. TEMPERATURA DEL AGUA Y PH (PH HANDYLAB 11). C. OXÍGENO
(THERMORION 805) D. ECOSONDA (SPEEDTECH SM-5). (A, B, C. TOBÓN. 2008). (D.
MODIFICADO DE SPEEDTECH). ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 5. ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS
INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE
TOMINÉ. A. DINAMÓMETRO. B. ICTÍOMETRO. (TOBÓN. 2008)ERROR! BOOKMARK NOT
DEFINED.

FIGURA 6. PAQUETE GONADAL Y GÓNADAS EXTRAÍDAS DE LOS INDIVIDUOS
COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. A.
EXTRACCIÓN PAQUETE GONADAL DE CARPA. B. OVAS DE CARPA. C. EXTRACCIÓN
PAQUETE GONADAL DE TRUCHA. D. OVAS DE TRUCHA. (TOBÓN. 2009)ERROR! BOOKMARK
NOT DEFINED.

FIGURA 7. PORCENTAJE DE APORTE DE INDIVIDUOS DE CADA ESPECIE POR CADA
MUESTREO (1-5) REALIZADO EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE
TOMINÉ. (COLOR AZUL REPRESENTA CARPA, VERDE GUAPUCHA Y ROJO TRUCHA).ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 8. RANGOS DE LONGITUD (CM) UTILIZADOS PARA ESTANDARIZAR LA MEDIDA DE
LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE
TOMINÉ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 9. RANGOS DE PESO (GR) UTILIZADOS PARA ESTANDARIZAR LA MEDIDA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 10. PORCENTAJE DE APOORTE DE CADA ELEMENTO EVIDENCIADO EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS DE *C. CARPIO* EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 11. PORCENTAJE DE APOORTE DE CADA ELEMENTO CATEGORIZADO EL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS DE *O. MYKISS* EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 12. NUMERO DE OCURRENCIAS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CADA ELEMENTO DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS DE *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

FIGURA 13. NUMERO DE OCURRENCIAS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CADA ELEMENTO DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS DE *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. LA ESCALA LOGARÍTMICA MUESTRA RESULTADOS ESTANDARIZADOS, PERMITIENDO OBSERVAR DE MANERA MÁS DETALLADA QUE LAS DOS ESPECIES NO TIENEN NINGÚN ELEMENTO EN COMÚN EN SUS CONTENIDOS ESTOMACALES. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (TEMPERATURA DEL AGUA °C, OXÍGENO DISUELTO (MG /L)) SE ILUSTRAN VALORES MÍNIMOS MÁXIMOS Y PROMEDIO DE CADA PARÁMETRO OBTENIDOS IN- SITU (BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ). **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA 2. PORCENTAJE DE APORTE DE SEXOS (MACHOS/HEMRAS) EN *C. CARPIO* Y *O. MYKISS*. PORCENTAJE DE INDIVIDUOS CLASIFICADOS POR ESTADIO DE MADUREZ GONADAL EN CARPA Y TRUCHA COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA 3. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO), FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) E ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) Y DE ÍTEMS PARA LOS INDIVIDUOS DE *C. CARPIO*, COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA 4. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO), FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) E ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) PARA LOS INDIVIDUOS DE *O. MYKISS*, COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABLA 5. OCURRENCIA DE LOS ELEMENTOS DEL CONTENIDO ESTOMACAL PARA *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. IMÁGENES DE LAS ESPECIES COLECTADAS. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO B. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO C. DATOS BRUTOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS Y MEDIDAS TOMADAS *IN SITU*. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO D. CLASIFICACIÓN DE MADUREZ GONADAL UTILIZADA EN CAMPO. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO E. DATOS BRUTOS DE LAS GÓNADAS ANALIZADAS. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO F. DIAGRAMACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO G. DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE CPUE. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO H. DIAGNOSTICO PATOLOGÍAS UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ANEXO I. ALGUNOS ELEMENTOS ENCONTRADOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

1. INTRODUCCION

El embalse Tominé se ubica en el departamento de Cundinamarca en Colombia, y tiene un origen artificial. Se encuentra a una altura de 2600 m.s.n.m. con una temperatura media de 15°C (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006). Comenzó a ser llenado en 1962, con la intención de regular el caudal del río Bogotá en época de sequía (Juarez y Varsi. 1992). A pesar de estar dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, el embalse Tominé, se encuentra bajo el manejo de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá EEB y EMGESA.

En la actualidad cuenta con una problemática ambiental relacionada principalmente con macrófitas en el cuerpo de agua, y la presencia de leñosas en la periferia. En la medida que en el embalse fluctúa el nivel del agua, se aumenta o disminuye el aporte de nutrientes (generando condiciones de oligotrofia o eutrofia según fluctuó el nivel del agua). Otro factor que afecta la condición del embalse Tominé, es que presenta asentamientos urbanos en su periferia, como lo son Guatavita, Guasca y Sesquilé (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006), los cuales también en cierta medida están aportando materia orgánica al medio. Dada la cercanía de estos pueblos, gran parte de la población de la zona del valle de Tominé, hace uso de elementos del embalse, como lo son la comunidad íctica, principalmente para suplir necesidades como la alimentación, a pesar de existir una prohibición de la pesca en el embalse generada por las entidades administradoras.

Mediante resoluciones 1188 de 2005 y 849 de 2006, la CAR da la orden perentoria de remover de las macrófitas del cuerpo de agua, y de las leñosas ubicadas en la periferia del mismo, para lo cual, los entes administradores EMGESA Y EEB, solicitan al grupo de investigación del laboratorio de Limnología de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo lozano (UJTL), como aliado de la Universidad de los Andes, el desarrollo de un estudio sobre la condición del embalse y el generación de un plan de seguimiento y monitoreo del mismo.

Así, el laboratorio de Limnología de la UJTL y la Universidad de los Andes, han venido estudiando la relación entre las macrófitas con respecto a la fauna de invertebrados asociada a ellas en el embalse Tominé. De este estudio se desprende entonces, la necesidad de establecer y evaluar algunos aspectos de la ictiofauna que se encuentra en cercanías o en contacto con el tapón de macrófitas del embalse Tominé, puesto que hace parte de un sistema que está siendo utilizado por los pobladores de la zona, y en gran medida se están explotando sus recursos.

Sin embargo no se conoce cuáles es la conformación de la comunidad íctica del embalse, ni en que proporciones y condiciones se encuentra. Lo que no solo puede llegar a afectar la dinámica y estado del embalse en cuanto a la comunidad íctica, sino que además puede generar problemáticas mayores para la gente que haga uso de los productos obtenidos del embalse.

Un estudio previo supone que las especies ícticas nativas presentes en el embalse Tominé serían el capitán enano (*Trichomycterus bogotense* (Eigenmann, 1912) y la guapucha (*Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821), que han sido introducidos en sistemas naturales y en los lagos artificiales como Tominé (Álvarez - León. 2002 en Maldonado *et al.* 2005). Sin embargo sería igualmente posible la presencia de otras especies también introducidas como la trucha (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) y carpa (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). Estas últimas especies, en mayor abundancia con respecto a las demás, ya que son periódicamente repobladas por parte de la Corporación Autónoma encargada (CAR) (Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006). En el presente estudio, se reporta la colecta de tres de las cuatro posibles especies, entre las que se numeran *G. bogotensis*, *O. mykiss* y *C. carpio*.

Las macrófitas son parte activa en los ecosistemas acuáticos, sin embargo, muchas de estas macrófitas al ser introducidas a los ecosistemas sin estudios previos, se han convertido en problemas ambientales y han llegado a ser catalogadas como malezas acuáticas (Meerhoff y Mazzeo. 2004). Este caso se puede apreciar en el

embalse Tominé, donde existe un denso tapón de macrófitas que se encuentra exclusivamente compuesto por la especie *Eichhornia crassipes* ((Mart) Solms-Laubach, 1883) (Rueda-Delgado *et al.* 2008). Este tapón, se encuentra confinado en una porción de la parte sur del embalse, y genera una interacción con la comunidad íctica del sistema, sin embargo no se conocen los resultados que dicha interacción pueda generar.

La importancia de estudiar la relación entre la comunidad íctica y las macrófitas en los sistemas acuáticos se ha venido reconociendo en los últimos años, dado que las distintas adaptaciones de las plantas acuáticas, influyen diferencialmente en la eficiencia de los peces sobre la captura de las presas y su forma de alimentación (Dionne y Folt. 1991 en Meerhoff y Mazzeo. 2004), así como la capacidad de refugio contra predadores (Persson y Eklov. 1995 en Meerhoff y Mazzeo. 2004). En general, ambientes acuáticos con comunidades de macrófitas bien desarrolladas son caracterizados por una comunidad de zooplancton más diversa (Timms y Moss. 1984 en Brendonck *et al.* 2003), lo que representa en la comunidad íctica un aumento en su diversidad y abundancia (Olson *et al.* 1994 en Brendonck *et al.* 2003).

A nivel tropical y subtropical la distribución espacial de los peces se ve afectada cuando los sistemas hídricos presentan abundante vegetación acuática. Esta distribución está dada porque la presencia de macrófitas, genera modificaciones físico-químicas, principalmente en cuanto al pH, la concentración de Oxígeno disuelto y la velocidad del agua (Delariva *et al.* 1994 en Meerhoff y Mazzeo. 2004), así como la conductividad, la turbidez y la presencia de otros peces (Fernández *et al.* 1998 Meerhoff y Mazzeo. 2004).

Cuando se presentan relaciones de tipo ecológico (guardería o refugio) entre las macrófitas de un sistema acuático, la comunidad íctica y algunas especies de macro invertebrados y niveles tróficos inferiores. Se ha observado que, dichas comunidades, se benefician de tal interacción (Brendonck *et al.* 2003). Dicho

beneficio se evidencia cuando las comunidades ícticas y de zooplancton, son contrastadas con respecto a lagos con espejos de agua descubiertos, en donde la proporción de individuos de ambas comunidades es inferior (Brendonck *et al.* 2003). Esto se debe a que las raíces y las hojas de las macrófitas acuáticas proveen un hábitat apropiado para la comunidad íctica y zooplancton principalmente (Brendonck *et al.* 2003).

Para el periodo de estudio y en la zona del borde del tapón actual de macrófitas ubicado en el sector sur del embalse Tominé, las especies colectadas, presentaron muy bajas capturas por unidad de esfuerzo (CPUE). Se encontró una CPUE total de 0.88 individuos por cada hora de muestreo. Siendo la especie más representativa *C. carpio*, con una CPUE máxima de 0.73 individuos por cada hora de muestreo, siguiéndole *O. mykiss*, con una CPUE máxima de 0.09 individuos por cada hora de muestreo y pobremente representada *G. bogotensis* con una CPUE de 0.04 en el total de muestreos. Se encontró que el contenido estomacal encontrado en los individuos colectados es similar a lo reportado en estudios previos en Colombia, pero diferente a los contenidos estomacales reportados en otros lugares del mundo, especialmente lo referente a la Trucha (*O. mykiss*), finalmente los estudios histopatológicos efectuados en este estudio demuestran que todos los individuos analizados presentan una intoxicación subclínica de causas y consecuencias indeterminadas.

2. JUSTIFICACION

El embalse Tominé, presenta un denso tapón de macrófitas compuesto exclusivamente por *E. crassipes* (Rueda-Delgado *et al.* 2008), y en la actualidad se encuentra confinado a una porción de 388 Ha, en la parte sur del embalse (Rueda-Delgado *et al.* 2008). Bajo la resolución 1188 de 2005, la CAR impone a EMGESA y EEB la remoción de las especies leñosas (acacias principalmente) y de macrófitas acuáticas (*E. crassipes*) de las zonas inundables y del espejo de agua. Dicha resolución es ratificada a las empresas que actualmente cuentan con el manejo del embalse Tominé mediante la resolución 849 de 2006.

Para proceder a las exigencias de la CAR. Las empresas EMGESA y EEB, debieron realizar estudios previos a la remoción para conocer los posibles impactos ambientales que se pudieran generar. En este contexto EMGESA y EEB, encomendaron a la Universidad de los Andes, en alianza con el Laboratorio de Limnología de la UJTL, la tarea de establecer la función de las macrófitas en el embalse y la relación que puedan haber establecido con las especies acuáticas asociadas a sus raíces, particularmente invertebrados y peces.

A pesar de que existen informes sobre la comunidad íctica alto andina, e información secundaria sobre los peces del embalse Tominé (Juarez y Varsi. 1992. Consorcio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006), no hay antecedentes sobre conformación real, ni sobre el estado de las poblaciones de peces y tampoco sobre la importancia que puede llegar a tener la presencia de las macrófitas en el medio, principalmente en lo que respecta a hábitat y fuente de alimento.

De esta manera este trabajo se planteo para establecer la estructura poblacional, contenido estomacal y condiciones de salud de las especies ícticas presentes en el borde del tapón de macrófitas confinado en el costado sur del embalse Tominé, por ser este un lugar preferido por los pescadores del embalse. Igualmente se constituye en un estudio pionero de las comunidades ícticas asociadas a macrófitas en la

región alto andina Colombiana. Finalmente los resultados podrían ser usados como base para determinar el manejo de este tapón de macrófitas por parte las empresas EMGESA y EEB, además de generar un conocimiento más cercano de lo que se encuentra en este embalse en cuando a la comunidad íctica.

3. MARCO TEÓRICO

En los sistemas leníticos continentales se pueden distinguir diferentes subsistemas, que están permanentemente interrelacionados (Esteves. 1998). En sentido espacial las franjas litorales están particularmente caracterizadas por el desarrollo de la vegetación acuática, en tanto en las aguas libres, domina la biota planctónica (zooplancton, micro y macro crustáceos y los productores del fitoplancton). También se encuentra presencia de la fauna nectónica dominada por los peces (Esteves. 1998). Sin embargo las macrófitas constituyen un nuevo elemento que genera micro hábitats dentro del sistema, que facilita la coexistencia de muchas especies animales de vida libre temporal o permanentemente asociadas a este hábitat, por encontrar allí, alimento, refugio y en algunos casos mayor estabilidad que en las aguas abiertas (Esteves. 1998)

En el mundo se han realizado numerosos estudios en busca del desarrollo del conocimiento de cada componente de manera disgregada, sin embargo la tendencia actual es la relacionar los diferentes componentes como en el caso de la fauna asociada a macrófitas (Meerhoff y Mazzeo 2003. Meerhoff 2006).

Las macrófitas son tipos de plantas vasculares, reconocidas como acuáticas (Cook. 1990 en Meerhoff y Mazzeo. 2004). Estas plantas se agrupan de acuerdo a su forma de vida y adaptaciones, como plantas enraizadas o plantas no enraizadas (flotantes libres) (Meerhoff y Mazzeo. 2004). Sin embargo también se encuentran dentro de esta clasificación de macrófitas: las macrófitas emergentes, las macrófitas con hojas flotantes, y las flotantes (se encuentran en la superficie del espejo de agua (Esteves. 1998).

Dentro de las plantas enraizadas se incluyen plantas con hojas flotantes y sumergidas (Meerhoff *et al.* 2004). Las plantas no enraizadas o flotantes libres de gran aporte en su mayoría son procedentes de ambientes tropicales o subtropicales (Sculthorpe. 1967 en Meerhoff y Mazzeo. 2004). En general todas las formas de vida se encuentran en un amplio gradiente latitudinal en el planeta,

excepto las flotantes libres de gran porte, que son características de ambientes tropicales y subtropicales por su gran sensibilidad a las bajas temperaturas del aire y eventos de heladas (Sculthorpe, 1967 en Meerhoff y mazzeo. 2004).

3.1. Macrófitas como hábitat para la ictiofauna

En los sistemas acuáticos, la presencia de las macrófitas puede generar problemas y molestias a nivel ambiental, las cuales han sido ampliamente divulgadas. Entre los problemas y molestias se puede contar el bloqueo de flujos de agua, lo que genera problemas en la navegación, irrigación, drenaje, generación eléctrica, problemas con los reservorios (Brendonck *et al.* 2003). También se ha observado que las macrófitas acuáticas, generan pérdida de agua por el incremento en la evapotranspiración, la proliferación de mosquitos y otros insectos nocivos además de animales peligrosos como serpientes (Farri y Boroffice. 1999)

Sin embargo la presencia de las macrófitas en los cuerpos de agua no siempre acarrea una problemática ambiental. En algunos casos su presencia en un sistema hidrobiológico, puede llegar a reducir hasta en un 90 % la carga de Sólidos Suspendidos como es el caso del efecto de biofiltro que actualmente cumple el tapón de macrófitas en el embalse Tominé, lo que se encuentra ejerciendo un efecto directo sobre el nivel trófico del embalse (actualmente meso a oligotrófico) y en el aumento de la transparencia del sistema llegando a valores de hasta 2.5 m de profundidad de secchi, como lo demuestra el proyecto en el que se desarrolla este trabajo de grado (Rueda-Delgado *et al.* 2008). Estudios anteriores desarrollados en el mismo embalse, como los de Schmidt-Mumm (1998), encontraron un sistema mesotrófico con tendencia a la eutrofia. En este año el embalse se caracterizaba por su alto contenido de sólidos en suspensión generando transparencia de disco Secchi de alrededor de 0.27 m.

Autores como Meerhoff y Mazzeo (2003), afirman que en la medida que un sistema acuático presenta macrófitas, estas generan un beneficio para las especies ícticas lo que se ve representado en un aumento en abundancia de la ictiofauna. Este hecho resulta importante, pues se considera que a nivel alto andino, particularmente en el caso de Cundinamarca, se ha reportado aumento en la cobertura de macrófitas acuáticas principalmente enraizadas y flotantes libres (Chaparro 2003. Van der Hammen 2003 en Rivera et al. 2008). Este estudio reporta como especies acuáticas frecuentes en los sistemas eutróficos de Cundinamarca, las plantas flotantes libres (*E. crassipes*), las enraizadas (*Schoenoplectus* sp) y las sumergidas (*Egeria densa*), las cuales han cubierto sistemas acuáticos como la laguna de Fúquene y el embalse Tominé. Sin embargo no se conoce aun cual puede ser la consecuencia de la presencia de este tapón de macrófitas en el embalse Tominé. Adicionalmente no se sabe qué tipo de consecuencias pueda traer sobre la población íctica que allí se encuentra, la cual se cree, esta principalmente compuesta por especies como *O. mykiss*, *C. carpio* y *G. bogotensis*.

3.2. Biología y dieta de las especies nativas y exóticas colectadas

A continuación se describirán las características generales, junto con una pequeña descripción de la dieta¹ de las especies encontradas en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, durante el desarrollo del presente trabajo:

3.2.1. Guapucha

La Guapucha o Guapuche, *Grundulus bogotensis*. Es una especie endémica del altiplano Cundi-Boyasence, se distribuye ampliamente desde Bogotá hasta

¹ Dieta: Conjunto de sustancias que regularmente se ingieren como alimento (Diccionario de la real academia de la lengua española). 23 Edición. 2001.

Santander, en la actualidad se encuentra en estado “casi amenazada” (Maldonado *et al.* 2005).

Presenta un cuerpo corto y robusto, con una aleta dorsal conformada por radios simples (Román-Valencia *et al.* 2003 en Maldonado *et al.* 2005). Es generalmente café oscuro en el área dorsal, con una banda gris oscura cuando está vivo (Román-Valencia *et al.* 2003 en Maldonado *et al.* 2005). La imágenes y clasificación taxonómica de esta especie se encuentran en el ANEXO A.

Su dieta generalmente se compone de copépodos calanoides, anfípodos, cladóceros, larvas de “chironomidae”, pupas de díptera y moluscos bivalvos (Maldonado *et al.* 2005). En el embalse del Neusa se ha encontrado que crece hasta una longitud de 8 cm, presenta dos picos de desove al año. Presenta cuidado parental, mediante la construcción de nidos cerca de la vegetación acuática (Maldonado *et al.* 2005).

3.2.2. Trucha

La trucha arco iris “*Onchorhynchus mykiss*”, es un salmónido que presenta cuerpo alargado y fusiforme. Su cabeza termina en una boca grande puntiaguda, hendida hacia el nivel de los ojos y con una fila de dientes fuertes en cada una de las mandíbulas que le permiten aprisionar las presas (Fresneda *et al.* 2001). La imagen y clasificación taxonómica de esta especie se encuentran en el ANEXO A.

Es típicamente una especie de aguas frías, cuyo desarrollo óptimo se presenta en temperaturas de 15°C a 18°C (Fresneda *et al.* 2001). El nivel de Oxígeno mínimo en el agua debe ser de 5 partes por millón (mg/l) (Fresneda *et al.* 2001).

Fue introducida a Colombia oficialmente el 20 de Mayo de 1940, procedente de (California, USA), llegando a la estación “las cintas” ubicada en el lago de Tota en el departamento de Boyacá (Gutiérrez. 1984 en Alvarado y Gutiérrez. 2002). Su

llegada a los sistemas de alta montaña en Colombia se produjo sin desarrollar estudios ecológicos suficientes, ya que se tuvo en cuenta solamente la temperatura promedio del agua, y no variables ecológicas (salud de la población, interacciones con otras especies, reproducción) (Castro *et al.* 2004).

En el trópico su presencia se restringe a altitudes superiores a los 1.200 m.s.n.m lo que hace que en Colombia, se distribuya ampliamente en las zonas frías como Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Nariño debido a procesos de repoblación (Pineda *et al.* 2004 en Tovar. 2008). Su coloración varía según el hábitat, tamaño y edad (Tovar. 2008).

A nivel alimenticio la trucha se considera “carnívora”, y su dieta está basada principalmente en invertebrados como larvas de insectos y peces de otras especies de menor tamaño (Castro *et al.* 2004). Dada esta condición de especie carnívora, su dieta debe contener un alto índice de proteínas.

3.2.3. Carpa

La carpa común o carpa *Cyprinus carpio*, es una especie proveniente de Asia central, desde donde se difundió a China y Nordeste de Europa y desde allí al resto del mundo (Fresneda *et al.* 2001). La carpa común presenta cuatro sub especies (*C.c. carpio*, *C.c. aralensis*, *C.c. haematopterus*, *C.c. viridivio-laceus*) (Jhingran y Pullin. 1988) todas ellas, generalmente en su ambiente natural se restringen a zonas con elevaciones superiores a los 300 m.s.n.m. (Jhingran y Pullin. 1988).

Para su desarrollo óptimo requiere de temperaturas superiores a los 12°C, nacen naturalmente en su hábitat de origen, como también en ríos, lagos y tanques (Jhingran y Pullin. 1988). Tiene una dieta omnívora, se nutre de plancton y consume directamente partes de macrófitas (Miller. 2006).

La carpa común fue probablemente la primera especie íctica en ser introducida en los ecosistemas a una escala amplia, es la especie íctica más frecuentemente reportado en los Estados Unidos por la molestia que representa (Kohler y Stanley. 1984 en Miller. 2008). La presencia de la carpa *C. carpio* en Sudamérica se remonta al siglo XIX cuando se inicia su piscicultura en Brasil (Mac Donagh. 1948 en Colautti y Freyre. 2001). La imagen y clasificación taxonómica de esta especie se encuentran en el ANEXO A.

3.3. Patologías en especies ícticas

Se han realizado varios estudios en Colombia, para el establecimiento de las patologías que pueden afectar a las poblaciones de peces (Álvarez. 2007). A nivel Cundinamarca, en el embalse del Muña Álvarez (2007), realiza una descripción detallada de las patologías presentes en algunas especies, así pues para *C. carpio* se han reportado asociaciones bacterianas como: *Aerobacter aerogenes*, *Aerobacter cloacae*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas fornicans*, *Aeromonas liquefasciens*, *Bacillus larvae*, *Bacillus subtilis*, entre otras (Bernier. 1981 en Álvarez. 2007). También se reportan parasitismos por *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernidae) (Rodríguez. 1981 en Álvarez. 2007). Álvarez (2007), realiza también una descripción de patologías para *O. mykiss*, donde encuentra asociaciones con bacterias como: *Flexibacter branchiophilus*, *Flexibacter psychrophilum*, *Mycobacterium chelonae-chelonae*, *Streptococcus agalactiae*. Para *G. bogotensis* encuentra asociaciones con *Chilodonella* sp. *Ichthyophthirius multifiliis*. Entre sus anexos, se encuentran reportes de patologías asociaciones para otras 97 especies ícticas de agua dulce comprendidas en 15 familias.

En la actualidad, el laboratorio de patología veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia se encuentra realizando un censo de las patologías más frecuentes en las especies ícticas del amazonas (Com. Per. Paola Barato²).

² Paola Barato, Investigadora, Laboratorio de patología veterinaria, Universidad Nacional de Colombia.

4. ESTADO DEL ARTE

Son escasos los antecedentes sobre la interacción entre las macrófitas y las especies ícticas en los sistemas de alta montaña, particularmente en embalse Tominé. La mayoría de estas interacciones han sido estudiadas en el exterior y en sistemas de tierras bajas.

Los estudios realizados por Meerhoff *et al.* (2002), son algunos de los mas descriptivos y completos. Uno de ellos se desarrolla en el Lago Rodó (Montevideo, Uruguay), donde la distribución espacial de la comunidad íctica, estuvo relacionada con el tipo y cobertura de las plantas acuáticas y con la ocurrencia de otros peces o presas potenciales.

En el mismo estudio, Meerhoff *et al.* (2002), evidenció que la vegetación sumergida como la flotante fue visitada en forma preferente por peces pequeños y juveniles, sugiriendo la búsqueda de refugio contra la predación, y la posibilidad de despensa para algunas especies ícticas (omnívoro piscívoro y omnívoro zooplanctívoro). Esta función a llevado a considerar que la vegetación flotante de gran porte, podría favorecer a algunas especies de peces en los sistemas subtropicales (Meerhoff *et al.* 2002).

También se ha observado que grandes tapones de plantas flotantes libres tienen mecanismos de regulación, que estabilizan y aclaran las aguas adyacentes a dichos tapones (Meerhoff *et al.* 2003)

En estudios del mismo año, Brendonck *et al.* (2003), encontró en el lago Chivero (Zimbabwe, Sur África), que en los lugares donde se encuentran coberturas de macrófitas, existe una diversidad de fitoplancton notablemente más baja que en lugares con espejo de agua descubierto, pero que la composición de la comunidad íctica es por el contrario notablemente mayor en lugares dominados por la presencia de macrófitas. Igualmente se evidencio, que la presencia de macrófitas, concentra

zooplancton y detritos. Esta afirmación, se fundamenta en que la abundancia del zooplancton fue un orden de magnitud mayor en agua con presencia de macrófitas, con respecto a aguas abiertas. Esta condición puede favorecer la presencia de algunos peces cuya fuente de alimentación se base zooplancton y detritos (Brendonck *et al.* 2003).

De la misma manera Toft *et al.* (2003), evidencio en sus estudios que muchas de las especies ícticas del delta de San Joaquín (California, USA), estaban asociadas con la presencia de macrófitas, principalmente por la obtención de alimento. La mayoría de los peces obtenidos cerca de las macrófitas correspondieron a especies no nativas de la zona. Otros estudios sobre la ictiofauna en ambiente y condiciones similares a las de este estudio son los de Miranda y Barrera (2005), quienes realizan un estudio en las lagunas de Chalalán y Santa Rosa (Madidi, Bolivia), ubicados a una altura entre los 330 y 340 m.s.n.m., dichos estudios, aportan un conocimiento importante sobre la ictiofauna de la zona con un reporte de 34 especies ícticas. El valor de este estudio, se da por ser de la zona andina y tropical.

A nivel nacional Roldan *et al.* (2000), realizan un estudio en el embalse del Guavio (Cundinamarca, Colombia), donde afirman la presencia de la especie *O. mykiss*, sobre la cual se llevan a cabo estudios de crecimiento y desarrollo. Roldan *et al.* (2000), también reportan que en 1996, EEB realizó un estudio para el repoblamiento con *O. mykiss* en este embalse.

Álvarez 2007, realizo un extenso y completo trabajo que intenta cubrir las distribuciones de las especies ícticas y patologías. Según este autor Colombia posee solo en las aguas dulces unas 3.000 especies, lo cual situaría al país como el segundo en diversidad de especies ícticas dulceacuícolas, después de Brasil (MAST *et al.*, 1997 en Álvarez. 2007). De la misma manera genera una descripción de las especies ícticas más frecuentes en los sistemas dulceacuícolas colombianos como lo son *O. mykiss* y *C. carpio*.

Valderrama (2007), también realiza un estudio sobre una especie endémica de la zona andina de Colombia, *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805), conocido también como capitán de la sabana. Sobre esta especie, Valderrama, afirma que en la laguna de Fúquene, se puede encontrar la mayor población de esta especie. Que esta es una especie declarada en peligro de extinción, y que uno de los más grandes problemas que enfrenta esta especie para su supervivencia es la introducción de especies alienígenas como *O. mykiss*.

Rivera (2008) en la Laguna de Fúquene (Cundinamarca, Colombia), establece que las macrófitas acuáticas son un componente importante de los sistemas acuáticos andinos y que estas generan un ambiente estructuralmente complejo para las especies ícticas (Tonn y Magnuson. 1982. Anderson. 1984 en Rivera *et al.* 2008). Este autor basa esta afirmación en el hecho que las macrófitas proveen sustratos adecuados para el desarrollo de organismos acuáticos que dependan de ellas (Diehl. 1993 en Rivera 2008). Según este autor en Cundinamarca se ha experimentado una de las mayores alteraciones en sus sistemas acuáticos (Van der Hammen. 2003 en Rivera *et al.* 2008), lo que ha ocasionado que densas coberturas de macrófitas enraizadas o flotantes hayan cubierto los espejos de agua (Chaparro. 2003. Van der Hammen. 2003 en Rivera *et al.* 2008). Esta condición ha llevado a cambios en la estructura y ensamble de comunidades ícticas, principalmente las nativas como es el caso de *G. bogotensis* debido a la reducción de su hábitat (Rivera *et al.* 2008).

El estudio más cercano a una descripción de la ictiofauna en el embalse Tominé, lo realiza el Consorcio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. (2006), cuando hacen una descripción de toda la cuenca del río Bogotá para la realización del POMCA del río Bogotá. En este documento se plantea la existencia de 11 especies ícticas en el embalse, sin embargo la salvedad de este documento es que no tiene rigor científico, pues las especies son “reportadas por un baquiano” y no son confrontadas en campo. Sobre el comportamiento de las macrófitas y su relación con la ictiofauna, no se han realizado estudios previos en el embalse Tominé. Lo que

convierte a este en un estudio pionero sobre la descripción de la ictiofauna y sobre la relación de esta con los tapones de macrófitas.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las empresas encargadas de la administración del embalse Tominé, han iniciado la remoción del tapón de macrófitas ubicado en la parte sur del embalse, llegando inclusive una remoción de entre el 30% y 50 % en los últimos 6 meses (Rueda-Delgado *et al.* 2009). En el mismo tiempo, se ha encontrado que la actividad pesquera realizada por los pobladores de la zona, continúa ejerciéndose sobre los límites del tapón de macrófitas.

Dado que los estudios biológicos y químicos realizados por el Laboratorio de Limnología de la UJTL, mostraron acumulación de metales pesados en los sustratos, y también en las extensas raíces de *E. crassipes* (especie que compone dicho tapón de macrófitas), y también se realizaron observaciones de ictiofauna en la misma zona. Se estableció preliminarmente la probable existencia de una comunidad de íctica asociada específicamente a estas raíces.

Se estableció, que la comunidad íctica se podría beneficiar de este hábitat con factores como alimento, refugio y guardería entre otros. Lo que generaría un beneficio a los pobladores y pescadores de la zona dado que se incrementaría la abundancia íctica. Sin embargo es pertinente establecer que los efectos adversos, como la posible bioacumulación de metales pesados (principalmente Cadmio y Mercurio) en la comunidad íctica, al hacer uso de este hábitat y consumir sedimentos o fragmentos de la planta acumuladora contaminados con estos metales, y también la contaminación por biosidas. Factores, que pueden estar afectando no solo a la comunidad íctica presente en el borde del tapón de macrófitas, sino también a los consumidores finales de dicha comunidad.

Por ello este trabajo tiene como propósito caracterizar las poblaciones ícticas asociadas al borde del tapón de macrófitas confinado en la parte sur del Embalse Tominé estableciendo sus relaciones con este hábitat a partir del estudio del

contenido estomacal, mediciones de tallas, pesos y madurez gonadal y el estado de salud de estas poblaciones a partir de estudios histopatológicos. Así, las preguntas a resolver en este trabajo de grado son:

¿Qué especies se asocian al Tapón de macrófitas confinado en el costado sur del embalse Tominé?

¿El contenido estomacal de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, evidencia el uso de la fauna asociada a sus raíces como fuente de alimento?

¿Las tallas, tamaños y madurez gonadal de las especies colectadas permitirían considerar a este hábitat como guardería o sitio de desove de las especies colectadas?

¿La condición de acumulador de tóxicos (metales pesados y biosidas) reportada para las raíces de *E. crassipes* (macrófita de la cual se compone el tapón del embalse Tominé), podría asociarse a problemas de salud en la comunidad íctica asociada a este hábitat?

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Determinar y establecer cuál es la conformación de la ictiofauna presente en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé, y la relación de las especies colectadas con este tapón durante el tiempo del estudio.

6.2. Objetivos específicos

Determinar y caracterizar los individuos colectados de las diferentes especies ícticas que se encuentren en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé.

Establecer el contenido estomacal de las especies ícticas colectadas en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé.

Generar un diagnostico sobre el estado de salud de los individuos de las especies ícticas colectadas en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

7. HIPÓTESIS

H_0 . No hay evidencias en el contenido estomacal, estructura poblacional y estado de salud de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas, que demuestre el uso del tapón de macrófitas confinado en el sector sur del embalse Tominé, como hábitat por parte de la comunidad íctica.

H_a . Hay evidencias en el contenido estomacal, estructura poblacional y estado de salud de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas que demuestran el uso del tapón de macrófitas confinado en el sector sur del embalse Tominé, como hábitat por parte de la comunidad íctica.

8. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos de este trabajo de grado se articulo la información limnológica, la caracterización del contenidos estomacales y atributos poblacionales referentes a tallas, pesos y madurez gonadal de las especies colectadas obtenidos por el autor en actividades de campo y en el Laboratorio de Limnología de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, con los estudios histopatológicos efectuados por el laboratorio de patología veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia.

8.1. Área de estudio y selección de estaciones

La cuenca del Embalse Tominé tiene un área de 37428 Ha, de las cuales el espejo de agua se conforma por un área de 3693 Ha y contiene un volumen de 690.6 millones de metros cúbicos (Consortio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006), su profundidad máxima es de 40 m (Schmidt-Mumm. 1998). Su capacidad nunca ha sido utilizada completamente, debido a que el embalse posee un volumen seis veces superior al flujo promedio anual del rio Tominé, su principal afluente (IGAC-ORSTOM, 1984. en Schmidt-Mumm 1998). Está ubicada en la parte alta de la cordillera oriental a 2600 m.s.n.m, en la zona Nororiental del Departamento de Cundinamarca. Y se conforma por los municipios de Sesquilé, Guatavita y Guasca. Sus principales afluentes son los ríos Aves y Siecha y Tominé, y su principal efluente el rio Bogotá (Consortio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006). Administrativamente pertenece a la Provincia de Almeidas. (Ordenanza 023/98 y 07/01 Secretaria de planeación de Cundinamarca).

Cuenta con un régimen hídrico bimodal, donde en el periodo seco hay una oferta de $3.51\text{m}^3/\text{s}$, y en el periodo húmedo de $10.05\text{m}^3/\text{s}$. Una demanda doméstica de $0.021\text{m}^3/\text{s}$, y una demanda agropecuaria de $1.76\text{m}^3/\text{s}$, y por ultimo una demanda

ecológica de $0.04\text{m}^3/\text{s}$ (consorcio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006).

El embalse, fue pensado para la regulación del cauce del río Bogotá, en la actualidad además de servir para la regulación de este río, también está destinado a usos de conservación y recreación, condición que lo convierte en un embalse con alto flujo de visitantes, dado que es parte de un corredor turístico centrado en los municipios de Sesquilé y Guatavita, junto con la Laguna de Guatavita (considerada patrimonio arqueológico, histórico y ambiental del país) (Consorcio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006).

La selección de los puntos de muestreo se realizó de manera aleatoria, buscando cubrir la totalidad del borde del tapón de macrófitas ubicado en la parte sur del embalse. Dicha selección incluyó la variedad de profundidades y factores asociados a la variabilidad generada por las diferencias físico-químicas y ecológicas. De esta manera se obtuvieron cinco puntos de muestreo. Sobre cada punto se realizó una faena de pesca, por lo cual se tienen, cinco faenas realizadas entre el mes de Noviembre de 2008 y el mes de Febrero de 2009. Las faenas de pesca tuvieron una duración de 12 horas cada una. La duración de estas faenas de pesca, se estableció posterior a un pre muestreo de 24 horas (12 de noche, dos noches no consecutivas), realizado en el sitio de estudio, con la persona encargada de las mallas y un experto en la materia (Fabio Garzón³). Basados en estos pre muestreos y la experiencia del pescador de la zona, se marco como inicio de los muestreos las 5:30 PM y fin de los mismos a las 5:30 AM del día siguiente. Los artes de pesca se ubicaron paralelamente al borde del tapón de macrófitas tal como se ilustra en la Figura 1. Como ya se comentó por cada punto se realizaba una colecta, y no una colecta simultánea en cada uno de los cinco puntos seleccionados. Esta condición obedece a que la pesca en el embalse Tominé se encuentra prohibida, y a pesar de que existen pescadores en la zona, que efectúan las actividades de pesca de manera ilegal, no fue posible contar con más de un trasmallo, pues los mismos pescadores

³ Fabio Garzon Botero. Biólogo marino, con experiencia de 30 años en colecta de ictiofauna.

de la zona se abstienen de prestar sus herramientas de pesca, o sus servicios como pescadores por miedo a perder dichos elementos, si las entidades administradoras saben de su existencia. Así pues, solo fue posible contar con un trasmallo, cuatro nasas artesanales, y un solo pescador.

Como ya se sabe, el embalse presenta un régimen hídrico bimodal, las fechas de colecta, se establecieron en un periodo lo más homogéneo posible, por lo menos en lo que respecta al embalse, pues no se abrieron compuertas, ni se presentó un cambio de régimen hídrico en esas fechas.

Dado que las colectas de individuos no fueron abundantes durante el pre muestreo, y se obtuvieron entre 8 y 12 individuos, en cada una de las faenas. Dado que en estos pre muestreos, los valores de colecta fueron iguales, y que basados en la experiencia del pescador (quien afirmó que esos valores de colecta son típicos para el embalse). Se estableció que cinco faenas de pesca podrían generar una información adecuada sobre el comportamiento y conformación de la ictiofauna, en la zona del borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

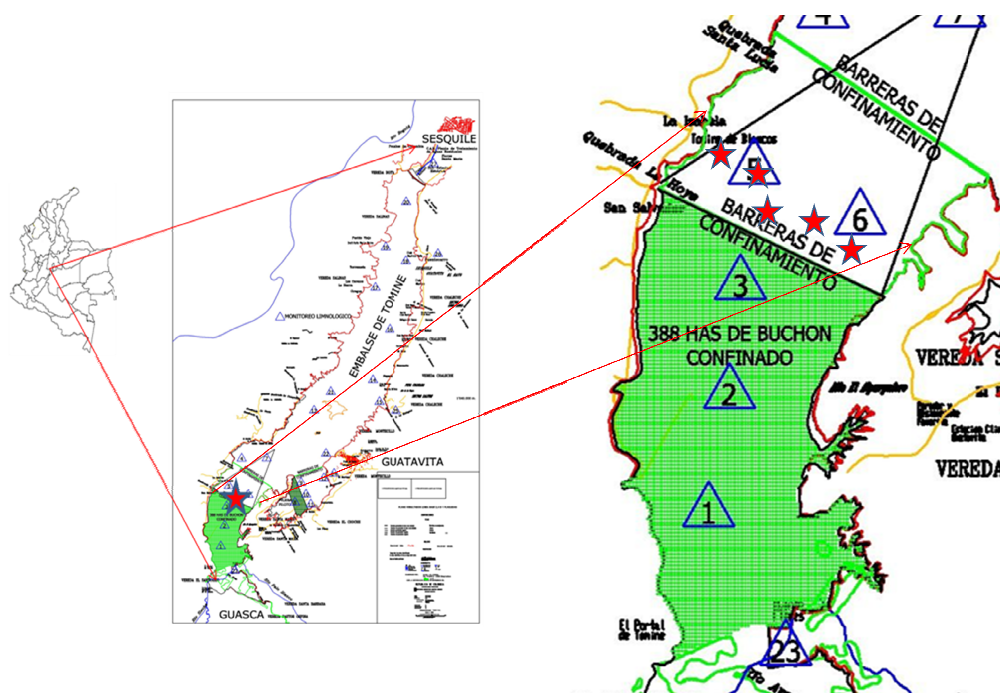


Figura 1. Mapa embalse Tominé y ubicación de la zona de muestreo (★). Tomado y modificado de Rueda-Delgado *et al.* 2008.

8.2. Fase de campo

8.2.1. Colecta de los individuos:

La determinación de la composición de las especies ícticas que se encuentran en el borde del tapón de macrófitas en el embalse Tominé, se realizó mediante dos artes de pesca denominadas “dispositivos pasivos”, puesto que quedan en el lugar inmóviles hasta que se realiza la colecta y son levantados (Welcomme. 1980). El tiempo de permanencia de los trasmallos, fue de 12 horas que iban desde las 5:30 PM hasta las 5:30 AM del día siguiente. Se utilizó un trasmallo de 400 m de longitud, compuesto por tres paños que buscaba cubrir la totalidad de profundidades:

- Paño de 200 m de longitud y 3 m de altura; con ojo de malla de 3 x 4 cm con una superficie total de 600 m².

- Paño de 100 m de longitud y 3 m de altura con ojo de malla 2 x 3 cm y una longitud total de 300 m².
- Paño de profundidad con longitud de 100m y 2m de altura con ojo de malla de 3x4cm con una superficie total de 200 m² y lastres para lograr llegar al sustrato Figura 2.

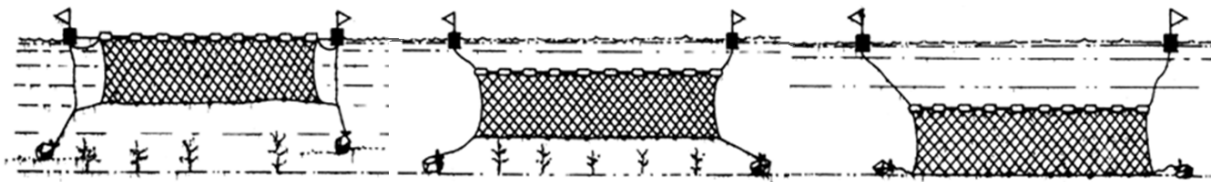


Figura 2. Artes de pesca utilizadas: trasmallo compuesto por tres paños. Tomado y modificado de Arias (1988). Los trasmallos utilizados estaban unidos entre sí.

Adicionalmente se usaron cuatro nasas artesanales ubicadas a profundidad, en contacto con el sustrato en el punto de muestreo (Figura 3). El tiempo de permanencia de dicho método igualmente fue de 12 horas que iban desde las cinco treinta en la tarde hasta las cinco treinta en la mañana del día siguiente. La distribución de estas nasas se realizó de manera aleatoria, sobre la misma longitud que cubría el trasmallo (400 m).

La razón del uso de estos elementos para la colecta se fundamenta en que los pescadores locales, quienes tienen la experiencia necesaria en el trabajo de pesca, encuentran que los ojos de malla estipulados son los más apropiados para la colecta. Que igualmente ante la dificultad de tener individuos bentónicos y de tamaño reducido, como *G. bogotensis*, mediante el uso de mallas se hizo uso de las nasas, elementos también funcionales en la colecta de individuos a nivel de sustrato y utilizados también por los pescadores de la zona.



Figura 3. Artes de pesca utilizadas: Nasa para pesca a nivel de sustrato. (Tobón. 2008).

8.2.2. Variables físico-químicas *in situ*

Se registraron parámetros físico-químicos a cada uno de los sitios de muestreos, siguiendo la metodología de (Navarrete *et al.* 2007). Obteniéndose datos de profundidad con ecosonda (Speedtech SM-5), temperatura de agua con (pH handylab 11), pH con (pH handylab 11), conductividad con conductivímetro (Thermorion 105) y Oxígeno disuelto con Oxímetro (Thermorion 805), los equipos utilizados se ilustran en la figura 4. Los datos obtenidos fueron tabulados en tablas relacionadas en el ANEXO B. Sin embargo, los datos utilizados para la descripción del punto de muestreo, y para la relación con la comunidad íctica corresponden a Oxígeno disuelto y Temperatura.

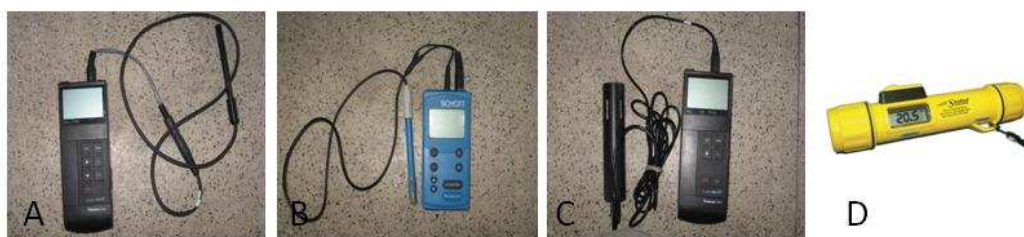


Figura 4. Equipos utilizados para la medición de parámetros físico-químicos en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé. A. Conductivimetro (Thermorion 105). B. Temperatura del agua y pH (pH handylab 11). C. Oxígeno (Thermorion 805) D. Ecosonda (Speedtech SM-5). (A, B, C. Tobón. 2008). (D. Modificado de speedtech).

8.2.3. Determinación morfométrica de los individuos colectados

Los individuos de las especies ícticas colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, fueron medidos con la ayuda de un ictiómetro y pesados con dinamómetros *in-situ* tal como lo ilustra la Figura 5. Los datos obtenidos fueron tabulados en tablas tipo Q, y los resultados se adjuntan en el ANEXO C.

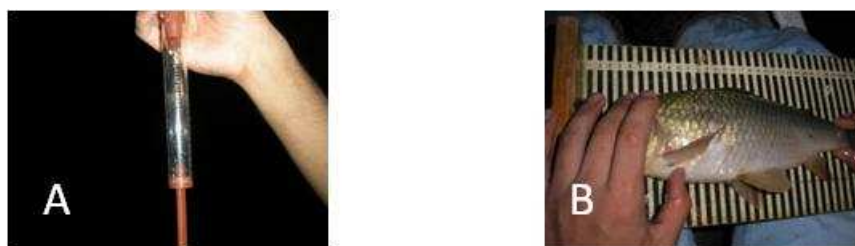


Figura 5. Elementos utilizados para la determinación morfométrica de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé. A. Dinamómetro. B. Ictiómetro. (Tobón. 2008)

8.2.4. Determinación taxonómica de los individuos colectados

Para la determinación taxonómica del material colectado se utilizó la guía de campo de Maldonado (2005) y Jhingran (1988) identificando los individuos colectados hasta nivel de especie.

8.3. Fase laboratorio

8.3.1. Determinación de la madurez de los individuos

Los individuos de las especies ícticas colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, fueron sacrificados y se les extrajo el paquete gonadal, realizándoles un análisis de estado de madurez gonadal a través un análisis macroscópico directo del paquete y de las ovas (Figura 6), siguiendo la metodología propuesta por Blanco y Bejarano (2006), la que se adjunta en el ANEXO D. Los datos obtenidos se tabularon en tablas, y se muestran en el ANEXO E.

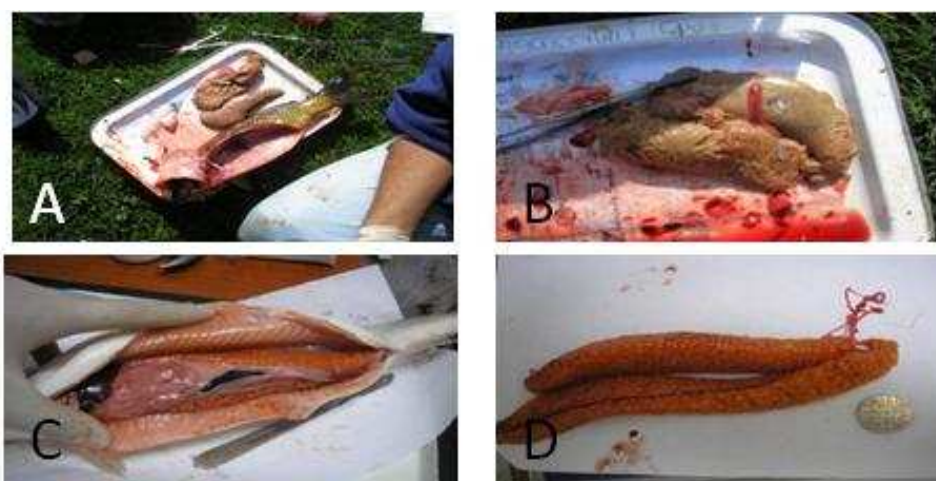


Figura 6. Paquete gonadal y gónadas extraídas de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé. A. Extracción paquete gonadal de carpa. B. Ovas de carpa. C. Extracción paquete gonadal de trucha. D. Ovas de trucha. (Tobón. 2009)

8.3.2. Determinación biométrica de los individuos

Los datos obtenidos en campo como longitud total, longitud estándar y peso se organizaron en rangos. Esta agrupación es determinada por el autor, en la medida que entre los individuos colectados, existen muchos que presentan rangos de peso y longitud homólogos. Adicionalmente porque permite hacer comparaciones entre los individuos colectados, y con otros autores. Finalmente, la agrupación de los individuos en rangos de talla y peso, permite establecer una aproximación sobre el estado de las poblaciones, y no solo de los individuos por separado.

Para talla se realizaron 5 rangos que iban de 0-10 cm, de 10-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm.

Para peso 6 rangos de 0-250 gr, 250-500 gr, 500-750 gr, 750-1000 gr, 1000-1250 gr, 1250-1500 gr.

8.3.3. Determinación del estado de salud de la población

De manera detallada se realizaron observaciones y se examinaron externamente los individuos colectados, con el fin de determinar las posibles causas de las lesiones y enfermedades observables (Kane *et al.* 1999).

Para la toma de tejidos se procedió al sacrificio de los individuos, previa inmersión en agua con anestesia hasta lograr un estado de narcosis, posteriormente se realizó un corte en la espina dorsal buscando la insensibilización total del individuo, realizando la extracción de tejidos en el menor tiempo posible (Kane *et al.* 1999). Los tejidos se colectaron en proporción a los individuos obtenidos en cada muestreo, así pues vario la cantidad de individuos evaluados en cada muestreo.

La extracción de los tejidos para la necropsia se realizo de manera sistemática, incluyendo tejidos de agallas, esófago, intestino, estomago, riñón, corazón, cerebro, ojo (Kane *et al.* 1999). Dado que estos tejidos son los más vulnerables a presentar las patologías, y en muchos casos es donde primero se evidencia el problema (Kane *et al.* 1999).

Los tejidos obtenidos *in situ* destinados a la necropsia de los individuos se preservaron en formalina al 3.5%, para su posterior análisis en laboratorio (Kane *et al.* 1999). Los análisis histopatológicos los realizo el laboratorio de patología veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia.

8.3.4. Determinación de los contenidos estomacales en los individuos colectados

La determinación de los contenidos estomacales en los individuos colectados en el borde del tapón macrófitas en el embalse Tominé se realizó mediante disecciones de los estómagos. El periodo de manipulación previo a la fijación de las muestras no

fue superior a cuatro horas (Encina *et al.* 1999), y la fijación se realizó con formalina al 3.5%.

En las carpas por su fisiología y dieta, se extrajo la totalidad del tubo digestivo (al no existir un estómago diferenciado) mediante el uso de un bisturí (Encina *et al.* 1999). El intestino se lavó varias veces, vertiendo el contenido en cajas de petri y limpiando posteriormente el interior del intestino mediante el uso de jeringas y pinceles (Awasthi *et al.* 2006). Para el caso de Truchas se realizó una disección al estómago extrayendo todo el contenido en cajas de petri y realizando el procedimiento previamente descrito.

Los contenidos estomacales de los individuos colectados, fueron examinados bajo el estereoscopio en cajas de petri, efectuando una distribución homogénea del contenido para su identificación y cuantificación (Blanco y Bejarano. 2006). Posteriormente el contenido se diluyó en agua, se agitó y homogenizó, y con una pipeta plástica se extrajo una alícuota de 2 ml que fue llevada a una lamina portaobjetos y fue observada bajo el microscopio (Blanco y Bejarano. 2006). El contenido estomacal encontrado se separó, identificó y enumera (Atencio *et al.* 2005). Los elementos encontrados se clasificaron mediante la guía de identificación de Trivinho y Strixino (1995) y con ayuda de los integrantes del laboratorio de Limnología de la UJTL.

Los contenidos estomacales se agruparon según lo encontrado en los individuos hasta llegar a una homogeneidad de componentes (curva de acumulación), es decir, cuando no se evidenció presencia de nuevos elementos en el contenido estomacal (Atencio *et al.* 2005). Los elementos del contenido estomacal se clasificaron mediante la observación de fragmentos, partes, huesos o individuos enteros, según fuera la condición de digestión y lo que permitiera identificar el estado de los contenidos estomacales. El procedimiento se ilustra gráficamente en el ANEXO F.

8.4. Fase gabinete

8.4.1. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Con los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas, se realizaron los cálculos correspondientes para la determinación de abundancia de cada especie de acuerdo a las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) (Lauzanne *et al.* 1985. Lauzanne y Robles. 1986 en Miranda y Barrera. 2005). Este método se utilizó para uniformizar los datos de manera que fueran comparables (Cowx. 1991 en Miranda y Barrera 2005), de acuerdo a la siguiente relación:

CPUE = Numero de individuos malla/Tiempo (h)

Esta relación establece que el número de individuos colectados se distribuirán uniformemente en el total de horas de muestreo, y se debe realizar para cada una de las especies colectadas. Así pues si en un muestreo de dos horas se colecta un solo individuo por malla la CPUE será de 0.5 individuos por cada hora de muestreo.

Los contenidos estomacales se evaluaron cuantitativamente a través de:

8.4.2. Frecuencia de ocurrencia (FO)

Expresa el porcentaje de estómagos que contienen un determinado *ítem* (Marrero. 1994 en Atencio *et al.* 2005) (entiéndase “*ítem*” como un elemento o presa del contenido estomacal)

FO = (número total de estómagos con el *ítem* (x)/número total de estómagos llenos)*100

8.4.3. Frecuencia numérica (FN)

Expresa el porcentaje de un *ítem* con relación al total de los ítems encontrados en todos los estómagos analizados (Marrero. 1994 en Atencio *et al.* 2005).

$$FN = (\text{número de apariciones del } \textit{ítem} (x) / \text{número total de ítems}) * 100$$

8.4.4. Índice de categorización de presas (ICP)

Permite evidenciar la importancia de cada presa en la composición de la dieta de cada especie. La ecuación utilizada fue la propuesta por Atencio (2005), que es una modificación de la fórmula de Grossman (1995).

$$ICP = \sqrt{FOxFNr}/H$$

En dicha ecuación, FOx corresponde a la frecuencia de ocurrencia; FNr corresponde a la frecuencia numérica relativa, y H corresponde al índice de Shannon con el que se establece la diversidad de la dieta (Atencio *et al.* 2005).

Para obtener la frecuencia numérica relativa (FNr) se convirtió la frecuencia numérica (FN) a una escala de 0 a 5 como lo reporta Atencio *et al.* (2005). Así pues cuando FN fue de 0% la FNr fue de 0, y por la parte final cuando FN osciló entre 80 y 100% FNr obtuvo un valor de 5 tal como lo reporta Atencio *et al.* (2005).

Cuando el valor del ICP fue igual a 10 el *ítem* se categorizó como primario o principal y cuando el ICP fue menor que 1 el *ítem* se clasificó como accidental, también existen parámetros intermedios para todas las escalas del ICP, dicha escala es homologa a la utilizada por Atencio *et al.* (2005). Para determinar si existía el consumo de un mismo *ítem*⁴ alimenticio por la especies ícticas del embalse Tominé se realizó una prueba de Karikal - Wallis. A los datos obtenidos, se les

⁴ Ítem: elemento o presa del contenido estomacal

realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza (Kolmogorov y Shapiro - Wilks. Buscando establecer si tenían distribución paramétrica o no paramétrica.

.

9. RESULTADOS

9.1. Parámetros Físico-químicos

Los valores mínimos de Oxígeno registrados, muestran que en algunos puntos se alcanza a llegar hasta 0.8 mg/l, lo que es un nivel bastante bajo de Oxígeno disuelto en el medio (Tabla 1). Los rangos superiores en algunos casos llegan a ser de 14.3 mg/l. Sin embargo estos valores máximos de Oxígeno representan una sobresaturación y los mínimos como 0.8 mg/l, significan una condición de hipoxia, lo que probablemente se deba, a un error de calibración en el equipo utilizado para la medición. Por esta razón estos valores máximos y mínimos, fueron excluidos del promedio. También se encuentran Temperaturas medias de 17.15 °C, lo que a pesar de ser típico de embalses tropicales de alta montaña, se puede ver acrecentado por la presencia de un robusto tapón de macrófitas. Los datos completos se encuentran en el ANEXO B.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos (Temperatura del agua °C, Oxígeno disuelto (mg O_2 /l)) se ilustran valores mínimos máximos y promedio de cada parámetro obtenidos *in-situ* (borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé).

| Parámetro | Valor mínimo | Valor máximo | Promedio |
|-------------------------------|--------------|--------------|----------|
| Temp. agua (°C) | 15.3 | 19 | 17.15 |
| Oxígeno (mgO ₂ /l) | 3.73 | 8.34 | 6.035 |

9.2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La CPUE total, fue de 0.88 individuos por cada hora de muestreo. Teniendo como resultados para el muestreo uno (1.167 CPUE), para el muestreo dos (0.667 CPUE),

muestreo tres (1.08), muestreo cuatro (0.750) y finalmente el muestreo cinco con (0.667 CPUE). Siendo *C. carpio* la que más contribuyó con un promedio de 0.75 individuos por cada hora de muestreo. Los datos brutos de las colectas, se encuentran en el ANEXO C. Los datos detallados para la obtención de la CPUE para cada especie, cada malla y el total de muestreos se encuentran detallado en el ANEXO G.

La especie mayormente representada en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, es *C. carpio*, la cual aporta entre el 70 % y 100% de los individuos colectados en cada una de las faenas, dato que se complementa con el valor de la captura por unidad de esfuerzo para esta especie. En orden de abundancia es seguida por *O. mykiss* y finalmente la población que menos representación en abundancia tiene es *G. bogotensis*, la relación de aportes porcentuales de las especies en cada muestreo se ilustran en la Figura 7.

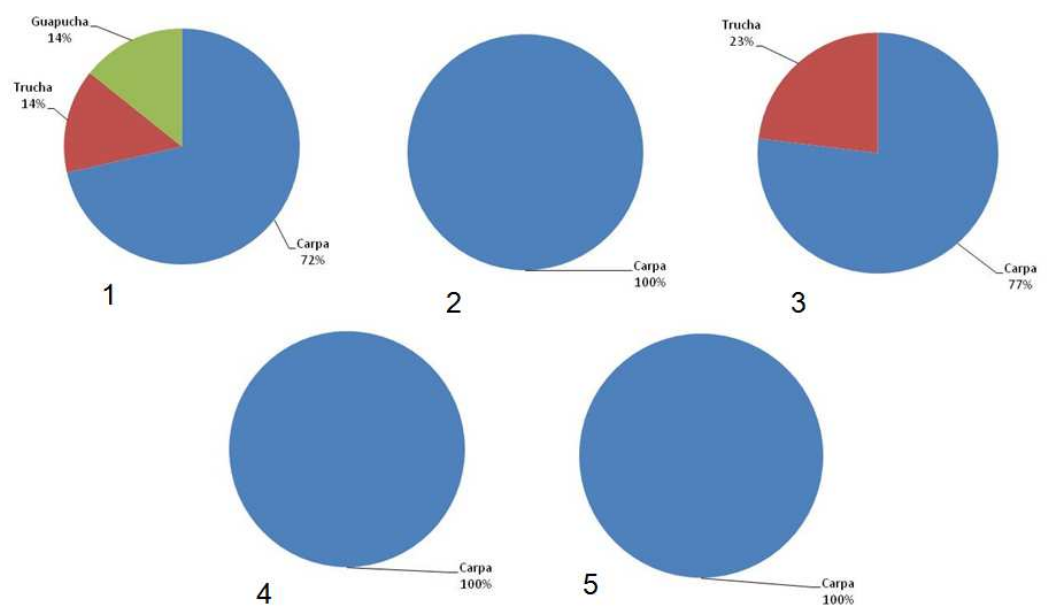


Figura 7. Porcentaje de aporte de individuos de cada especie por cada muestreo (1-5) realizado en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé. (Color azul representa Carpa, Verde Guapucha y Rojo Trucha).

9.3. Especies colectadas

En los cinco muestreos se obtuvieron 48 individuos pertenecientes a tres especies diferentes: *O. mykiss* de la cual solo se obtuvieron cinco individuos en la totalidad de los muestreos, *C. carpio* con un aporte de 41 individuos en la totalidad de los muestreos, la colecta de estas dos especies, se produjo con los trasmallos. El detalle de las colectas se presenta en el ANEXO C. La faena de pesca en el quinto muestreo fue la única anómala y que no se realizó de la misma forma que los cuatro muestreos anteriores, ya que esta se realizó de día (en la medida que las condiciones generadas por el tapón de macrófitas, podrían hacer que la comunidad íctica también pudiese ser colectada de día) así, esta colecta comenzó a las 6:00 AM, y duró solo 6 horas debido a que el viento generó presión sobre las barreras de confinamiento del tapón de macrófitas, las cuales terminaron cediendo, se rompieron y generaron la pérdida de las mallas usadas para este trabajo.

De la especie *G. bogotensis* solo se capturaron 2 individuos mediante el uso de nasas. Sin embargo solo fue posible realizar medidas morfométricas, pues los individuos colectados fueron sacrificados en campo y no se encontraron paquetes gonadales desarrollados ni estómagos llenos para su análisis.

Las ilustraciones y clasificación de las especies colectadas se encuentran en el ANEXO A.

9.4. Determinación sexual y madurez gonadal

A nivel sexual, como se ilustra en la Tabla 2, solo dos especies de las tres encontradas presentaron evidencia de algún estadio reproductivo. Igualmente en la Tabla 2 se puede observar que la especie más abundante que es *C. carpio*, también se encuentra en un estadio gonadal avanzado. Ya que el 100% de los individuos colectados se encuentra en estadio cinco de madurez gonadal, según la clasificación de Blanco y Bejarano (2006). La otra especie colectada y evaluada fue

O. mykiss, la cual presento un 60% de los individuos colectados en estadio cinco, y un 40% en estadio uno o inmaduros. Las ilustraciones de las gónadas se encuentra en la Figura 6 los datos brutos se encuentran en el ANEXO E.

Tabla 2. Porcentaje de aporte de sexos (machos/hembras) en *C. carpio* y *O. mykiss*. Porcentaje de individuos clasificados por estadio de madurez gonadal en carpa y trucha colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

| Especie | Sexo | | Porcentaje estado de madurez | | | | | |
|------------------|-------|--------|------------------------------|---|---|---|-----|---|
| | Macho | Hembra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <i>C. carpio</i> | 11.11 | 88.88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| <i>O. mykiss</i> | 0 | 100 | 40 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 |

9.5. Estado biométrico de los individuos colectados

9.5.1. Talla

La mayoría de los individuos colectados se encuentran en tallas que oscilan entre 30 y 40 cm de longitud estándar. Esta talla se encuentra ampliamente representada por los individuos colectados de *C. carpio*. Seguido por *O. mykiss* cuyas tallas oscilan entre los 20 y 40 cm en su mayoría. Figura 8.

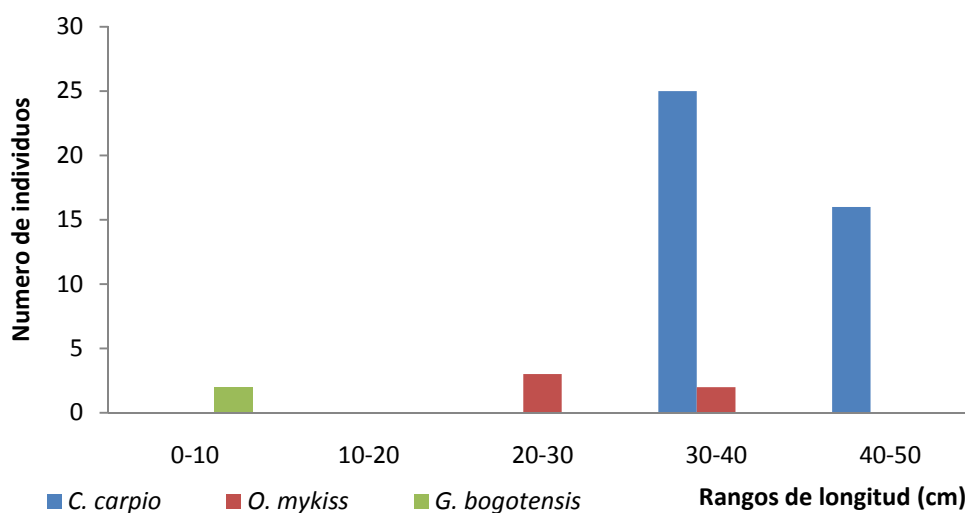


Figura 8. Rangos de longitud (cm) utilizados para estandarizar la medida de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

9.5.2. Pesos

Los individuos de *C. carpio* que representan la mayor parte del muestreo tienen pesos que oscilan entre 500 y 1000gr, siendo la población colectada bastante homogénea en su peso, mientras que *O. mykiss*, que es la especie que le sigue representada en número de individuos colectados tiene una representación de peso heterogénea, que varía desde individuos con bajo peso (0-250gr) hasta individuos de gran peso (750-1000gr) (Figura 9).

Finalmente la especie que menos se vio representada en el muestreo, fue *G. bogotensis*, con un peso homogéneo que no superó los 250 gr, y longitudes de inferiores a 10cm, condiciones típicas de su especie Figura 9.

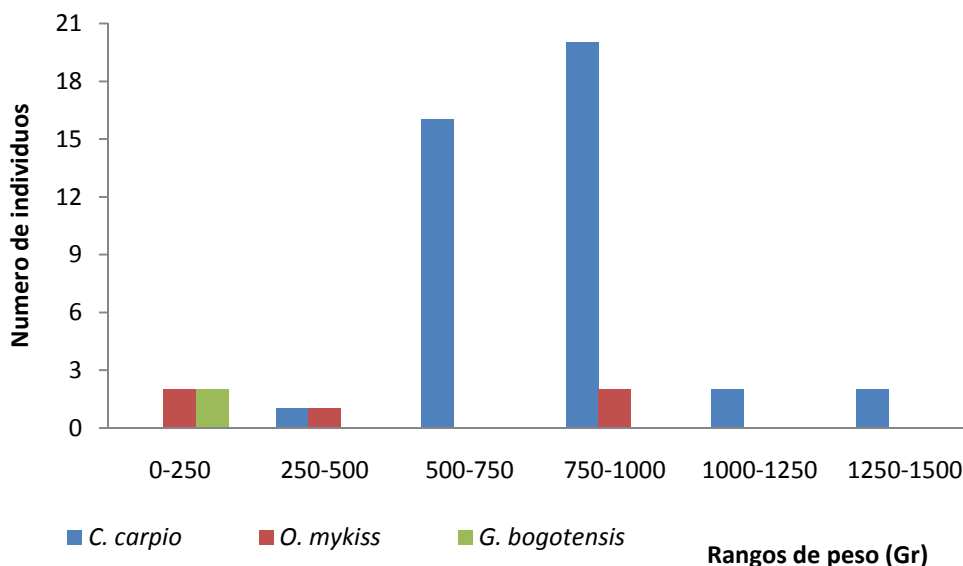


Figura 9. Rangos de peso (gr) utilizados para estandarizar la medida de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

9.6. Contenido estomacal

Se evidenciaron en total los siguientes elementos en el contenido estomacal: 1. Restos vegetales, 2. Semillas, 3. *Grundulus bogotensis* (Guapucha) 4. Huevos, 5. Otros⁵, 6. Chironomidos, 7. Copépodo, 8. Cladóceros, 9. Algas, 10. Rotíferos, 11. Insectos. Algunas ilustraciones de los elementos encontrados se encuentran en el ANEXO I.

Como se reporta en la bibliografía la identificación de los elementos del contenido estomacal se efectuó hasta donde su condición de digestión y estado lo permitió. Se identificaron partes de Dípteros, Hemípteros, Coleópteros, Himenópteros, Odonatos, Pupas de díptero; sin embargo, por su abundancia no generaban suficiente peso para ser considerados como elementos individuales dentro del contenido estomacal, así que se agruparon como insectos.

Dicha clasificación se llevo a cabo para cada especie. Así tenemos entonces una clasificación de contenido estomacal para *C. carpio* (Tabla 3) y otra clasificación de contenido estomacal para *O. mykiss* (Tabla 4) en las cuales se muestran los índices de frecuencia de ocurrencia (FO), Frecuencia numérica (FN) e índice de categorización de presas (ICP).

En la Tabla 3 encontramos los valores que corresponden al índice de categorización de presas (ICP). Se observa que no hay un elemento predilecto en el contenido estomacal de *C. carpio*, y más bien esta especie se comporta como generalista. Esto debido a que ninguno de los elementos del contenido estomacal de esta especie se encuentra bajo la clasificación de primario o principal, y a que los individuos presentan una predilección hacia los restos vegetales y copépodos. Esto se evidencia cuando el ICP presenta un valor secundario lo que indica que hace parte frecuente en la dieta de esta especie

⁵Otros: Detritos, partes de elementos no identificables,

De la misma manera encontramos que los contenidos estomacales de los individuos evaluados corresponden en parte a macro invertebrados y restos vegetales como se ilustra en la Figura 10.

Tabla 3. Frecuencia de ocurrencia (FO), frecuencia numérica (FN) e índice de categorización de presas (ICP) y de ítems para los individuos de *C. carpio*, colectados en borde del tapón macrófitas del embalse Tominé.

| Elemento del contenido estomacal | FO | FN | FNr | ICP | Ítem |
|---|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| Restos Vegetales | 100 | 5.05 | 1 | 7.60 | Secundario |
| Semillas | 28.57 | 50.54 | 3 | 7.03 | Secundario |
| <i>Grundulus bogotensis</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | Accidental |
| Huevos | 28.57 | 6.85 | 1 | 4.06 | Terciario |
| Otros | 28.57 | 1.44 | 1 | 4.06 | Terciario |
| Chironomidos | 14.28 | 6.85 | 1 | 2.87 | Terciario |
| Copépodos | 78.57 | 10.46 | 1 | 6.73 | Secundario |
| Cladóceros | 42.85 | 3.24 | 1 | 4.97 | Terciario |
| Algas | 42.85 | 4.33 | 1 | 4.97 | Terciario |
| Rotíferos | 28.57 | 1.44 | 1 | 4.06 | Terciario |
| Insectos | 42.85 | 8.66 | 1 | 4.97 | Terciario |

C. carpio, es una especie que presenta una dieta omnívora. Pero su contenido estomacal en el borde del tapón de macrófitas se compone en un 51% de restos vegetales como se ilustra en la Figura 10, esto a partir de los datos obtenidos en los contenidos estomacales. El contenido estomacal de la carpa, se puede ver favorecido por la presencia de macrófitas en el embalse, ya que elementos del contenido estomacal como Chironomidos, Cladóceros y Rotíferos, encuentran un hábitat adecuado en las macrófitas.

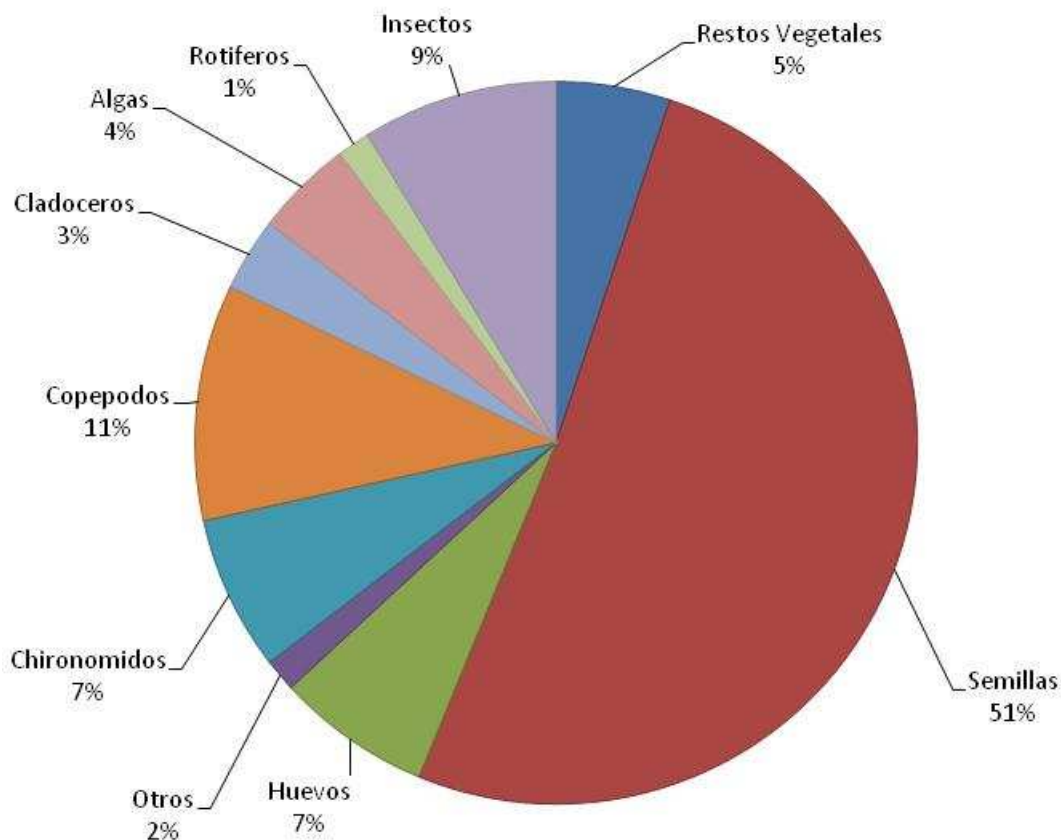


Figura 10. Porcentaje de aporte de cada elemento evidenciado en el contenido estomacal de de los individuos colectados de *C. carpio* en borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

En el caso de *O. mykiss*, los contenidos estomacales son completamente diferentes a los de *C. carpio*. La Tabla 4, permite observar que sí existe una predilección por algunos elementos presentes en el contenido estomacal. Se observa una marcada predilección por *G. bogotensis* mientras los demás elementos del contenido estomacal, se clasifican como terciarios o accidentales, y que no hacen parte fundamental de los elementos del contenido estomacal de la trucha.

Esto se ve más claramente evidenciado en la Figura 11, donde se observa que el 70% del contenido estomacal de las truchas se representa por *G. bogotensis* o sus restos.

Tabla 4. Frecuencia de ocurrencia (FO), frecuencia numérica (FN) e índice de categorización de presas (ICP) para los individuos de *O. mykiss*, colectados en borde del tapón macrófitas del embalse Tominé.

| Elemento del contenido estomacal | FO | FN | FNr | ICP | ítem |
|---|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| Restos Vegetales | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Semillas | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| <i>Grundulus bogotensis</i> | 100 | 70 | 3 | 19.34 | Primario |
| Huevos | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Otros | 20 | 10 | 1 | 4.99 | Terciario |
| Chironomidos | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Copépodos | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Cladóceros | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Algas | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Rotíferos | 0 | 0 | 0 | 0 | Accidental |
| Insectos | 20 | 20 | 1 | 4.99 | Terciario |

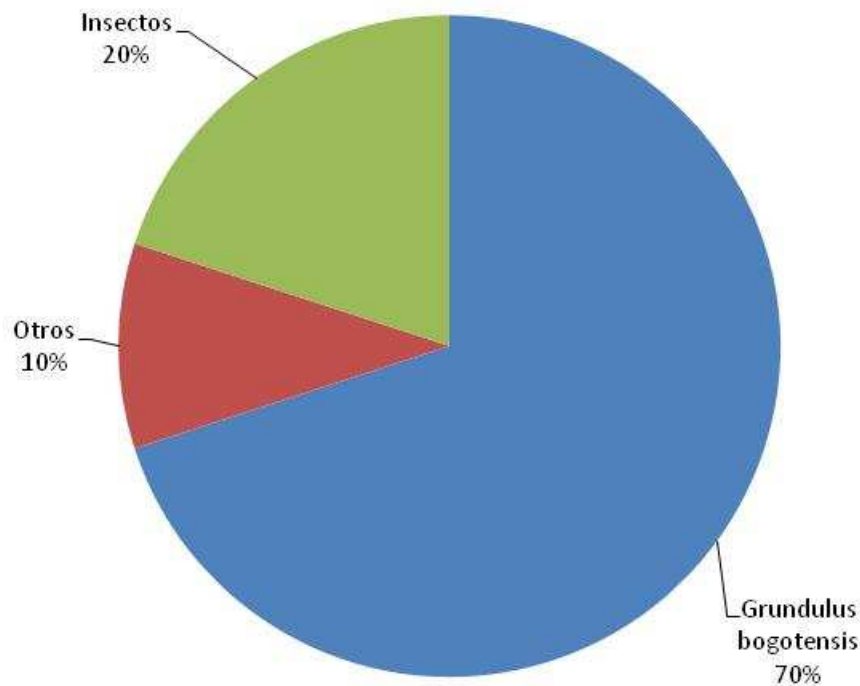


Figura 11. Porcentaje de aporte de cada elemento categorizado el contenido estomacal de los individuos colectados de *O. mykiss* en borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

La diferencia existente entre los elementos del contenido estomacal de *O. mykiss* y *C. carpio*., representa una ventaja para ambas especies, pues cuando se comparan las Figuras 12 y 13, se observa que los elementos del contenido estomacal de ambas especies son notablemente diferentes.

Si bien es cierto que existen elementos en el contenido estomacal que son homólogos para ambas especies, como el caso de “otros” e “insectos”, estos son elementos que se encuentran en abundancia en el medio. Igualmente los elementos más frecuentes en el contenido estomacal de ambas especies como ya se expuso previamente son diferentes en el caso de *O. mykiss* el más frecuente es *G. bogotensis* y para *C. carpio*, los restos vegetales. Por lo cual se puede asumir que no habrá una fuerte competencia entre las especies por estos elementos en la

búsqueda por el recurso alimento. En la Tabla 5, se ilustran las ocurrencias (no las frecuencias de ocurrencia) de los elementos del contenido estomacal en *C. carpio* y *O. mykiss*, para posteriormente ser comparadas y establecer diferencias entre los contenidos estomacales.

Tabla 5. Ocurrencia de los elementos del contenido estomacal para *C. carpio* y *O. mykiss* colectados en borde del tapón macrófitas del embalse Tominé

| | <i>C. carpio</i> | <i>O. mykiss</i> |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ítem | Ocurrencia | Ocurrencia |
| Restos Vegetales | 14 | 0 |
| Semillas | 140 | 0 |
| <i>Grundulus bogotensis</i> | 0 | 7 |
| Huevos | 19 | 0 |
| Otros | 4 | 1 |
| Chironomidos | 19 | 0 |
| Copépodos | 29 | 0 |
| Cladóceros | 9 | 0 |
| Algas | 12 | 0 |
| Rotíferos | 4 | 0 |
| Insectos | 24 | 2 |

La diferencia entre los contenidos estomacales de *O. mykiss* y *C. carpio*, se ilustran de manera más adecuada en las Figuras 12 y 13, donde se ilustra el número de veces que se presenta determinado elemento o presa del contenido estomacal en cada una de las dos especies y la desviación estándar en la aparición de los elementos del contenido estomacal.

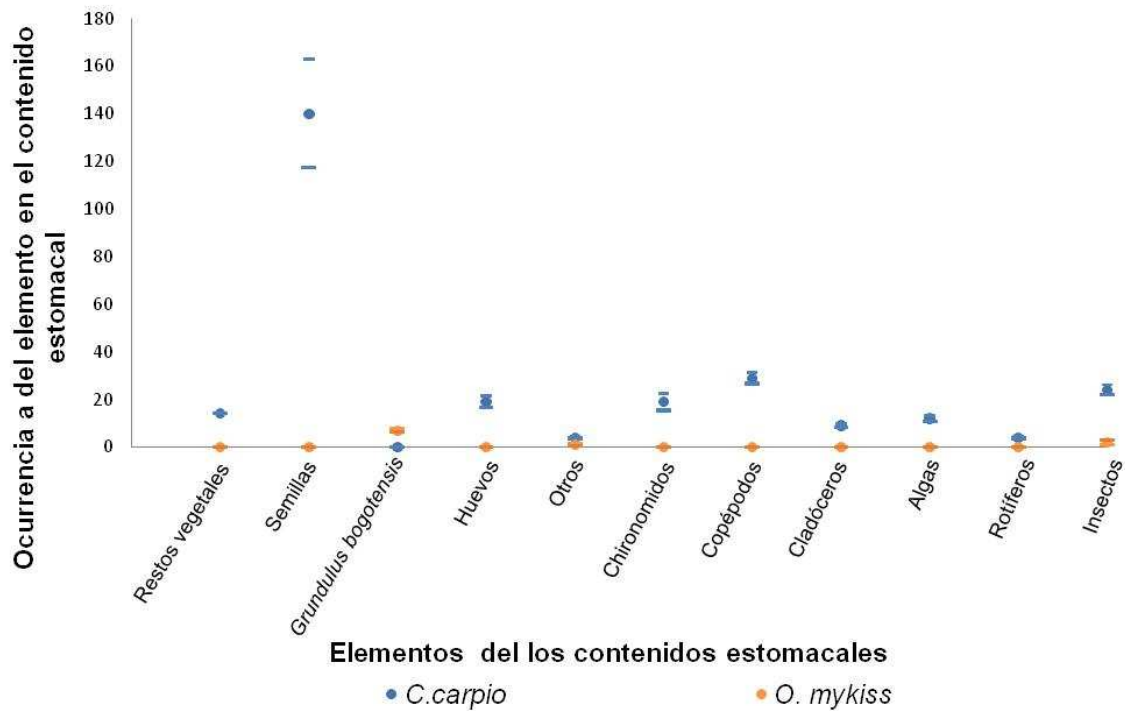


Figura 12. Numero de ocurrencias y desviación estándar de cada elemento del contenido estomacal de los individuos analizados de *C. carpio* y *O. mykiss* colectados en borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

Dado que las diferencias en la abundancia de uno y otro elemento del contenido estomacal pueden ser de más de 100 unidades se estandarizaron los resultados mediante el uso de escala logarítmica, obteniendo así unos resultados más claros Figura 13; donde se puede evidenciar que no existen elementos compartidos en los contenidos estomacales de las dos especies.

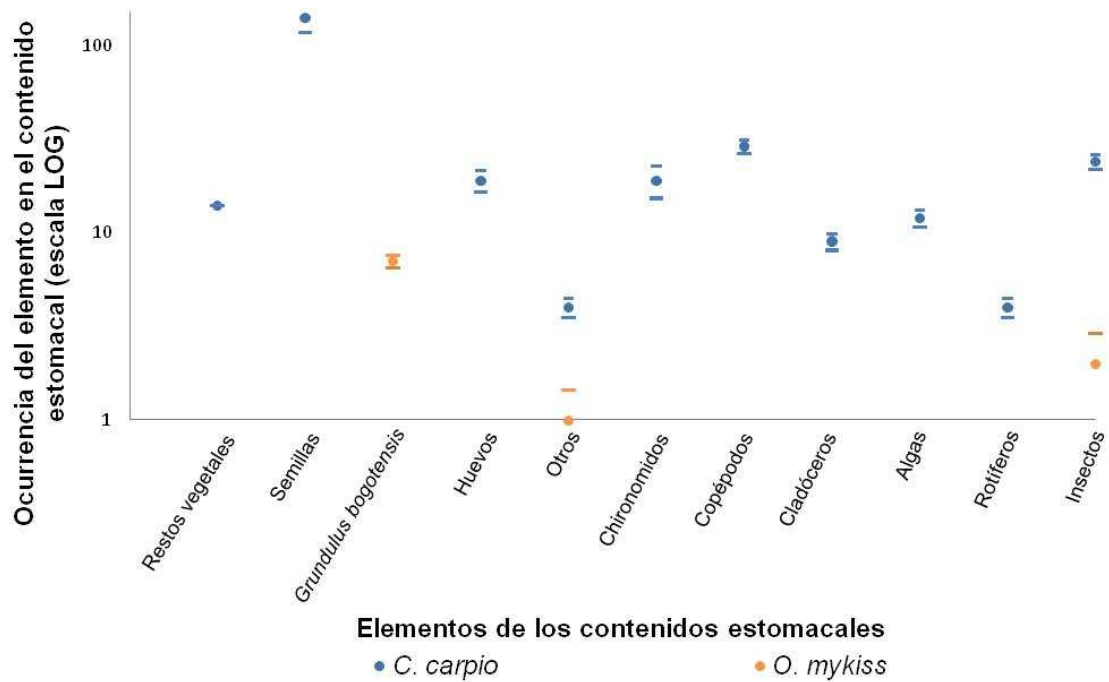


Figura 13. Numero de ocurrencias y desviación estándar de cada elemento del contenido estomacal de los individuos analizados de *C. carpio* y *O. mykiss* colectados en borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé. La escala logarítmica muestra resultados estandarizados, permitiendo observar de manera más detallada que las dos especies no tienen ningún elemento en común en sus contenidos estomacales.

Estos resultados descriptivos son corroborados mediante la prueba de Kruskal - Wallis ($\chi^2 = 22.45$, $p=0.0211$) permitiendo establecer que por lo menos uno de los elementos de los contenidos estomacales tiene mediana significativamente diferente a las otras. Es más, con la Figura 13, se comprueba que todos los elementos de contenido estomacal de las dos especies presentan medianas diferentes.

9.7. Estado de salud de los individuos analizados

El análisis patológico de los individuos fue llevado a cabo por el laboratorio de patología veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Para este fin se realizaron 3 entregas de individuos al laboratorio. Dos entregas de 5 carpas, y una entrega de 3 carpas (dado que estos últimos individuos, son los provenientes del estudio que no pudo ser completado a 12 horas), para un total de 13 individuos analizados. La razón de que solo hayan sido carpas analizadas es que los individuos deben llegar vivos al laboratorio, lo que implica una resistencia por parte de los individuos a analizar y un correcto embalaje de los mismos. Por esta razón no se analizaron truchas, pues estas morían en el transcurso de la colecta y no alcanzaban siquiera a ser embaladas.

Dentro de los resultados, se evidenciaron las siguientes anomalías de en los tejidos de todos los individuos analizados:

Las Branquias presentaron focos de leve hiperplasia del epitelio interlamelar y leve presencia de detritus celulares.

En el corazón se evidenció leve activación de las células fagocíticas del endocardio con aumento del espacio sub-endocárdico y moderada epicarditis con infiltrado de células mono-nucleares. Los riñones presentaron focos de centros melanomacrófagos (CMM) con fragmentos de material no identificado intra- extra celular (aspecto punteado) y pigmentos eosinófilos. Leves focos de linfocitosis y de degeneración hialina. Igualmente el bazo presentó la misma patología, junto con focos de moderada a severa linfocitosis y hemólisis, además de leves focos de microtrombosis

El hígado tenía moderada y extensa vacuolización fisiológica y evidencia de leucocitosis.

El cerebro mostro activación de macrófagos en la región sub-ependimial con aparente edema. Aparente laxitud de regiones perivasculares cercanas a pedúnculo cerebelar y fragmentación de fibras. Pigmentos amarillentos contenidos en macrófagos perivasculares y leve infiltrado mono-nuclear y polimorfo-nuclear en el ventrículo del lóbulo inferior.

El tracto gastrointestinal (TGI) presento Moderada a severa muerte celular con linfocitosis multifocal en epitelio y lámina propia y leve presencia de detritus celulares en la luz.

Como diagnostico, las fragmentaciones de distintos tipos celulares: linfocitos, y posiblemente glóbulos rojos, además de otras células no identificadas, así como los acúmulos en endocardio y cerebro y la cantidad y tipo de CMM, parecen sugerir un problema toxico subclínico.

El diagnóstico a pesar de no ser certero con una patología específica permite evidenciar, según el Dr. Carlos Iregui Castro⁶, la presencia de afecciones en los individuos analizados, principalmente referentes a muerte celular programada (apoptosis), desintegración de glóbulos sanguíneos (hemolisis), destrucción de células linfáticas (linfocitosis). Dichas afecciones se evidenciaron mediante coloración de Hematoxilina Eosina, se sugirió por parte del laboratorio de Patología veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia hacer uso de tinción de hierro "tinción de Perls", la que corroboró la lisis celular en los tejidos de los individuos evaluados. El diagnostico emitido por este laboratorio se encuentra en el ANEXO H.

⁶ Médico Veterinario, Director del Laboratorio de Histopatología, Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las especies colectadas en este estudio son las mismas a las reportadas por Juárez y Varsi. 1992. Consorcio Planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006) excepto por la no captura en este trabajo del Capitán de la sabana. La presencia común de las especies exóticas trucha y carpa podría indicar que, como ya ha sido ampliamente corroborado por Gutiérrez (2006), la introducción de estas especies generaría tanto una disminución de las poblaciones nativas, como cambios en las dietas y condiciones biológicas de las especies “alienígenas” (Gutiérrez. 2006) como se discute a continuación.

10.1. Condiciones físico-químicas en el borde del tapón de macrófitas

Los parámetros obtenidos en el embalse Tominé, son propios de embalses tropicales de alta montaña. Estas condiciones implican tener temperaturas medias por debajo de 20 °C y valores de saturación de Oxígeno bajos (< 7mg/l) (Casallas y Gunkel. 2001). También lo es presentar condiciones de hipoxia, que son definidas generalmente, como concentraciones de Oxígeno menores a 5 mg/l (Killgore y Hoover. 2001).

Las condiciones físico-químicas presentadas en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, ocurren generalmente cuando existe en el medio una cobertura de macrófitas demasiado densa. Estas condiciones generadas por la presencia de macrófitas, afectan muchos procesos, hábitos y patrones tanto fisiológicos como bioquímicos en los peces (Davis. 1975. Kramer. 1987 en Killgore y Hoover. 2001).

Esto se explica porque las macrófitas modifican los niveles de Oxígeno disuelto a través de la foto respiración, la generación de sombra y sedimentación (Carpenter y Lodge. 1986. Carter *et al.* 1988. Carter *et al.* 1991 en Killgore y Hoover. 2001).

Así pues los parámetros físico-químicos que se evidencian en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, pueden estar desempeñando un papel fundamental en la distribución de la comunidad íctica. Pues los individuos que no cuenten con adaptaciones fisiológicas o no puedan escapar a aguas más oxigenadas podrían morir (Smale y Rabeni. 1995. en Killgore y Hoover. 2001). Esta puede ser la razón por la cual no se encuentra gran abundancia de individuos de *O. mykiss*, pues estos tienen unos requerimientos físico-químicos bastante estrictos.

10.2. Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)

La muy baja captura por unidad de esfuerzo en el total de los muestreos, y también en cada uno de ellos, se puede explicar en la medida que la composición y abundancia de la comunidad íctica, disminuye notablemente cuando se incrementa la altitud (Miranda y Barrera 2005). Al ser contrastados los resultados obtenidos con los de Miranda y Barrera (2005), para lagos en Bolivia, ellos encuentran capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) que oscilan entre 2.11 y 14.52 individuos de cada especie, por cada hora de muestreo, en sistemas entre 150 y 1070 m.s.n.m. Con base en este estudio los autores afirman que a mayores altitudes las densidades deberían ser menores. Así pues el obtener 0.88 en la totalidad de muestreos y sumando las tres especies, implica una muy baja CPUE por cada hora de muestreo.

Este valor sin embargo resulta coherente con explicaciones dadas por otros autores, como Casallas y Gunkel, quienes en 2001, realizaron un estudio en el Ecuador. Estos autores, establecen que los sistemas de alta montaña ubicados en alturas entre 2000 y 4000 m.s.n.m. presentan capturas de especies ícticas esporádicas y en bajo número, condición que se ve acrecentada mayormente los sistemas tropicales como es el caso del embalse Tominé. Estos autores establecen que estas condiciones obedecen a condiciones como el aislamiento geográfico, el presentar temperaturas medias por debajo de 20 °C, valores de saturación de Oxígeno bajos

(< 7mg/l), y a diferencia de los lagos de zonas bajas, ser por lo general más profundos.

Trabajos realizados en la cuenca del río Beni en el norte de Bolivia entre altitudes que iban desde los 150 m.s.n.m y 1.070 m.s.n.m, registraron la existencia de de 155 especies. Encontraron que entre los 150 m.s.n.m y los 450 m.s.n.m, habitaba el 61% de las especies. Solo un 25% de las especies de dicho estudio se distribuyen a alturas superiores a los 1.070 m.s.n.m (Pearson. 1924 en Miranda y Barrera 2005).

Asumiendo que la reducción en el número de especies a medida que se aumenta en la altura, es una condición que se presenta en la mayoría de los sistemas. El embalse Tominé, no tendría una gran abundancia y diversidad de especies ícticas, pues se encuentra a más del doble de altura que el sistema estudiado por Miranda y Barrera (2005).

Igualmente, Miranda y Barrera (2005) trabajan sistemas origen natural regidos principalmente por teorías de biogeografía de islas y por ende se espera que tengan un mayor número de especies endémicas. Sin embargo, lagos de origen artificial como el embalse Tominé, no se rigen por estas teorías biogeográficas, y por ende la presencia de especies endémicas estará sujeta a las aportadas por los afluentes o las introducidas por el hombre como sucede en el embalse Tominé.

Adicionalmente, las especies ícticas nativas, que puedan establecerse en un sistema como el embalse Tominé, como es el caso de *G. bogotensis*, podrían verse pedradas por la introducción y presencia en el medio de especies alienígenas predatoras como *O. mykiss*.

10.3. Condiciones de las especies nativas

En los muestreos realizados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé no se evidenció la presencia de especies como *Eremophilus mutisii* (Capitán de la sabana), la cual es típica y endémica del altiplano Cundí-Boyacense. Esto se debe principalmente a la destrucción de su hábitat y disminución de la calidad y cantidad de las aguas (Mojica *et al.* 2002). Sin embargo pescadores de la zona han reportado su captura de manera esporádica, en muy baja cantidad y en algunos lugares puntuales alejados del tapón de macrófitas.

Se ha reportado en ambientes homólogos como la Laguna de Fúquene, que el grado de amenaza para esta especie se ha visto incrementado por el impacto causado por la introducción de especies invasoras como la *C. carpio* y el Pez Dorado (*Carassius auratus*), además de un uso no sostenible de la pesca (Valderrama *et al.* 2007). Caso que también ocurre en el embalse Tominé.

Para otras especies como la Guapucha (*G. bogotensis*), que es una de las tres especies endémicas que aun se presentan en la sabana de Bogotá y en Cundinamarca (Eigenmann. 1920. en Rivera. 2008) se ha determinado, que esta es una especie en peligro, ya que su hábitat ha sido uno de los mas transformados en Colombia (Mojica *et al.* 2002 en Rivera 2008). Según Valderrama (2007), las poblaciones de *G. bogotensis* disminuyen en ambientes eutróficos, en los que la proliferación de macrófitas acuáticas reduce considerablemente los niveles de Oxígeno, empobreciendo el hábitat de esta especie.

En el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, se suman una serie de factores, como lo son la presencia de predadores como *O. mykiss*, que como se vio en los resultados tiene a *G. bogotensis* como parte fundamental de su contenido estomacal, la gran cobertura de macrófitas que genera bajos niveles de Oxígeno. Esta condición del borde del tapón de macrófitas podría explicar en parte el porqué la baja colecta de esta especie en este lugar.

10.4. Madurez sexual y tallas reproductivas

Las condiciones ambientales propias del embalse Tominé, pueden ayudar a explicar las longitudes medias y estándar de los individuos de la comunidad íctica colectada. Las tallas a las cuales la población de *C. carpio* del embalse Tominé, son notablemente inferiores cuando son contrastadas con los lugares de origen.

Los individuos colectados de *C. carpio* en el embalse Tominé se encuentran en su último estadio de madurez sexual, mientras que en sus lugares de origen con las mismas tallas apenas estarían iniciando su ciclo de madurez sexual. Según Jhingran y Pullin (1988), el primer estadio de madurez sexual de esta especie en su lugar de origen inicia cuando los individuos alcanzan tallas entre 30 y 38 cm y pesos de 500 a 900 gr,

Estas diferencias en la talla y peso al momento de llegar al periodo de madurez sexual óptimo para reproducción en *C. carpio*, se puede relacionar con diferentes factores como el tipo, la cantidad y los valores nutricionales de la macrófita de la cual se alimentan (Shireman y Smith. 1983. Zweerde. 1990 en Catarino *et al.* 1997).

Se ha observado en algunos sistemas andinos que las tallas medias alcanzadas a cada edad se ubican por encima del promedio (Colautti. 2001). Este resultado se halla estrechamente vinculado a la latitud (Fernández Delgado. 1990 en Colautti. 2001). Sin embargo, en otras partes del mundo a latitudes similares el crecimiento se ve limitado por la salinidad, turbidez, disponibilidad de alimento o tipo de ambiente (Crivelli. 1981. Fernández Delgado. 1990. en Colautti. 2001), además de factores físico-químicos como el Oxígeno contenido en el agua (Shireman y Smith. 1983. Zweerde. 1990 en Catarino *et al.* 1997).

En el caso de *O. mykiss*, la explicación de que todos los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, sean hembras, radica en la metodología de repoblamiento utilizada por la CAR. Además en la medida que

provengan de un mismo lote, con ciertas modificaciones genéticas, se garantiza al momento del repoblamiento un 97% de hembras, y debido a la ausencia de machos, no habría un desarrollo gonadal más avanzado. La mayoría de los individuos colectados corresponden a estadios de madurez sexual avanzada, lo que indica que habrían sido repoblados en el mismo periodo. Finalmente, dada la supresión de la hormona oxitocina al llegar al estadio de madurez, el paquete gonadal de las hembras será reabsorbido (Com. Per. Gabriel Gamboa⁷). Otro factor que afecta a las truchas, es que estas son reofílicas y necesitan de corrientes para poder llevar a cabo su reproducción.

En numerosas ocasiones se visito y llamo a la CAR, en búsqueda de información más exacta sobre el repoblamiento de estas especies en el embalse Tominé. Sin embargo a pesar de que en la mayoría de los casos la CAR afirmo que la información estaba en la estación de Tocancipa, la cual era la encargada de este embalse. Ya que en la actualidad como el embalse Tominé, no está bajo el manejo de esta institución, la información sobre estos eventos de repoblamiento no fue encontrada.

10.5. Contenido estomacal

La clasificación utilizada para el contenido estomacal, es homologa la presentada por Encina *et al.* en 2004 y Saikia y Das en 2008. Quienes incluyen en los hallazgos de los contenidos estomacales grupos taxonómicos como lo son chironomidos, copépodos, cladóceros, rotíferos y diferentes ordenes de insectos cuando les es posible.

C. carpio, ha sido reportada como una especie de dieta omnívora, que se alimenta en gran medida de Chironomidos, Tubificidos, Zooplancton y Zooperifiton (Sibbing.1988 en Saikia y Das. 2008). Estos elementos del contenido estomacal, se encuentran generalmente en los hábitats generados por las macrófitas, y no son la

⁷ Gabriel Gamboa. Docente Titular. Politécnico Grancolombiano Fundación Universitaria

excepción las macrófitas del embalse Tominé. En el caso del contenido estomacal de esta especie el *ítem* Chironomidos, se compuso únicamente por la tribu “pseudochironomus”, perteneciente a la familia Chironomidae. Este “pseudochironomus” en los estudios limnológicos previos realizados por Rueda-Delgado *et al.* (2008), solo se asocian con el tapón de macrófitas. Lo que estaría indicando que el hábitat de macrófitas, si le provee algunos elementos del contenido estomacal.

Navarrete *et al.* (2007), en un embalse ubicado a 2460 m.s.n.m en México, describe los la dieta de *C. carpio* de manera más específica, incluyendo *ítems* como Insectos, Crustáceos, Ácaros, Algas, Rotíferos, como también Nematodos y Pastos. Adicionalmente destaca los más representativos, los cuales fueron pastos con un 26.23% chironomidos con 15.73% y crustáceos con 12.50%. En volumen la relación se presentan de la siguiente manera: 48.91% chironomidos, 29.69% pastos (Navarrete *et al.* 2007).

Los resultados de Navarrete *et al.* (2007), concuerdan claramente con los encontrados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, lo que no solo permite evidenciar la condición omnívora y generalista de *C. carpio*, sino también aclarar que sus contenidos estomacales analizados, en general se componen de los mismos elementos que los ya reportados. Aunque las poblaciones de *C. carpio* se encuentren bajo diferentes condiciones ambientales. Esto indicaría que es una especie con un amplio potencial de distribución y adaptación a los diferentes ambientes, incluidos los de alta montaña. Su condición omnívora y alta tolerancia a las condiciones ambientales la hacen una especie propicia para procesos de repoblamiento como los ocurridos en Tominé, y dado que se encuentra con la posibilidad de reproducirse de manera autónoma, la hace una especie ideal para este sistema, y genera un beneficio para la comunidad que la terminara consumiendo.

Por otro lado, Encina *et al.* (2004), hace referencia a los contenidos estomacales de varias especies ícticas en un embalse Europeo, donde realiza comparaciones entre las dietas de *O. mykiss* y *C. carpio*. En el mismo estudio, evidencia que existen diferencias en los contenidos estomacales por parte de *O. mykiss* frente a *C. carpio*, la otra especie relativamente abundante en el tapón de macrófitas del embalse Tominé.

En el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, tenemos que mientras una especie es generalista (*C. carpio*) la otra especie (*O. mykiss*) tiene una menor cantidad de elementos dentro de su contenido estomacal, pero puntuales. Los pocos elementos encontrados en los estómagos de *O. mykiss* son consumidos de manera regular y recurrente, lo que la convierte en una especie “especialista”, resultado que es homólogo a lo reportado por Encina *et al.* (2004) en condiciones diferentes de hábitat.

La condición que se presenta entre las especies *C. carpio* y *O. mykiss* frente a los contenidos estomacales, hace evidente la posibilidad de coexistencia entre las dos especies en un mismo sistema. Ambas especies encuentran en el tapón de macrófitas del embalse Tominé los recursos alimenticios para su subsistencia, y bajo los resultados obtenidos de los contenidos estomacales se puede explicar que es por una diferencia fisiológica en la constitución de los sistemas digestivos de ambas especies, que hacen que sus dietas se diferencien de manera notable.

Un hallazgo importante de este estudio, es que *O. mykiss*, presenta dentro de sus contenidos estomacales el consumo de especies ícticas de menor tamaño (*G. bogotensis*). Dado que *O. mykiss* se conoce como una especie insectívora (Castro *et al.* 2004), el haber encontrado en los individuos de *O. mykiss* colectados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, contenidos estomacales diferentes a los reportados, implica puede obedecer a varios factores. Uno de estos factores que están influenciando el contenido estomacal de *O. mykiss*, es presentado por Castro *et al.* (2004), quienes argumentan, que este comportamiento

obedece a una oferta alimenticia insatisfecha. Sin embargo Fresneda *et al.* (2001) afirma que las truchas tienen hábitos carnívoros en sus dietas, dado su alto requerimiento proteico lo cual también corrobora Tovar (2008) en sus estudios. Bajo estos argumentos expuestos, y teniendo en cuenta la disponibilidad de especies ícticas de menor tamaño que algunos especímenes de *O. mykiss*, es de esperarse un comportamiento como el expuesto por esta especie en el tapón de macrófitas del embalse Tominé.

Además el tiempo usado en la adquisición de alimento, se puede ver notablemente reducido al consumir peces de menor tamaño que suplan sus demandas alimenticias, lo que implicaría que el consumo de peces no está definido por una necesidad dada la ausencia de sus *ítems* de consumo puntuales (insectos), sino mas bien que este consumo de peces se presenta como alternativa favorable para la supervivencia de esta especie en el medio.

Finalmente otro factor que puede determinar la presencia de algunas especies en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, es que la no estacionalidad climática en los ecosistemas tropicales como el caso de este embalse, promueve la eutroficación en los hábitats, lo que da origen una disponibilidad de alimento constante durante todo el año (Castro *et al.* 2004).

10.6. El tapón de macrófitas como guardería

La vegetación acuática tropical tiene una importante función como guardería para un gran número de especies, principalmente ícticas (Junk. 1973. Howard-Williams y Junk. 1977. Sazima y Zamprogno. 1985. Araujo-Lima *et al.* 1986. Machado-Allison, 1990 en Winemiller y Jepsen 1998).

Por lo general las macrófitas bien desarrolladas proveen refugio contra la predación a especies vulnerables como lo son el zooplancton y pequeños peces (Crowder y

Cooper. 1982. Diehl. 1992. Batzer. 1998 en Brendonck *et al.* 2003), así lagos con una comunidad de macrófitas bien desarrollada se caracterizan por una comunidad de zooplancton (Timms y Moss. 1984 en Brendonck *et al.* 2003), bentos (Munro. 1966 en Brendonck *et al.* 2003) y peces más diversas (Olson *et al.* 1994 en Brendonck *et al.* 2003).

Observaciones efectuadas en desarrollo de este estudio permiten establecer que *C. carpio*, usa estas macrófitas como sitio de desove. Sin embargo, no se realizaron colectas de las ovas, ni se realizó un registro fotográfico. En el momento de esta observación, se contaba con la presencia de Fabio Garzón, quien basado en su conocimiento y experiencia informo la posibilidad que las ovas observadas fueran de de carpa, y se constato que los volúmenes de dichas ovas eran de tres a cuatro veces mayores a los encontrados en el paquete gonadal de los individuos colectados. Estas ovas se encontraban adheridas a las hojas y raíces de las macrófitas del tapón. Según Flajšhan y Hulata (2007) los huevos de *C. carpio* al entrar en contacto con el agua se tornan adhesivos y crecen de 3 a 4 veces en volumen. La valoración visual permite suponer que estos huevos fueron depositados una semana antes a su hallazgo.

10.7. Parámetros físico-químicos y su relación con la comunidad íctica

Existen diferentes medidas de tolerancia exhibidas por parte de los especies ícticas a las condiciones físico-químicas expuestas por del medio, principalmente con respecto a la hipoxia (Killgore y Hoover. 2001).

Los niveles considerados letales para muchos especies ícticas, oscilan entre los 0.5 mg/l y 1mg/l de Oxígeno disuelto (Killgore y Hoover. 2001). Sin embargo, aguas hipóxicas pueden ser habitadas por varias especies ícticas, que toleren bajos niveles de concentración de Oxígeno disuelto (Killgore y Hoover. 2001), este es de algunas especies como *C. carpio* en el embalse Tominé.

Para especies como *O. mykiss*, los parámetros físico-químicos que se encuentran en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, no son los más adecuados, debido a que no son similares a las condiciones físico-químicas y ecológicas presentadas en su lugar de origen. Uno de los parámetros que afecta la distribución de esta especie en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, es el Oxígeno disuelto, que en algunos casos se encontró en dosis cercanas al mínimo requerido para la supervivencia de esta especie, que es de 5mg/l (Fresneda *et al.* 2001).

Estas condiciones físico-químicas por otro lado favorecen la presencia de *C. carpio* en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, ya que esta especie puede tolerar niveles más bajos de Oxígeno disuelto, soportando concentraciones de hasta (0.3-0.5 mg/l) como también de sobresaturación (Flajšhans y Hulata. 2007).

10.8. Salud de la población

Álvarez (2007), efectuó estudios encaminados a la descripción de patologías en la zona de Cundinamarca, encontrando diferentes patologías que podrían producir lisis celular. Igualmente, genera relaciones entre las distintas enfermedades o patologías que puedan llegar a causar hemorragia a distintos niveles, encontrando entre las causas más probables asociaciones bacterianas.

Sin embargo en la población analizada en el embalse Tominé los resultados parecen no ser producto de una interacción bacteriana sino tal vez producto de una intoxicación por agentes químicos, de origen antropogénico o biológicos, entre los que se cuentan acciones de cianobacterias, por otro lado presencia de metales pesados como Cadmio y Mercurio y biosidas (organofosforados y glifosato).

En el embalse Tominé, se han reportado para los sedimentos (zona béntica) del embalse, ubicados hacia la zona del tapón de macrófitas, y también en las raíces de

esta macrófita, valores máximos de 4-10 mg/kg-Bs para Cadmio y 20-75 mg/kg-Bs para Mercurio (Rueda-Delgado *et al.* 2008). La procedencia de estos contaminantes en el medio, no ha sido estudiada ni se conoce la procedencia. Sin embargo, se conoce la existencia de numerosas ladrilleras en el sector. Adicionalmente, la zona de la rivera del río Tominé, se encuentra ampliamente dominada por cultivos principalmente de flores y hortalizas, los cuales pueden estar contribuyendo también a la contaminación con este tipo de contaminantes y también de agentes químicos como glifosato y biosidas.

Witeska (2001) evidencia que presencia de Cadmio en los individuos de carpa puede generar una acción hemolítica. Este fenómeno se da en la medida que el cadmio afecta la membrana de las células, lo que produce una ruptura acelerada de los eritrocitos y por consiguiente un fenómeno de hemólisis acelerado (Houston y Keen. 1984 en Witeska. 2001).

Igualmente se conoce que existen respuestas en leucocitos y eritrocitos de los peces expuestos a contaminantes, principalmente Mercurio (Gill y Pant. 1984). Este metal, genera poikilocitosis, hipocromía, fragmentación y desplazamiento nuclear de los eritrocitos, además de vacuolización celular y nuclear en linfocitos, hipertrofia y crecimiento fuera del citoplasma, trombocitosis, linfocitosis, neutroperia, y basofilia (Gill y Pant. 1984).

A pesar de no estar reportada la presencia de glifosato en el medio, es pertinente indicar que cuando existe contaminación por este elemento los peces presentan condiciones sub-letales que pueden incluir hiperplasia epitelial y edema sub-epitelial, a nivel branquial, eventos que han sido estudiados en *C. carpio* (Ramírez *et al.* 2003). Igualmente se reporta a nivel hepático ligera congestión sinusoidal y signos de fibrosis, dichas condiciones en su mayoría dependen de la concentración y tiempo de exposición al contaminante (Ramírez *et al.* 2003).

Afloraciones de cianobacterias y cianotoxinas asociadas han sido documentadas ampliamente en lagos eutróficos en todo el mundo (Paerl *et al.* 2001 en Zhang *et al.* 2007). En el embalse Tominé, los estudios del plancton, reportan diferentes especies de cianobacterias, especialmente *Microcystis* sp y *Microcystis aeruginosa* con abundancias mayores hacia el tapón de macrófitas (Rueda-Delgado *et al.* 2008).

De dichas afloraciones las microcistinas hepatoxicas han sido consideradas como uno de los grupos más peligrosos (Zimba *et al.* 2001 en Zhang *et al.* 2007), ya que son inhibidores de las fosfatasas, y tienen la particularidad de ser fácilmente acumuladas y magnificadas por los organismos acuáticos como los peces (Zhang *et al.* 2007). Cuando han sido consumidas, los órganos blanco de sus toxinas son hígado y riñón (Fischer y Dietrich. 2000 en Zhang *et al.* 2007), los cuales son algunos de los órganos más importantes en la generación de sangre (Ozaki. 1982 en Zhang *et al.* 2007). La condición disruptiva que estas toxinas presentan en el tejido eritropoyetico puede generar un descenso en el numero de eritrocitos y el contenido de hemoglobina lo que llevaría a anemia y la probable muerte de los individuos (Zhang *et al.* 2007).

Bajo las condiciones anteriormente expuestas y dada la condición de no tener una patología puntual, no se puede establecer cuál es el origen de las afecciones presentadas por los peces colectados en el tapón de macrófitas del embalse Tominé, sin embargo es pertinente tener en cuenta que cualquiera de los contaminantes expuestos anteriormente o sus interacciones podrían llegar a ser causantes de tales patologías.

11. CONCLUSIONES

Se corrobora parcialmente la hipótesis alternativa. Encontrando que existen ciertos *ítems* propios de las raíces en el contenido estomacal de los individuos analizados. Que puede existir una relación entre la capacidad de asimilación de metales pesados del tapón de macrófitas y las patologías encontradas. Las tallas de madurez sexual y las ovas observadas en el tapón de macrófitas podrían señalar algún uso por parte de la comunidad íctica sobre el tapón de macrófitas.

Los parámetros físico-químicos obtenidos en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, son propios de embalses de alta montaña, pero se pueden estar viendo modificados por la presencia del denso tapón de macrófitas del embalse Tominé.

Las bajas capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), son típicas de este tipo de embalses, sin embargo, los métodos de colecta y el diseño experimental también pueden haber tenido algún efecto sobre estos valores.

Las especies alienígenas como *O. mykiss* pueden estar modificando fuertemente la estructura de la comunidad íctica presente en el tapón de macrófitas del embalse Tominé mediante procesos de predación. Esto se evidencia por la poca o nula representatividad de peces autóctonos como *G. bogotensis* y por ser esta especie un elemento primario en el contenido estomacal de *O. mykiss*.

Los individuos de *C. carpio* colectados en el borde del tapón de macrófitas, presentan contenidos estomacales que no varían sustancialmente de las “dietas” reportadas por otros investigadores.

Los contenidos estomacales de los individuos de *O. mykiss* colectados en el borde del tapón de macrófitas, son homólogos para los reportes hechos en Colombia. Sin

embargo las dietas de los individuos colectados en el borde del tapón de macrófitas difieren en parte de la “dieta” reportada en otros lugares del mundo.

El tapón de macrófitas del embalse Tominé, puede ser un elemento proveedor de refugio para algunas de las especies ícticas, como *C. carpio*. Este tapón de macrófitas, le provee sustratos apropiados generando superficies de sostén para sus ovas.

La población de *C. carpio*, presenta una captura notablemente superior, y parece ser favorecida por las condiciones físico-químicas expuestas por el borde del tapón de macrófitas, además de contar con lugares de desove.

La presencia de un tapón de macrófitas en el embalse Tominé, genera modificaciones en los parámetros físico-químicos en el borde del tapón de macrófitas. Dichas modificaciones pueden llegar a ser factores de estrés fisiológico para las especies ícticas que habitan en sus alrededores, como *C. carpio*, *O. mykiss* y *G. bogotensis*, lo que puede llegar a influenciar de manera directa la estructura, abundancia y composición íctica en el sector del borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

El estado de salud de los individuos analizados presenta afecciones, que en gran medida son producto de factores biológicos o antropogénicos y falta de cuidado en el manejo de sustancias peligrosas que terminan siendo vertidas al medio.

De los métodos de colecta pasivos utilizados en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé, los trasmallos son los más eficientes. Las nasas a pesar de ser ampliamente utilizadas por los pescadores de la zona no son funcionales para la colecta de individuos en el borde del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

12. RECOMENDACIONES

Dado que esta es una de las pocas aproximaciones que existen en Colombia al estudio de los tapones de macrófitas en la zona andina, y un estudio pionero en el embalse Tominé, se puede plantear en parte su importancia en relación a la comunidad íctica de este embalse principalmente en cuanto a distribución. Sin embargo, es absolutamente relevante y conveniente realizar más muestreos, no solo en el área de confinamiento sino en el espejo de agua, para generar contrastes dentro del embalse y poder hacer conclusiones más contundentes sobre el estado de la comunidad íctica en general y no solo de los peces encontrados en la zona de borde de la macrófita.

Realizar bioensayos *in situ* y *ex situ* para establecer los factores que están influenciando las patologías encontradas en los individuos, además de microscopía electrónica para la obtención de resultados más certeros y claros.

Realizar faenas de pesca más extensas en duración, y buscando cubrir todos los puntos de muestreo de manera simultánea, lo que permitiría no solo obtener un mayor número de datos, además de poder establecer diferencias entre las diferentes condiciones que se presentan a lo largo del tapón de macrófitas del embalse Tominé.

En la medida que el tiempo y la condición del embalse lo permita, desarrollar colectas en los diferentes periodos hídricos que afectan la dinámica del embalse, pues estos factores también pueden estar afectando la distribución y abundancia de la comunidad íctica.

13. BIBLIOGRAFIA

Aloo, P. 2003. Biological diversity of the Yala Swamp lakes, with special emphasis on fish species composition, in relation to changes in the Lake Victoria Basin (Kenya): threats and conservation measures. *Biodiversity and Conservation* 12. 905–920 pp

Arias, P. (comp.), 1988 Artes y métodos de pesca en aguas continentales de América Latina. COPESCAL Doc. Ocas., (4):178 p.

Atencio, V., Kerguelen, E., Cura, E., Rosado, R. 2005. Regimen alimentario de siete especies ícticas en el embalse de la hidroeléctrica Urrá (Cordoba, Colombia). *Revista MVZ cordoba*. Vol 10 (2): 614-622.

Alvarado, H., Gutiérrez, F. 2002. Especies hidrobiológicas continentales introducidas y trasplantadas y su distribución en Colombia. Ministerio del medio ambiente. Impreso por unión grafica. 170pp.

Álvarez, R. 2007. Asociaciones y patologías en los peces dulceacuícolas, estuarinos y marinos de Colombia: Aguas libres y controladas. *Boletín científico - Centro de museos - Museo de historia natural* vol. 11: 81 – 129pp.

Awasthi, M., Das, D., Singh, R. 2006. Qualitative algal analysis from the fish-gut: Tested in the rice fish cropping system. *Qualitative al Int. J. Environ. Sci. Tech.* Vol. 3 (1): 89-94

Blanco, M., Bejarano, I. 2006. Alimentación y reproducción de las principales especies ícticas del rio Mesay durante el periodo de “aguas altas”. *Revista de Biología tropical*. Vol 54 (3): 853-859.

Brendonck, L., Maes, J., Rommens, J., Dekeza, N., Nhiwatiwa, T., Barson, M., Callebaut, V., Phiri, C., Moreau, K., Gratwicke, B., Stevens, M., Alyn, N., Holsters, E.,

Ollevier, F., Marshall, B. 2003. The impact of water hyacinth (*E. crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). II. Species diversity. *Arch. Hydrobiol.* 158 (3): 389–405

Burton, J. 2005. Water hyacinth *E. crassipes*. Agfact P7.6.43, third edition (www.dpi.nsw.gov.au)

Casallas, J., Gunkel, G. 2001. Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica* 20(2): 215-232

Castro, A., Forero, E., Guillot, G. 2004. Algunos aspectos bioecológicos de la Trucha Arcoiris. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 9: (2).

Catarino, F., Ferreira, T., Moreira, S. 1997. Preferences of Grass Carp for Macrophytes in Iberian Drainage Channels. *J. Aquat. Plant Manage.* 36: 79-83

Consortio planeación ecológica Ltda. – Ecoforest Ltda. 2006. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá (POMCA). CAR.

Colautti, D., Freyre, R. 2001. Crecimiento de la carpa (*C. carpio*) en la laguna de Lobos, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Ictiología* 9 (1/2): 5–11pp.

Drenner, R., Gallo, K., Edwards, C., Rieger, K. Dibble, E. 1997. Common Carp Affect Turbidity and Angler Catch Rates of Largemouth Bass in Ponds. *North American Journal of Fisheries Management.* 17:1010-1013pp.

Encina, L., Castaño, V., Garcia, B., Gil, M. 1999. Ecología trófica del barbo (*Barbus sclateri*) en cuatro embalses del Sur de España. *Limnetica* 17: 95-105.

Esteves, F. 1998. Fundamentos de limnología. Interciencia. Segunda edición. Rio de Janeiro. 602p.

Farri, T., Boroffice, R. 1999. An overview on the status and control of water hyacinth in Nigeria. In: "Proceedings of the first IOBC global working group meeting for the biological and integrated control of water hyacinth". Eds. Hill M.P. Julien M.H. & Center T.D. Weeds Research Division, ARC, South Africa. 18-24 pp.

Flajšhans, M., Hulata, G. 2007. Common carp - *C. carpio*. Genetic impact of aquaculture activities on native population. Genimpact final scientific report (EU contract n. RICA-CT-2005-022802). 176 p

Fresneda, A., Salazar, G., Diaz, F., Flening, L. 2001 Acuicultura rural de pequeña escala –ARPE- para el pequeño productor. INPA. 27pp.

Gill, T., Pant, J. 1984. Mercury-induced blood anomalies in the freshwater teleost. Water, air, and soil pollution. Vol 24. 165-171pp.

Gutiérrez, F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras: propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 156p.

Jhingran, R., Pullin, S. 1988. A hatchery manual for the common Chinese and Indian major carps. 2 ed. Manila: ICLARM. 191p.

Jones, R. 2001. Integrated Control of Water Hyacinth on the Nseleni/Mposa Rivers and Lake Nsezi, Kwa Zulu-Natal, South Africa. Center and ding jianqing ACIAR proceedings.

Juarez, R., Varsi, E. 1992. Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en America latina y el Caribe” — Aquila ii. FAO.

Kane, A., Baya, A., Reimschuessel, R., St Pé, K., Poukish, C., Driscoll, C. 1999. Field sampling and necropsy examination of fish. *Virginia journal of science*. Vol 50 (4): 345-363.

Kiersch, B., Mühleck, B., Gunkel, G. 2004. Las macrófitas de algunos lagos alto-andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. *Rev. Biol. Trop.* vol. 52 (4): 829-837

Killgore, K., Hoover, J. 2001. Effects of Hypoxia on Fish Assemblages in a Vegetated Waterbody. *J. Aquat. Plant Manage.* 39: 40-44

Maldonado, J., Ortega, A., Usma, O., Galvis, V., Villa, F., Vasquez, G., Prada, S., Ardila, R. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de investigación de recursos biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá, D.C. Colombia. 346 p.

Meerhoff, M., Rodríguez, L., Mazzeo, N. 2002. Potencialidades y limitaciones del uso de *E. crassipes* (Mart.) Solms en la restauración de lagos hipereutróficos subtropicales". En: Fernández A & G Chalar (eds.) *Agua en Iberoamérica: de la limnología a la gestión en Sudamérica* (pp 61-74). CYTED XVII, Buenos Aires

Meerhoff, M., Mazzeo, N., Moss, B., Rodríguez, L., 2003. The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquatic Ecology* 37: 377–391pp

Meerhoff, M., Mazzeo, N. 2004. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. *Ecosistemas revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. Año 13 No. 2.

Meerhoff, M. 2006. The structuring role of macrophytes on trophic dynamics in shallow lakes under a climate-warming scenario. PhD thesis. National Environmental Research Institute Ministry of the Environment . Denmark. 158p.

Miller, S., Crowl, A. 2006. Effects of common carp (*C. carpio*) on macrophytes and invertebrate communities in a shallow lake. *Freshwater Biology* 51. 85–94pp.

Miranda, G., Barrera, S. 2005. Riqueza y abundancia de peces en dos lagunas de los Andes tropicales. *Ecología en Bolivia*, 40(2): 41-52.

Mojica, J., Galvis, G., Arbelaez, F., Santos, M., Vejarano, S., Prieto, E., Arce, M., Sanchez, P., castellano, C., Gutierrez, A., Duque, S., Lobon, J., Granado, C. Peces de la cuenca del río Amazonas en Colombia: Regio de Leticia. *Biota Colombiana* 6 (2): 191-210pp.

Schmidt-Mumm, U. 1998. Vegetación acuática y palustre de la Sabana de Bogotá y plano del río Ubaté. *Ecología y taxonomía de la flora acuática y semiacuatica*. Tesis de postgrado Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 181 pp.

Navarrete, N., Aguilar, J., Gonzales, J., Fernandez, G. 2007. Espectro trófico y trama trófica de la ictiofauna del embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de Mexico. *Revista de zoología*. 18:1-12.

Plan de ordenamiento territorial para el municipio de Guatavita (POT). 2001.

Poveda, E., Poveda, A., Poveda, N., Poveda, A., Saida, M., Velasco, Z., Pinzón, J., Pereira, R. 2000. Plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) Sesquilé.

Ramirez, W., Rondon, I., Eslava, P. 2003. Efectos del Glifosato (GP) con énfasis en organismos acuáticos (Revisión de literatura). *Orinoquia* Vol. 7: (1-2). 70-100pp.

Rivera, C., Prada, S., Galindo, D., Maldonado, J. 2008. Effects of aquatic vegetation on the spatial distribution of *Grundulus bogotensis*, Humboldt 1821 (*Characiformes: Characidae*). *Caldasia* 30(1): 135-150.

Rojas, E., Gamboa, M., Villalobos, S., Cruzado, F. 2004. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvivoros nativos en San Martín, Perú. *Rev peru med exp salud publica* 21(1).

Rueda-Delgado, G., Rodriguez, M., Ruiz, E., Rodriguez, M. 2008. Estudios Limnológicos destinados al Monitoreo Ambiental y análisis del efecto sobre el medio acuático de la erradicación de buchón de agua en el embalse Tominé. CIAA departamento de ingeniería civil y ambiental. Universidad de los Andes. Informe técnico.

Rueda-Delgado, G., Rodriguez, M., Ruiz, E., Rodriguez, M. 2009. Estudios Limnológicos destinados al Monitoreo Ambiental y análisis del efecto sobre el medio acuático de la erradicación de buchón de agua en el embalse Tominé. CIAA Finalmento de ingeniería civil y ambiental. Universidad de los Andes. Informe técnico.

Saikia, K., Das, N. 2008. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus C. carpio* L.) in a rice–fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). *Aquat Ecol*. Springer.

Toft, J., Simenstad, C., Cordell, J., Grimaldo, L. 2003. The Effects of Introduced Water Hyacinth on Habitat Structure, Invertebrate Assemblages, and Fish Diets. *Estuaries* Vol. 26, No. 3, p. 746–758

Tovar, O., Contreras, L., Caldas, M., Rodríguez, D., Hurtado, H. 2008. Comparación histológica y morfométrica entre el ojo de *Eremophilus mutisii* (trichomycteridae) y el de *O. mykiss* (salmonidae). *Acta biol. colomb.*, vol. 13 (2): 73 – 88.

Trivinho, S., Strixino, G. 1995. Larvas de Chironomidos (Diptera) do estado de Sao Paulo – Guia de identificaion y diagnostico de generos-.Universidad federal de San Carlos. 227pp.

Valderrama, M. 2007. Análisis de estado, identificación de tensores ambientales y formulación de medidas de conservación para el capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805, en la laguna de Fúquene, Colombia. *Dahlia* (rev. asoc. Colomb. Ictiol.) 9: 93-101

Welcomme, R. 1980. Cuencas fluviales. *FAO, Doc, Téc.Pesca*, (202):62 p.

Winemiller, K., Jepsen, J. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*. 53: (Supplement A). 267–296pp.

Witeska, M. 2001. Changes in the common carp blood cell picture after acute exposure to cadmium. *Acta Zoologica Lituanica*. Volumen 11: (4). 366-371 pp.

14. Zhang, X., Xie, P., Li, D., Shi, Z. 2007. Hematological and plasma biochemical responses of crucian carp (*Carassius auratus*) to intraperitoneal injection of extracted microcystins with the possible mechanisms of anemia. *Toxicon* (49). 1150–1157 pp.

14. ANEXOS
ANEXO A. Imágenes de las especies colectadas.



Reino: Animalia

Filum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Grundulus*

Especie: *G. bogotensis*.



Reino: Animalia

Filum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *O. mykiss*



Reino: Animalia

Filum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Cyprinus*

Especie: *C. carpio*

ANEXO B. Parámetros fisicoquímicos.

| Muestreo | profundidad | pH | Oxígeno | Conductividad |
|----------|-------------|------|---------|---------------|
| 1 | 3.6 | 6.12 | 14.35* | 44.1 |
| 1 | 2.6 | 6.44 | 12.87* | 48.3 |
| 1 | 4 | 6.32 | 8.34 | - |
| 2 | 1.6 | 6.7 | 7.04 | 46 |
| 2 | 1.2 | 6.76 | 7.45 | 45.8 |
| 3 | 2.8 | 6.62 | 7.36 | - |
| 3 | 8.4 | 6.17 | 4.23 | 34.6 |
| 4 | 8.3 | 6.09 | 3.41 | 42.2 |
| 4 | 6.5 | 6.02 | 3.73 | 43.8 |
| 5 | - | 5.8 | 0.8* | 47.5 |
| 5 | 2.6 | 6.49 | 9.56 | 46 |

* Datos no considerados por probable error del medidor de oxígeno

ANEXO C. Datos brutos individuales colectados en el borde del tapón de macrófitas y medidas tomadas *in situ*.

| Fecha de colección 1 | | | | Nombre del colector | | | | | | |
|-------------------------|------|------|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|-------|---|
| Fuente de la muestra | | | | Sitio de localización | | Punto de colección | | | | |
| N° | Hora | T° | Condiciones atmosféricas | Nombre común | Arte utilizado | Long Total | Long Standard | Biomasa (Gr) | Otros | Observaciones que se consideren pertinentes |
| 1 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 36 | 29.5 | 600 | | |
| 2 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40 | 32 | 1000 | | |
| 3 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 38.5 | 31.5 | 1000 | | |
| 4 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40.5 | 33 | 750 | | |
| 5 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 35 | 28 | 650 | | |
| 6 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 35.5 | 30 | 750 | | |
| 7 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 47.5 | 39 | 1500 | | |
| 8 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Trucha | Trasmallo | 26 | 22 | 420 | | |
| 9 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 42 | 34 | 1000 | | |
| 10 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 46 | 36 | 1100 | | |
| 11 | 6 AM | 17.3 | Despejado | Trucha | Trasmallo | 40 | 36 | 820 | | |
| 12 | 6 AM | 16.9 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 39.5 | 33.5 | 900 | | |
| 13 | 6 AM | 16.9 | Despejado | Guapucha | Nasa | 6.25 | 5.75 | 240 | | |
| 14 | 6 AM | 16.9 | Despejado | Guapucha | Nasa | 6 | 5.5 | 225 | | |

| Fecha de colección 2 | | | | Nombre del colector | | | | | | |
|-------------------------|------|----|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|-------|---|
| Fuente de la muestra | | | | Sitio de localización | | Punto de colección | | | | |
| N° | Hora | T° | Condiciones atmosféricas | Nombre común | Arte utilizado | Long Total | Long Standard | Biomasa (Gr) | Otros | Observaciones que se consideren pertinentes |
| 1 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 41 | 34 | 1000 | | |
| 2 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 33 | 26 | 500 | | |
| 3 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 39 | 32 | 750 | | |
| 4 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 41.5 | 33.5 | 975 | | |
| 5 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 35 | 28 | 650 | | |
| 6 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 35.5 | 30 | 750 | | |
| 7 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 36 | 29.5 | 575 | | |
| 8 | 6 AM | | Lluvioso | Carpa | Trasmallo | 38 | 30 | 800 | | |

| Fecha de colección 3 | | | | Nombre del colector | | | | | | |
|-------------------------|------|------|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|-------|---|
| Fuente de la muestra | | | | Sitio de localización | | Punto de colección | | | | |
| N° | Hora | T° | Condiciones atmosféricas | Nombre común | Arte utilizado | Long Total | Long Standard | Biomasa (Gr) | Otros | Observaciones que se consideren pertinentes |
| 1 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 36 | 29.5 | 600 | | |
| 2 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40 | 32 | 1000 | | |
| 3 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 38.5 | 31.5 | 1000 | | |
| 4 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40.5 | 33 | 750 | | |
| 5 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 35 | 28 | 650 | | |
| 6 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 35.5 | 30 | 750 | | |
| 7 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 47.5 | 39 | 1500 | | |
| 8 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Trucha | Trasmallo | 26 | 22 | 220 | | |
| 9 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 42 | 34 | 1000 | | |
| 10 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 46 | 36 | 1100 | | |
| 11 | 6 AM | 17.3 | Despejado | Trucha | Trasmallo | 40 | 36 | 820 | | |
| 12 | 6 AM | 17.1 | Lluvia | Trucha | Trasmallo | 23 | 20 | 150 | | |
| 13 | 6 AM | 16.9 | Lluvia | Carpa | Trasmallo | 39.5 | 33.5 | 900 | | |

| Fecha de colección 4 | | | | Nombre del colector | | | | | | |
|-------------------------|------|------|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|-------|---|
| Fuente de la muestra | | | | Sitio de localización | | Punto de colección | | | | |
| N° | Hora | T° | Condiciones atmosféricas | Nombre común | Arte utilizado | Long Total | Long Standard | Biomasa (Gr) | Otros | Observaciones que se consideren pertinentes |
| 1 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40 | 32.5 | 750 | | |
| 2 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40.5 | 33.5 | 975 | | |
| 3 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40.5 | 33 | 790 | | |
| 4 | 6 AM | 18.5 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40 | 32 | 800 | | |
| 5 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 43 | 36 | 1000 | | |
| 6 | 6 AM | 18.3 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 40 | 33 | 890 | | |
| 7 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 37 | 31 | 690 | | |
| 8 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 37 | 29.5 | 600 | | |
| 9 | 6 AM | 17.8 | Despejado | Carpa | Trasmallo | 47 | 33 | 990 | | |

| Fecha de colección | | | | Nombre del colector | | | | | | |
|----------------------|------|----|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|-------|---|
| 5 | | | | | | | | | | |
| Fuente de la muestra | | | | Sitio de localización | | Punto de colección | | | | |
| N° | Hora | T° | Condiciones atmosféricas | Nombre común | Arte utilizado | Long Total | Long Standard | Biomasa (Gr) | Otros | Observaciones que se consideren pertinentes |
| 1 | 12 M | | Despejado | Carpa | Trasmallo | 42 | 35 | 1000 | | |
| 2 | 12 M | | Despejado | Carpa | Trasmallo | 41.5 | 33.5 | 975 | | |
| 3 | 12 M | | Despejado | Carpa | Trasmallo | 35.5 | 29 | 750 | | |
| 4 | 12 M | | Despejado | Carpa | Trasmallo | 38 | 30 | 800 | | |

ANEXO D. Clasificación de madurez gonadal utilizada en campo.

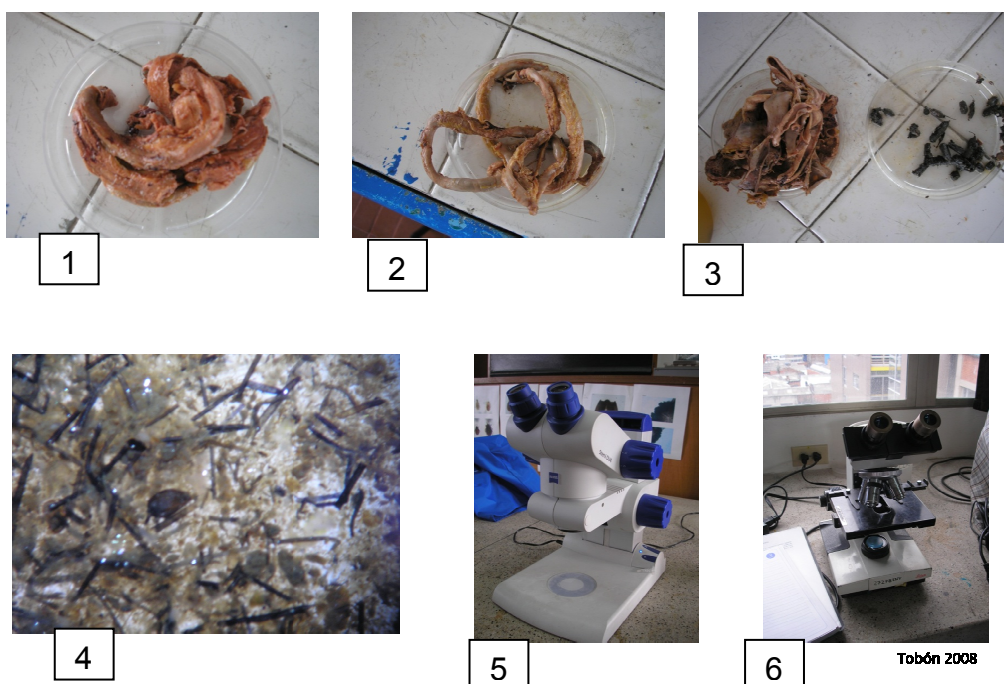
| Estado | Descripción |
|--------|---|
| 1 | Gónada inmadura, no se evidencia ningún desarrollo, gónada rosada, translúcida, con una longitud de un tercio de la longitud de la cavidad abdominal. |
| 2 | Madurando, gónadas cerca de un medio de la longitud de la cavidad abdominal, color rosado a amarillo. Testículos en forma de cordón ensanchan anteriormente. |
| 3 | Gónadas de mayor tamaño, con dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal. Color más intenso que en estado 1 y aspecto granular. |
| 4 | Gónadas maduras, ocupan casi toda la cavidad abdominal, huevos diferenciables a simple vista aunque no salen fácilmente al oprimir el vientre. Testículos color crema. |
| 5 | Gónadas maduras de gran tamaño, llenan totalmente la cavidad abdominal. Huevos grandes que salen fácil al oprimir el vientre, gónadas color crema y amarillo encendido. |
| 6 | Gónadas en reposo o recién ovaladas. De aspecto flácido, vacías, con algunos residuos de huevos opacos o esperma. |

Tomado y modificado de: Blanco, M., Bejarano, I. 2006. Alimentación y reproducción de las principales especies ícticas del río Mesay durante el periodo de “aguas altas”. Revista de Biología tropical. Vol 54 (3):853-859.

ANEXO E. Datos brutos de las gónadas analizadas.

| N° | Nombre común | Longitud total (cm) | Longitud estándar (cm) | Peso (Gr) | Sexo | Estadio Gonadal |
|-----------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|------------------------|
| 1 | Trucha | 23 | 20 | 150 | Hembra | I |
| 2 | Trucha | 26 | 22 | 420 | Hembra | V |
| 3 | Trucha | 26 | 22 | 220 | Hembra | I |
| 4 | Carpa | 35 | 28 | 650 | Hembra | V |
| 5 | Carpa | 35.5 | 29 | 750 | Hembra | V |
| 6 | Carpa | 36 | 29.5 | 600 | Hembra | V |
| 7 | Carpa | 36 | 29.5 | 623.2 | Hembra | V |
| 8 | Carpa | 38.5 | 31.5 | 1000 | Hembra | V |
| 9 | Carpa | 39.5 | 33.5 | 890 | Hembra | V |
| 10 | Carpa | 40 | 32 | 1000 | Hembra | V |
| 11 | Trucha | 40 | 36 | 820 | Hembra | V |
| 12 | Trucha | 40 | 36 | 830 | Hembra | V |
| 13 | Carpa | 40 | 32.5 | 750 | Macho | 0 |
| 14 | Carpa | 40 | 32 | 800 | Hembra | V |
| 15 | Carpa | 40.5 | 33 | 750 | Hembra | V |
| 16 | Carpa | 40.5 | 33 | 693.1 | Hembra | V |
| 17 | Carpa | 40.5 | 33.5 | 975 | Hembra | V |
| 18 | Carpa | 40.5 | 33 | 790 | Macho | 0 |
| 19 | Carpa | 41.5 | 33.5 | 975 | Hembra | V |
| 20 | Carpa | 42 | 34 | 1006.1 | Hembra | V |
| 21 | Carpa | 42 | 35 | 1000 | Hembra | V |
| 22 | Carpa | 43 | 36 | 1000 | Hembra | V |
| 23 | Carpa | 47.5 | 39 | 1500 | Hembra | V |

ANEXO F. Diagramación del análisis del contenido estomacal



Los estómagos analizados fueron: Limpiados (1, 2), disectados (3), y su contenido fue vertido en una caja de petri (3). Posteriormente se homogenizo (4) y observo al estereoscopio (5), obteniendo los elementos del contenido estomacal. También se obtuvo una alícuota de 2ml, que fue observada al microscopio (6), verificando y complementando los datos obtenidos del estereoscopio.

ANEXO G. Datos para la obtención de resultados de CPUE.

| Muestreo | Total individuos colectados | | | CPUE por paño |
|----------|--------------------------------|----------------|-------|---------------|
| | Individuos colectados (mallas) | Horas muestreo | CPUE | |
| 1 | 14 | 12 | 1.167 | 0.38 |
| 2 | 8 | 12 | 0.667 | 0.22 |
| 3 | 13 | 12 | 1.083 | 0.36 |
| 4 | 9 | 12 | 0.750 | 0.25 |
| 5 | 4 | 6 | 0.667 | 0.22 |

La CPUE total, corresponde al total de individuos colectados (48) sobre las horas empleadas para la colecta (54). Esto es equivalente a 0.88 individuos por cada hora de muestreo. Y a su vez equivale a 0.28 individuos por cada arte de pesca en cada hora de muestreo.

| Muestreo | <i>C. carpio</i> | | | CPUE por paño |
|----------|--------------------------------|----------------|-------|---------------|
| | Individuos colectados (mallas) | Horas muestreo | CPUE | |
| 1 | 10 | 12 | 0.833 | 0.27 |
| 2 | 8 | 12 | 0.667 | 0.22 |
| 3 | 10 | 12 | 0.833 | 0.27 |
| 4 | 9 | 12 | 0.750 | 0.25 |
| 5 | 4 | 6 | 0.667 | 0.22 |

La CPUE para *C. carpio*, corresponde al total de individuos colectados de esta especie (41), sobre el total de horas de muestreo (54). *Esto* es equivalente a 0.73 individuos de esta especie, colectados por cada hora de muestreo. A su vez equivale a 0.24 individuos colectados por cada arte de pesca en cada hora de muestreo.

| | <i>O. mykiss</i> | | | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------|
| Muestreo | Individuos colectados (mallas) | Horas muestreo | CPUE | CPUE por paño |
| 1 | 2 | 12 | 0.167 | 0.055 |
| 2 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | 12 | 0.250 | 0.083 |
| 4 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 0 |

La CPUE para *O. mykiss*, corresponde al total de individuos colectados de esta especie (5), sobre el total de horas de muestreo (54). Esto es equivalente a 0.09 individuos de esta especie, colectados por cada hora de muestreo. A su vez equivale a 0.03 individuos colectados por cada arte de pesca en cada hora de muestreo.

| | <i>G. bogotensis</i> | | | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------|
| Muestreo | Individuos colectados (mallas) | Horas muestreo | CPUE | CPUE por nasa |
| 1 | 2 | 12 | 0.167 | 0.167 |
| 2 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 0 |

La CPUE para *G. bogotensis*, corresponde al total de individuos colectados de esta especie (2), sobre el total de horas de muestreo (54). Esto es equivalente a 0.04 individuos de esta especie, colectados por cada hora de muestreo. A su vez equivale a 0.01 individuos colectados por cada arte de pesca en cada hora de muestreo.

ANEXO H. Diagnostico patologías Universidad Nacional de Colombia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA
LABORATORIO DE HISTOPATOLOGÍA

| | | |
|--|------------------------------------|------------------------|
| No. Clínico: N/R No. | No. Registro: 94010 | Fecha: 05-03-09 |
| Especie: <i>Cyprinus carpio</i> - Carpa común | Sexo: Hembra | Peso: 1000-1500 |
| Propietario: Fernando Tobón | Procedencia: Represa Tominé | |

MACROSCOPICAMENTE

Se recibieron 5 peces vivos aparentemente sanos

MICROSCOPICAMENTE

Branquias: Focos de leve hiperplasia del epitelio interlamelar y leve presencia de detritus celulares.

Corazón: Focos de leve activación de las células fagocíticas del endocardio con aumento del espacio subendocardico y moderada epicarditis con infiltrado de células mononucleares.

Riñón: Focos de centros melanomacrófagos (CMM) con fragmentos de material no identificado intra-extracelular (aspecto punteado) y pigmentos eosinofílicos. Leves focos de linfocitosis y de degeneración hialina.

Hígado: Moderada y extensa vacuolización fisiológica y evidencia de leucocitosis.

Bazo: Modera a severa y extensa depleción linfoide con leves focos de CMM (con el mismo contenido descrito en riñón). Focos de moderada a severa linfocitosis y hemólisis. Leve focos de microtrombosis.

Cerebro: Activación de macrófagos en la región subependimal con aparente edema. Aparente laxitud de regiones perivasculares cercanas a pedúnculo cerebelar y

fragmentación de fibras. Pigmentos amarillentos contenidos en macrófagos perivasculares y leve infiltrado mononuclear y polimorfonuclear en el ventrículo del lóbulo inferior.

Tracto gastrointestinal (TGI): Moderada a severa muerte celular con linfocitosis multifocal en epitelio y lámina propia y leve presencia de detritus celulares en la luz.

DIAGNÓSTICO

Las fragmentaciones de distintos tipos celulares: linfocitos y posiblemente glóbulos rojos, además de otras células no identificadas, así como los acúmulos de macrófagos en endocardio y cerebro, y la cantidad y el tipo de CMM, parecen sugerir un problema toxico subclínico. Se recomienda autorizar microscopia electrónica en muestras nuevas e intentar una mejor aproximación a posibles agentes etiológicos. Para corroborar los cambios que sugieren hemolisis se sugiere una tinción de hierro, tinción de Perls.

TINCION DE PERLS

Leve presencia de hemosiderina multifocal en bazo (en los CMM) e hígado (en sinusoides), lo que indica hemolisis en esas zonas.



ANEXO I. Algunos elementos encontrados en el contenido estomacal de los individuos analizados.

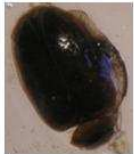
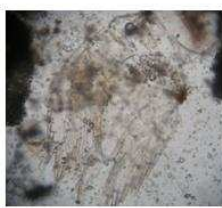
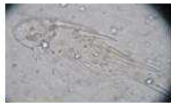


TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. JUSTIFICACION | 5 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 3.1. MACRÓFITAS COMO HÁBITAT PARA LA ICTIOFAUNA | 8 |
| 3.2. BIOLOGÍA Y DIETA DE LAS ESPECIES NATIVAS Y EXÓTICAS COLECTADAS | 9 |
| 3.2.1. GUAPUCHA | 9 |
| 3.2.2. TRUCHA | 10 |
| 3.2.3. CARPA | 11 |
| 3.3. PATOLOGÍAS EN ESPECIES ÍCTICAS | 12 |
| 4. ESTADO DEL ARTE | 13 |
| 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 6. OBJETIVOS | 19 |
| 6.1. OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 7. HIPÓTESIS | 20 |
| 8. METODOLOGÍA | 21 |
| 8.1. ÁREA DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ESTACIONES | 21 |
| 8.2. FASE DE CAMPO | 24 |
| 8.2.1. COLECTA DE LOS INDIVIDUOS: | 24 |
| 8.2.2. VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS <i>IN SITU</i> | 26 |
| 8.2.3. DETERMINACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | 27 |
| 8.2.4. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | 28 |
| 8.3. FASE LABORATORIO | 28 |
| 8.3.1. DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ DE LOS INDIVIDUOS | 28 |
| 8.3.2. DETERMINACIÓN BIOMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS | 29 |
| 8.3.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA POBLACIÓN | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 8.3.4. DETERMINACIÓN DE LOS CONTENIDOS ESTOMACALES EN LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | 30 |
| 8.4. FASE GABINETE | 32 |
| 8.4.1. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) | 32 |
| 8.4.2. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO) | 32 |
| 8.4.3. FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) | 33 |
| 8.4.4. ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) | 33 |
| | |
| 9. RESULTADOS | 35 |
| | |
| 9.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | 35 |
| 9.2. CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) | 35 |
| 9.3. ESPECIES COLECTADAS | 37 |
| 9.4. DETERMINACIÓN SEXUAL Y MADUREZ GONADAL | 37 |
| 9.5. ESTADO BIOMÉTRICO DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS | 38 |
| 9.5.1. TALLA | 38 |
| 9.5.2. PESOS | 39 |
| 9.6. CONTENIDO ESTOMACAL | 40 |
| 9.7. ESTADO DE SALUD DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS | 48 |
| | |
| 10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 50 |
| | |
| 10.1. CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS | 50 |
| 10.2. CAPTURAS POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) | 51 |
| 10.3. CONDICIONES DE LAS ESPECIES NATIVAS | 53 |
| 10.4. MADUREZ SEXUAL Y TALLAS REPRODUCTIVAS | 54 |
| 10.5. CONTENIDO ESTOMACAL | 55 |
| 10.6. EL TAPÓN DE MACRÓFITAS COMO GUARDERÍA | 58 |
| 10.7. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON LA COMUNIDAD ÍCTICA | 59 |
| 10.8. SALUD DE LA POBLACIÓN | 60 |
| | |
| 11. CONCLUSIONES | 63 |
| | |
| 12. RECOMENDACIONES | 65 |
| | |
| 13. BIBLIOGRAFIA | 66 |
| | |
| 14. ANEXOS | 73 |

LSITADO DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA EMBALSE TOMINÉ Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO (★). TOMADO Y MODIFICADO DE RUEDA-DELGADO *ET AL.* 2008. 24

FIGURA 2. ARTES DE PESCA UTILIZADAS: TRASMALLO COMPUESTO POR TRES PAÑOS. TOMADO Y MODIFICADO DE ARIAS (1988). LOS TRASMALLOS UTILIZADOS ESTABAN UNIDOS ENTRE SÍ. 25

FIGURA 3. ARTES DE PESCA UTILIZADAS: NASA PARA PESCA A NIVEL DE SUSTRATO. (TOBÓN. 2008). 26

FIGURA 4. EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. A. CONDUCTIVIMETRO (THERMORION 105). B. TEMPERATURA DEL AGUA Y PH (PH HANDYLAB 11). C. OXÍGENO (THERMORION 805) D. ECOSONDA (SPEEDTECH SM-5). (A, B, C. TOBÓN. 2008). (D. MODIFICADO DE SPEEDTECH). 27

FIGURA 5. ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. A. DINAMÓMETRO. B. ICTÍOMETRO. (TOBÓN. 2008) 27

FIGURA 6. PAQUETE GONADAL Y GÓNADAS EXTRAÍDAS DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. A. EXTRACCIÓN PAQUETE GONADAL DE CARPA. B. OVAS DE CARPA. C. EXTRACCIÓN PAQUETE GONADAL DE TRUCHA. D. OVAS DE TRUCHA. (TOBÓN. 2009) 29

FIGURA 7. PORCENTAJE DE APORTE DE INDIVIDUOS DE CADA ESPECIE POR CADA MUESTREO (1-5) REALIZADO EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. (COLOR AZUL REPRESENTA CARPA, VERDE GUAPUCHA Y ROJO TRUCHA). 36

FIGURA 8. RANGOS DE LONGITUD (CM) UTILIZADOS PARA ESTANDARIZAR LA MEDIDA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 39

FIGURA 9. RANGOS DE PESO (GR) UTILIZADOS PARA ESTANDARIZAR LA MEDIDA DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 39

FIGURA 10. PORCENTAJE DE APORTE DE CADA ELEMENTO EVIDENCIADO EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS DE *C. CARPIO* EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 42

FIGURA 11. PORCENTAJE DE APORTE DE CADA ELEMENTO CATEGORIZADO EL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS COLECTADOS DE *O. MYKISS* EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 44

FIGURA 12. NUMERO DE OCURRENCIAS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CADA ELEMENTO DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS DE *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 46

FIGURA 13. NUMERO DE OCURRENCIAS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CADA ELEMENTO DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS DE *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. LA ESCALA LOGARÍTMICA MUESTRA RESULTADOS ESTANDARIZADOS, PERMITIENDO OBSERVAR DE MANERA MÁS DETALLADA QUE LAS DOS ESPECIES NO TIENEN NINGÚN ELEMENTO EN COMÚN EN SUS CONTENIDOS ESTOMACALES. 47

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (TEMPERATURA DEL AGUA °C, OXÍGENO DISUELTTO (MG O₂/L)) SE ILUSTRAN VALORES MÍNIMOS MÁXIMOS Y PROMEDIO DE CADA PARÁMETRO OBTENIDOS *IN- SITU* (BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ). 35

TABLA 2. PORCENTAJE DE APORTE DE SEXOS (MACHOS/HEMBRAS) EN *C. CARPIO* Y *O. MYKISS*. PORCENTAJE DE INDIVIDUOS CLASIFICADOS POR ESTADIO DE MADUREZ GONADAL EN CARPA Y TRUCHA COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 38

TABLA 3. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO), FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) E ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) Y DE ÍTEMS PARA LOS INDIVIDUOS DE *C. CARPIO*, COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 41

TABLA 4. FRECUENCIA DE OCURRENCIA (FO), FRECUENCIA NUMÉRICA (FN) E ÍNDICE DE CATEGORIZACIÓN DE PRESAS (ICP) PARA LOS INDIVIDUOS DE *O. MYKISS*, COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ. 43

TABLA 5. OCURRENCIA DE LOS ELEMENTOS DEL CONTENIDO ESTOMACAL PARA *C. CARPIO* Y *O. MYKISS* COLECTADOS EN BORDE DEL TAPÓN MACRÓFITAS DEL EMBALSE TOMINÉ 45

LISTADO DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO A. IMÁGENES DE LAS ESPECIES COLECTADAS. | 73 |
| ANEXO B. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS. | 76 |
| ANEXO C. DATOS BRUTOS INDIVIDUOS COLECTADOS EN EL BORDE DEL TAPÓN DE MACRÓFITAS Y MEDIDAS TOMADAS <i>IN SITU</i> . | 77 |
| ANEXO D. CLASIFICACIÓN DE MADUREZ GONADAL UTILIZADA EN CAMPO. | 82 |
| ANEXO E. DATOS BRUTOS DE LAS GÓNADAS ANALIZADAS. | 83 |
| ANEXO F. DIAGRAMACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL | 84 |
| ANEXO G. DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE CPUE. | 85 |
| ANEXO H. DIAGNOSTICO PATOLOGÍAS UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. | 87 |
| ANEXO I. ALGUNOS ELEMENTOS ENCONTRADOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS. | 89 |