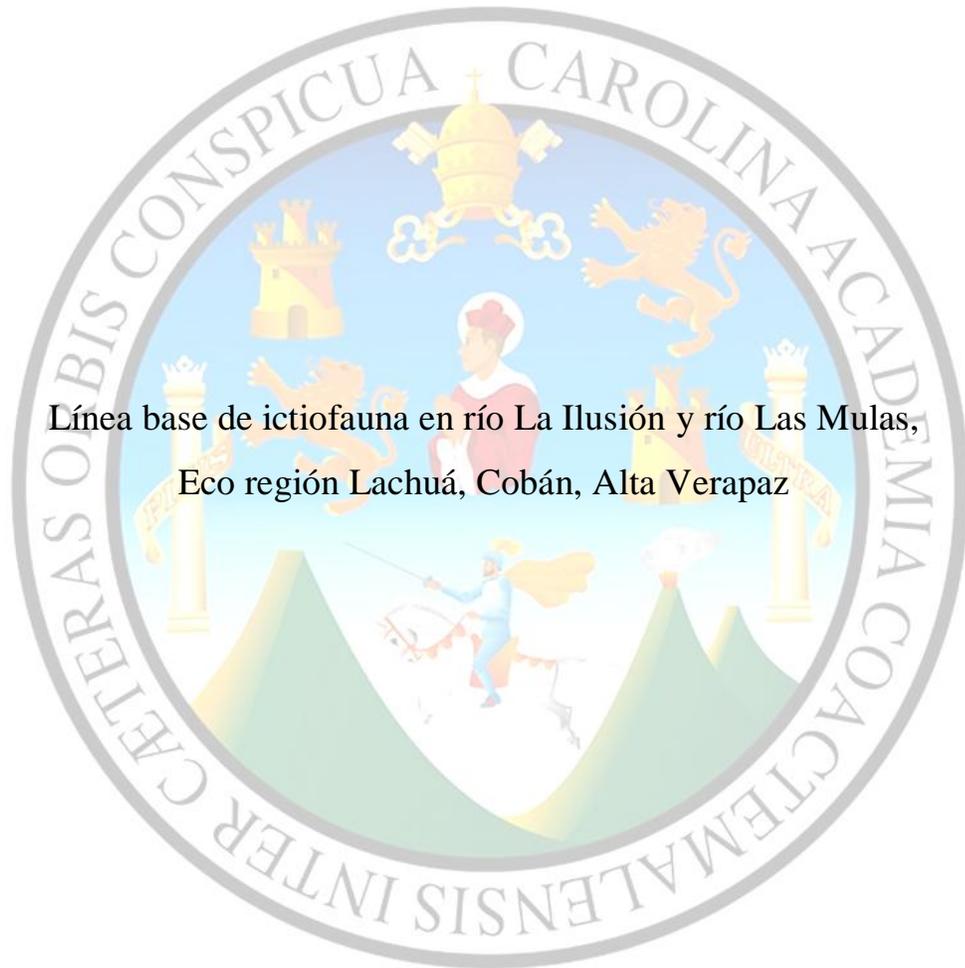


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



Línea base de ictiofauna en río La Ilusión y río Las Mulas,
Eco región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz

Presentado por:

T.A. SOFÍA DEL CARMEN MORALES NAVARRO

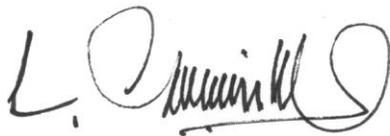
Para otorgarle el título de:

LICENCIADA EN ACUICULTURA

Guatemala, abril de 2015

El M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **T.A. Sofía del Carmen Morales Navarro** titulado **“LÍNEA BASE DE ICTIOFAUNA EN RÍO LA ILUSIÓN Y RÍO LAS MULAS, ECO REGIÓN LACHUÁ, COBÁN, ALTA VERAPAZ”** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
DIRECTOR

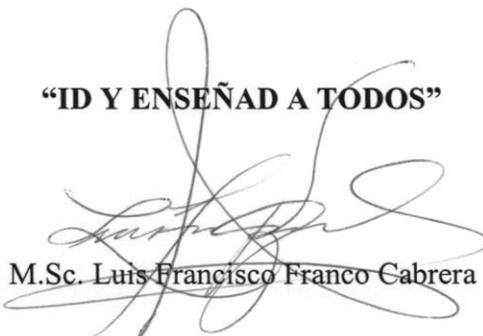


Guatemala, abril 2015

/magda

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen del asesor Lic. Manuel de Jesús Ixquiac Cabrera y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación de la estudiante universitaria, **Sofía del Carmen Morales Navarro**, titulado “LINEA BASE DE ICTIOFAUNA EN RÍO LA ILUSIÓN Y RÍO LAS MULAS, ECO REGIÓN LACHUÁ, COBÁN, ALTA VERAPAZ” da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

Guatemala, abril del 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente	M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Coordinador Académico	M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera
Representante Docente	MA. Olga Marina Sánchez Cardona
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	M.Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representante Estudiantil	T.A. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Representante Estudiantil	P.F. María José Mendoza Arzu

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-.

A la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Al Instituto Nacional de Bosques -INAB-.

A la administración y demás personal del Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL-.

ACTO QUE DEDICO

A Dios y a la Virgen María.

A mis padres, hermanas y sobrinos.

A toda mi familia.

A mis amigos, amigas, compañeros, compañeras de vida y de estudio.

A mis amigos del Parque Nacional Laguna Lachuá.

A mis asesores de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

El Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL- se encuentra ubicado dentro de la Eco región Lachuá en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Esta región es atravesada por la carretera Franja Transversal del Norte -FTN-, la cual se encuentra en proceso de ampliación y asfaltado. Reconocido como Humedal Ramsar en el año 2006, el PNLL presenta una variedad de humedales que incluyen ecosistemas acuáticos y planicies inundables, en donde la laguna Lachuá es el cuerpo principal de agua (UICN, 2007). Algunas de estas corrientes son interrumpidas por la carretera FTN y se considera que dicha infraestructura puede llegar a tener impacto negativo en la conectividad de varios sistemas, incluido el hídrico. Ante esto, es necesario que dichos sistemas sean monitoreados previa y posteriormente a la ampliación y asfaltado de la misma.

En la presente investigación se trabajaron los ríos permanentes La Ilusión y Las Mulas, que se encuentran en contacto con la carretera FTN, con el objetivo principal de generar una línea base ictiológica, de parámetros físico-químicos y características ambientales de ambos. Para esto se buscó documentar dicha información y estructurar una base de datos, determinando finalmente la diversidad y abundancia relativa de las especies encontradas. Para la selección de los ríos y los puntos de muestreo, se llevaron a cabo pre muestreos en el mes de marzo y abril de 2013. La captura de organismos se realizó utilizando tres tipos de artes de pesca (trasmallo, nasas y redes de cuchara), la lectura de parámetros físico-químicos *in situ* y *ex situ* se llevó a cabo utilizando una sonda multiparamétrica y un espectrofotómetro; finalmente las condiciones ambientales se anotaron en boletas de campo.

Con todos los datos documentados, se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo, la cual se empleó para relacionar y analizar todas las variables.

Como resultado de los muestreos se lograron determinar 15 especies de peces en ambos ríos, siendo las familias Cichlidae y Poeciliidae las presentes con mayor número. Los parámetros físico-químicos reportados presentan cambios en sus valores dependiendo por una parte de la presencia o ausencia de lluvia durante los meses de muestreo, y por otra, al igual que las condiciones ambientales, la ubicación de los puntos de muestreo.

ABSTRACT

The Laguna Lachuá National Park -LLNP- is located in the municipality of Cobán, Department of Alta Verapaz, Guatemala, within the Eco region Lachuá. This region is crossed by the Northern Transversal Strip highway –FTN¹- which is currently in the process of expansion and asphaltting.

Recognized as a Ramsar Wetland in 2006, the LLNP presents a variety of wetlands including aquatic ecosystems and floodplains, being the Lachuá lagoon the main water body (IUCN, 2007). Some of these streams are interrupted by the FTN highway and it is considered that this infrastructure can cause a negative impact on the connectivity of multiple systems, including the hydric one, and therefore must be monitored.

The present investigation was based on the activities developed in the permanent rivers of La Ilusión and Las Mulas, which are in contact with the FTN highway.

The main objective of these activities was to generate an accurate data base, with physical and chemical parameters and with environmental characteristics for both rivers that could allow the determination of the diversity and relative abundance of the species found in them. In order to determine and choose the rivers and points of sampling, rounds of pre sampling were performed between March and April, 2013. The capture of organisms during the investigation was performed using three fishing-tackles, taking *in situ* and *ex situ* readings of physical and chemical parameters along with the record of the environmental conditions. Using all data field documented, a database was created using a spreadsheet, which was used to relate and analyze all variables.

As a result of the sampling, 15 fish species were identified in both rivers, being the Cichlidae and Poecilidae family the ones that presented larger quantity of members. The reported physical and chemical parameters present different changes in their concentrations due to the presence or absence of rain during the months when the sampling rounds were performed and the location of the sampling points which also had implications on the environmental conditions.

¹ Acronym in Spanish: Franja Transversal del Norte

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Marco referencial	2
2.2 Marco conceptual	2
2.2.1 Hidrografía de la Eco región Lachuá	2
2.2.2 Diversidad y abundancia	3
2.2.3 Parámetros físico-químicos del agua	4
2.2.4 Ictiofauna de la laguna Lachuá	5
2.2.5 Proyecto vial de la carretera FTN	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos específicos	9
4. HIPÓTESIS	10
5. METODOLOGÍA	11
5.1 Ubicación geográfica	11
5.2 Variables	12
5.2.1 Variables independientes	12
5.2.2 Variables dependientes	12
5.3 Diseño	12
5.3.1 Selección de muestra	13
5.3.2 Pre muestreo y muestreo	13
5.3.3 Diseño estadístico	14
5.4 Procedimiento	15
5.4.1 Muestreo de ictiofauna y parámetros físico-químicos	15
5.4.2 Determinación de diversidad y abundancia relativa	17
5.4.3 Análisis de la hipótesis de investigación	17

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
6.1 Monitoreo de ictiofauna y parámetro físico-químicos	18
6.1.1 Ictiofauna	18
6.1.2 Parámetros físico-químicos	20
6.1.3 Condiciones ambientales	29
6.2 Diversidad y abundancia relativa	31
6.3 Análisis de la hipótesis de investigación	38
6.3.1 Regresión lineal múltiple: diversidad y abundancia relativa	38
6.3.2 Correlaciones: parámetros físico-químicos, diversidad y abundancia relativa	40
6.3.3 Condiciones ambientales, diversidad y abundancia relativa	44
7. CONCLUSIONES	52
8. RECOMENDACIONES	53
9. BIBLIOGRAFÍA	54
10. ANEXO	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.1. Mapa de Eco región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	11
Figura No.2. Valores máximos y mínimos de temperatura °C en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	20
Figura No.3. Valores máximos y mínimos de pH en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	21
Figura No.4. Valores máximos y mínimos de oxígeno disuelto mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	22
Figura No.5. Valores máximos y mínimos de conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$ en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	23
Figura No.6. Valores máximos y mínimos de nitratos mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	24
Figura No.7. Valores máximos y mínimos de fosfatos mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur).	25
Figura No.8. Valores promedio de parámetros físico-químicos.	27
Figura No.9. Abundancia relativa de peces en río La Ilusión durante mayo.	32
Figura No.10. Abundancia relativa de peces en río La Ilusión durante agosto.	33
Figura No.11. Composición de especies de peces en río La Ilusión durante mayo.	34
Figura No.12. Composición de especies de peces en río La Ilusión durante agosto.	35
Figura No.13. Abundancia relativa de peces en río Las Mulas durante mayo.	36
Figura No.14. Abundancia relativa de peces en río Las Mulas durante agosto.	37
Figura No.15. Composición de especies de peces en río Las Mulas durante mayo.	36
Figura No.16. Composición de especies de peces en río Las Mulas durante agosto.	38
Figura No.17. Correlación entre índice de Shannon-Wiener y parámetros físico-químicos.	41
Figura No.18. Correlación entre índice de Shannon-Wiener y parámetros físico-	43

químicos

Figura No.19. Diversidad de ictiofauna según tipo de vegetación.	44
Figura No.20. Abundancia relativa de ictiofauna según tipo de vegetación.	45
Figura No.21. Especies reportadas para mayo en bosque.	46
Figura No.22. Especies reportadas para agosto en bosque.	46
Figura No.23. Especies reportadas para mayo en guamil.	47
Figura No.24. Especies reportadas para agosto en guamil.	48
Figura No.25. Especies reportadas para mayo en guamil-plantas acuáticas.	48
Figura No.26. Especies reportadas para agosto en guamil-plantas acuáticas.	49
Figura No.27. Diversidad de ictiofauna según tipo de fondo.	50
Figura No.28. Abundancia relativa de ictiofauna según el tipo de fondo.	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.1. Coordenadas de los puntos de muestreo en los ríos La Ilusión y Las Mulas.	13
Cuadro No.2. Especies de peces registradas durante mayo y agosto de 2013 en los ríos La Ilusión y Las Mulas, Eco región Lachuá.	19
Cuadro No.3. Resultados de ANOVA anidado para parámetros físico-químicos.	28
Cuadro No.4. Resultado de índices para el mes de mayo utilizando el programa PAST.	31
Cuadro No.5. Resultado de índices para el mes de agosto utilizando el programa PAST.	32
Cuadro No.6. Resumen de resultados de regresión lineal múltiple para diversidad.	39
Cuadro No.7. Resumen de resultados de regresión lineal múltiple para abundancia relativa.	40
Cuadro No.8. Nomenclatura para tipo de fondos.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.1. Listado sistemático de las especies de peces reportadas en la laguna Lachuá 2012.	6
--	---

1. INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL-, ubicado en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, está localizado entre los ríos Chixoy e Icbolay y las montañas de La Sultana, dentro de la Eco región Lachuá. Esta región es atravesada por la carretera Franja Transversal del Norte -FTN- que actualmente se encuentra en proceso de ampliación y asfaltado. Se reconoce que en algunas partes dentro de esta, existen zonas como el PNLL, que contienen alta biodiversidad, constituyéndose en espacios importantes para albergar migraciones de aves, peces, entre otras especies (CONAP-INAB, 2004; SEGEPLAN, 2011). Cabe mencionar que dicho arco húmedo se localiza dentro de la cuenca del río Usumacinta, la cual es considerada una de las de mayor endemismo ictiológico en la región mesoamericana (Christensen y Granados, 2002).

Reconocido como Humedal Ramsar en el año 2006, el PNLL presenta gran variedad de humedales que incluyen ecosistemas acuáticos y planicies inundables, presentando la laguna como cuerpo de agua principal. La red hídrica ubicada de la Eco región Lachuá está conformada por diversas corrientes de agua permanentes e intermitentes que surgen y desaparecen en sumideros característicos del relieve Kárstico de la región (UICN, 2007). Algunas de estas corrientes, son interrumpidas por dicha carretera que atraviesa la Eco región Lachuá. Se considera que esta infraestructura puede llegar a tener impacto negativo en la conectividad de varios sistemas, incluyendo el hídrico, y por lo tanto debe ser monitoreada.

Con el fin de analizar y comprobar en un futuro algún impacto causado sobre la conectividad y el estado del sistema acuático muestreado, el objetivo principal de la presente investigación fue generar una línea base sobre el estado de la ictiofauna, parámetros físico-químicos y condiciones ambientales, previo al asfaltado y ampliación de la carretera FTN. Para esto se documentó dicha información proveniente de los muestreos de campo en tramos de los ríos La Ilusión y Las Mulas, estructurando una base de datos con la que se generaron los indicadores de diversidad y abundancia, que se relacionaron y analizaron con el resto de variables (parámetros físico-químicos y condiciones ambientales).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencial

En Guatemala se han realizado una serie de investigaciones sobre la ictiofauna de cuerpos de agua y algunos parámetros físico-químicos, algunos de ellos realizados dentro de Áreas Protegidas. Ejemplo de lo anterior es el informe de Barrientos (1999) "Caracterización de la ictiofauna con importancia alimenticia de los Ríos San Pedro y Sacluc, en el área de influencia de la Estación Biológica "Las Guacamayas", Departamento de El Petén, Guatemala", en el cual se elaboró un listado de especies de peces del área, detectando aquellos de importancia para las comunidades aledañas de la zona, comparando la composición de especies con otras regiones de la cuenca Usumacinta-Grijalva.

En cuanto a los estudios ictiológicos llevados a cabo dentro de la laguna Lachuá, Molina (2000) determinó nueve especies de peces que habitan en el cuerpo de agua. Posteriormente, Granados(2001) reportó 35 especies pertenecientes a 14 familias y presentó los factores ecológicos que podrían afectar su distribución. En base a esta última investigación Granados-Dieseldorff *et al* (2012), actualizaron el listado sistemático de las especies encontradas, mencionando una especie más.

Según Estrada (2012) de las 36 especies de peces reportadas para la laguna, dos se encuentran dentro del listado de peces amenazados de categoría 3 para CONAP. Esta categoría incluye las especies que si bien en la actualidad no se encuentran en peligro de extinción, podrían llegar a estarlo si no se regula su aprovechamiento. Estos son el pez blanco (*Petenias splendida*) y sábalo (*Megalops atlanticus*).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Hidrografía de la Eco región Lachuá

La Eco región Lachuá se encuentra hidrográficamente en el sistema de cuencas aguas del río Usumacinta-Grijalva que desemboca en el Golfo de México, como parte del drenaje Lachuá-Iccholay-Chixoy-Salinas-Usumacinta (Granados, 2001). El área protegida contiene una variedad de humedales, los cuales incluyen ecosistemas acuáticos y planicies inundadas.

Contiene como cuerpo principal de agua la Laguna Lachuá, su lecho es kárstico con alto contenido de azufre y altas concentraciones de sales de calcio. El afluente superficial que abastece la laguna es el río Peyán y temporalmente por el río Escondido. La laguna drena hacia el río Chixoy por el río Lachuá y río El Altar, ambos afluentes del río Icbolay. Todo el sistema pertenece a tres subcuencas: la del Río Chixoy, del Icbolay e Ixloc. Estas se conforman por 14 microcuencas en la región (CONAP-INAB, 2004).

2.2.2 Diversidad y abundancia

La diversidad específica es una propiedad emergente de las comunidades biológicas que se relaciona con la variedad dentro de ellas. Este atributo es la expresión de dos componentes, el primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad y es denominado “riqueza de especies”. El segundo componente es la “equitabilidad”, que describe cómo se distribuye la abundancia (el número de individuos, biomasa, cobertura, etc. por alguna unidad determinada, como área o tiempo) entre las especies que integran la comunidad (Shannon y Weaver, 1949).

La diversidad es una variable nominal, las categorías son las especies y por lo tanto el único valor de tendencia central que puede obtenerse es la moda (en este caso la especie más abundante), siendo imposible calcular un promedio o una mediana. Numerosos índices han sido propuestos para caracterizar la riqueza de especies y la equitabilidad, denominados índices de riqueza e índices de equitabilidad, respectivamente. Los índices que combinan tanto la riqueza de especies como la equitabilidad en un solo valor se denominan índices de diversidad (Shannon y Weaver, 1949).

- Índice de diversidad Shannon-Wiener H'

Este índice se basa en la teoría de la información, el cual mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son p_1, \dots, p_S , este mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar, provenientes de una comunidad extensa de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una

muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, $H' = 0$ cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa. Este índice es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades (Shannon y Weaver, 1949). Normalmente la diversidad de Shannon-Wiener toma valores entre 1 y 4.5, en donde los valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos" (Golicher, 2008).

- Paleontological Statistics -PAST-

PAST es un paquete estadístico digital que presenta una gran variedad de funciones de análisis de datos científicos, con funciones de manipulación de datos, estadísticas univariantes y multivariantes, análisis ecológico de series de tiempo y análisis espacial, morfometría y estratigrafía (Hammer y Ryan, 2003). Dentro de estos se incluye la serie de análisis de diversidad, como el índice de Shannon-Wiener.

2.2.3 Parámetros físico-químicos del agua

Las propiedades físico-químicas del agua le proporcionan características que le otorgan la capacidad para que se desarrolle vida en ella. La variación en su calidad puede ser causada tanto por efectos naturales como por efectos antropológicos, como actividades industriales, agropecuarias, domésticas, entre otras. Algunos de los parámetros físico-químicos del agua de importancia para el desarrollo de la vida dentro de ella, son los siguientes:

- pH: describe la concentración de iones H^+ y puede utilizarse como controlador de acidez o alcalinidad excesiva. Valores extremos de pH pueden causar la muerte rápida de los peces, alteraciones drásticas en la flora y la fauna, y reacciones peligrosas, secundarias (cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados). El pH debe mantenerse dentro de un rango "normal" para la vida biológica entre 6.5-8.0 (Aguilar, 2007).
- Temperatura ($^{\circ}C$): la temperatura de los cuerpos de agua en una región puede variar de acuerdo a la cobertura vegetal que presenten las márgenes, porque esta cobertura puede obstaculizar la llegada de los rayos solares (García, 2010). Su importancia radica en que

afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua o bien el aumento de la temperatura disminuye la solubilidad de los gases y aumenta, en general, la de las sales. Además, esta acelera la putrefacción (Aguilar, 2007).

- Oxígeno disuelto (mg/L): es la medida que indica la cantidad de oxígeno de la atmósfera que se ha difundido en el agua. El OD es un parámetro importante en los cuerpos de agua, ya que es necesario para la respiración de la fauna y flora acuática, por lo que puede ser limitante para el desarrollo de la vida acuática. Este parámetro también influye en otros procesos para la descomposición de la materia orgánica (García, 2010).
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$): se refiere a la capacidad del agua a conducir una corriente eléctrica por la cantidad de sales disueltas en el agua. La importancia de su estudio radica en que grandes concentraciones de sales en el agua son perjudiciales para la producción y la vida de las plantas (Aguilar, 2007).
- Nitrógeno (mg/L): es un nutriente abundante y elemental en el crecimiento de las plantas. En la atmósfera y cuerpos de agua se encuentra como: amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno inorgánico, siendo el nitrato el más estable y abundante (García, 2010). Las fuentes potenciales de nitrógeno en las aguas son tres: a) nitrógeno orgánico del suelo b) fertilizantes orgánicos e inorgánicos y c) los desechos de origen animal y doméstico (Aguilar, 2007).
- Fósforo (mg/L): es el nutriente que se califica como limitante en el crecimiento y reproducción de los organismos, debido a que en la naturaleza se le encuentra en bajas concentraciones. Sin embargo en la actualidad los cuerpos de agua se enriquecen con este nutriente por la incorporación de jabones, detergentes y fertilizantes, ya que estos presentan del 12 al 13% de fósforo en sus formulaciones. La importancia de la concentración de fósforo y nitrógeno en un cuerpo de agua, es que se utiliza para definir el estado trófico del mismo (García, 2010).

2.2.4 Ictiofauna de la laguna Lachuá

Según Granados (2001) ninguna de las especies de peces presentes, es exclusiva de la laguna Lachuá (Tabla No.1). Todas han sido reportadas presentes en la Cuenca del Usumacinta y la mayoría de ellas se distribuye en la región central de la provincia íctica a la que pertenecen

(Provincia Usumacinta); especies como *Petenia splendida*, *Thorichthys meeki*, *Potamurus nelsoni*, *Batrachoides goldmani*, entre otras, son endémicas de la provincia. Los cíclidos y poecílidos constituyen el 54% de la ictiofauna de Lachuá, siendo característicos de la riqueza y diversidad de especies de la misma.

Es importante destacar que la presencia de especies exóticas introducidas a la laguna representa una amenaza eminente a la ictiofauna nativa de la laguna. Algunas especies exóticas como *Atractosteus tropicus* (machorra), *Arius similis* (Bagre), *Centropomus undecimalis* (robalo), *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora), *Oreocromis sp* (tilapia), y especies de la familia Loricariidae (pez diablo), han sido reportadas por guarda recursos, pobladores del área y en investigaciones no publicadas.

Tabla No.1. Listado sistemático de las especies de peces reportadas en la laguna Lachuá 2012.

CLASE ACTINOPTERYGII	
1. Orden Elopiformes	8. Orden Beloniformes
1.1 Familia Megalopidae	8.1 Familia Belonidae
1.1.1 <i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes, 1847).	8.1.1 <i>Strongylura hubbsi</i> (Collette, 1974).
2. Orden Clupeiformes	8.2. Familia Hemiramphidae
2.1 Familia Clupeidae	Subfamily Hemiramphinae
2.1.1 <i>Dorosoma anale</i> (Meek, 1904).	8.2.1 <i>Hyporhamphus mexicanus</i> (Álvarez, 1959).
2.1.2 <i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867).	9. Orden Synbranchiformes
3. Orden Characiformes	9.1 Familia Synbranchidae
3.1 Familia Characidae	9.1.1 <i>Ophisternon aenigmaticum</i> (Rosen and Greenwood, 1976).
Astyanax clade	10. Orden Perciformes
3.1.1 <i>Astyanax aeneus</i> (Günther, 1860).	10.1 Familia Gerreidae
Hemigrammus clade	10.1.1 <i>Eugerres mexicanus</i> (Steindachner, 1863).

3.1.2 <i>Hyphessobrycon compressus</i> (Meek, 1904).	10.2 Familia Cichlidae
3.2 Familia Bryconidae	Subfamilia Cichlinae
Subfamilia Bryconinae	10.2.1 <i>Amphilophus robertsoni</i> (Regan, 1905).
3.2.1 <i>Brycon guatemalensis</i> (Regan, 1908).	10.2.2 <i>Cichlasoma salvini</i> (Günther, 1862).
4. Orden Siluriformes	10.2.3 <i>Paraneetroplus argenteus</i> (Allgayer, 1991).
4.1 Familia Ariidae	10.2.4 <i>Paraneetroplus bifasciatus</i> (Steindachner, 1864).
4.1.1 <i>Ariopsis assimilis</i> (Günther, 1864).	10.2.5 <i>Paraneetroplus synspilus</i> (Hubbs, 1935).
4.1.2 <i>Potamarius nelson</i> (Evermann and Goldsborough, 1902).	10.2.6 <i>Petenia splendida</i> (Günther, 1862).
4.2 Familia Heptapteridae	10.2.7 <i>Theraps heterospilus</i> (Hubbs, 1936).
4.2.1 <i>Rhamdia quelen</i> (Quoy and Gaimard, 1824).	10.2.9 <i>Theraps intermedius</i> (Günther, 1862).
5. Orden Batrachoidiformes	10.2.10 <i>Theraps lentiginosus</i> (Steindachner, 1864).
5.1 Familia Batrachoididae	10.2.11 <i>Theraps pearsei</i> (Hubbs, 1936).
Subfamilia Batrachoidinae	10.2.12 <i>Thorichthys aureus</i> (Günther, 1862).
5.1.1 <i>Batrachoides goldmani</i> (Evermann and Goldsborough, 1902).	10.2.13 <i>Thorichthys friedrichsthalii</i> (Heckel, 1840).
6. Orden Atheriniformes	10.2.14 <i>Thorichthys helleri</i> (Steindachner, 1864).
6.1 Familia Atherinopsidae	10.2.15 <i>Thorichthys meeki</i> (Brind, 1918).
Subfamilia Menidiinae	10.2.16 <i>Thorichthys pasionis</i> (Rivas, 1962).
6.1.1 <i>Atherinella schultzi</i> (Álvarez and Carranza, 1952).	10.3 Familia Eleotridae
7. Orden Cyprinodontiformes	Subfamilia Eleotrinae

7.1 Familia Poeciliidae	10.3.1 <i>Gobiomorus dormitory</i> (Lacepède, 1800).
Subfamilia Poeciinae	
7.1.1 <i>Gambusia yucatanana</i> (Regan, 1914).	
7.1.2 <i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel, 1848).	
7.1.3 <i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner, 1863).	
7.1.4 <i>Xiphophorus hellerii</i> (Heckel, 1848).	

Fuente: Granados-Dieseldorff *et al.*, 2012.

2.2.5 Proyecto vial de la carretera FTN

En el año 2009 el Gobierno de Guatemala aprobó el proyecto vial de la carretera FTN (Decreto 22-2009), que consiste en la ampliación y asfaltado del tramo carretero que conecta en forma transversal desde el departamento de Izabal hasta Huehuetenango. El proyecto vial pasa por zonas vulnerables desde el punto de vista social y ambiental, siendo ejemplo de esto el área protegida PNLL que ha sido objeto de discusión del proyecto vial. Desde el punto de vista ambiental, una gran parte de la carretera FTN atraviesa las tierras bajas del norte de Guatemala, las cuales se caracterizan por tener suelos frágiles de origen kárstico y con mediano potencial agrícola. Una gran parte de la región presenta características de clima y vegetación sub tropical y muy húmedo lo que aporta un potencial en biodiversidad y actividades eco turísticas (SEGEPLAN, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Generar una línea de base ictiológica en río La Ilusión y río Las Mulas, ubicados en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Amortiguamiento, Eco región Lachuá.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Documentar la composición de la ictiofauna, datos de parámetros físico-químicos y características ambientales de los ríos La Ilusión y Las Mulas en tramos de la carretera Franja Transversal del Norte.

- 3.2.2 Determinar la diversidad y abundancia relativa de las especies encontradas en cada río muestreado.

4. HIPÓTESIS

La diversidad y abundancia de la ictiofauna en los ríos La Ilusión y Las Mulas, son función de las condiciones ambientales y parámetros físico-químicos del agua en cada punto de muestreo.

5. METODOLOGÍA

5.1 Ubicación geográfica

El Parque Nacional Laguna Lachuá está ubicado dentro de la Eco región Lachuá, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, Guatemala (Figura No.1); las coordenadas geográficas donde se encuentra son 15° 46' Latitud Norte y 90° 45' Longitud oeste. Localizado entre los ríos Chixoy e Icbolay (límites norte, oeste y este) y las montañas de La Sultana (límite sur) (CONAP-INAB, 2004).

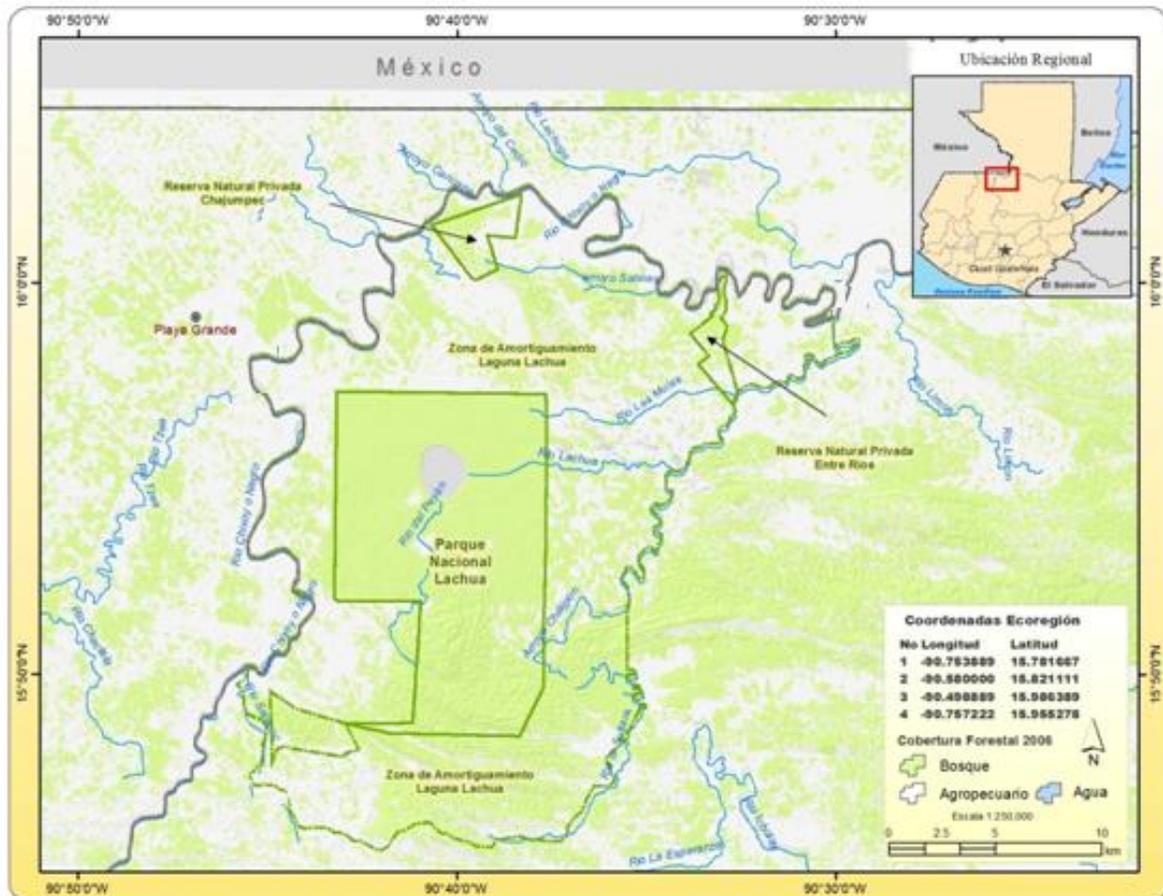


Figura No.1. Mapa de Eco región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala (PIMEL-EB, 2007).

La presente investigación estuvo enfocada en trabajar puntos dentro de la Eco región Lachuá, específicamente los que están en contacto con la carretera FTN, en la zona de protección, zona de recuperación, y su zona de amortiguamiento.

5.2 Variables

5.2.1 Variables independientes

Parámetros físico-químicos:

- Temperatura °C
- pH
- Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto mg/L
- Nitratos mg/L
- Fosfatos mg/L
- Amonio mg/L
- Turbidez UTN
- Profundidad m
- Características ambientales (vegetación, fondo y profundidad)

5.2.2 Variables dependientes

Diversidad (índice de Shannon-Wiener) y abundancia relativa (No. organismos/tramo muestreado).

5.3 Diseño

El siguiente diseño se basó en los informes de tesis de Barrientos (1999), Granados (2001) y García (2010). Con las variaciones necesarias, se seleccionaron dichas investigaciones a modo de trabajar metodologías que se han generado para el muestreo de ictiofauna y parámetros físico-químicos en ríos.

5.3.1 Selección de la muestra

El objeto de estudio fue la diversidad y abundancia relativa de la ictiofauna asociada con los parámetros físico-químicos en los puntos de muestreo de los ríos La Ilusión y Las Mulas, que fueron seleccionados durante los pre muestreos durante el mes de abril, en parte del PNLL y su Zona de Amortiguamiento.

La población muestreada fue la comunidad de peces presentes en los ríos seleccionados, incluyendo parámetros físico-químicos tomados *in situ* y *ex situ*. Estos últimos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Calidad del Agua del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala -CEMA/USAC-.

El tamaño de muestra de la ictiofauna fue el total de ejemplares capturados bajo un esfuerzo artesanal, en los 12 puntos durante los meses de muestreo. Las muestras de agua utilizadas para llevar a cabo análisis *ex situ* se tomaron en botellas plásticas oscuras de 1 litro para cada punto durante los muestreos.

5.3.2 Pre muestreo y muestreo

Los pre muestreos fueron llevados a cabo durante los meses de marzo y abril de 2013, los cuales permitieron la selección de los ríos La Ilusión y Las Mulas, divididos en 12 puntos de muestreo cercanos a la carretera FTN. En los tramos muestreados de cada río se agruparon en réplicas de tres puntos para el área norte (N1, N2, N3) y el área sur (S1, S2, S3). Los criterios de selección de dichos puntos se basaron en la susceptibilidad de pesca en cada área.

Cuadro No.1. Coordenadas de los puntos de muestreo en los ríos La Ilusión y Las Mulas.

Punto	Latitud	Longitud
Río La Ilusión		
LIN 1	15°57'6.73"N	90°39'22.91"O
LIN 2	15°57'22.35"N	90°39'18.09"O
LIN 3	15°57'22.35"N	90°39'18.09"O

LIS 1	15°57'4.06"N	90°39'23.41"O
LIS 2	15°56'50.61"N	90°39'18.29"O
LIS 3	15°56'40.13"N	90°39'5.81"O
Río Las Mulas		
LMN 1	15°56'45.10"N	90°35'12.71"O
LMN 2	15°56'50.41"N	90°35'1.95"O
LMN 3	15°56'53.89"N	90°34'50.45"O
LMS 1	15°56'42.90"N	90°35'14.08"O
LMS 2	15°56'34.17"N	90°35'26.45"O
LMS 3	15°56'29.93"N	90°35'40.75"O

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

Los pre muestreos y muestreos se realizaron con el mismo esfuerzo de pesca: se colocaron trampas de doble cono en cada punto de muestreo, que permanecieron cebadas con carnada de diferentes tipos (pollo, embutido, tortilla, lechuga y hojas) durante 6 horas. También se realizaron capturas con redes de cuchara, utilizando una hora de esfuerzo para cada punto, y trasmallos hechos con malla de “zarán” con una luz de malla de 3mm.

Los muestreos se realizaron en los meses de mayo, junio, julio y agosto (capturando únicamente en los meses de mayo y agosto), con un tiempo de duración de una semana para abarcar todos los puntos en cuanto a la captura de organismos utilizando las tres artes de pesca mencionadas, la toma de parámetros físico-químicos *in situ* (oxígeno disuelto mg/L, temperatura °C, pH, conductividad µs/cm) con el equipo multiparamétrico marca *Hatch* modelo *HQ40d* ,y *ex situ* (turbidez UTN, nitratos mg/L, fosfatos mg/L y amonio mg/L) utilizando un colorímetro marca *Hatch* modelo *DR/850*, además de la toma de datos de las condiciones ambientales (vegetación, tipo de fondo y profundidad).

5.3.3 Diseño estadístico

El universo de trabajo fue la comunidad de peces y los parámetros físico-químicos de los ríos muestreados, siendo únicamente aquellos localizados en el recorrido de la carretera FTN, en puntos específicos de la zona de protección, recuperación y amortiguamiento. La muestra

incluyó el total de peces capturados en los 12 puntos muestreados y las muestras de agua de cada punto.

Considerando que cada río presentaba características físicas y químicas distintas, se seleccionaron dos tratamientos para cada río, un área norte y una sur. Cada tratamiento presentó réplicas agrupadas en tres puntos de muestreo en la parte norte y parte sur de cada río.

Una vez generada la base de datos con la información tomada en campo, el diseño estadístico para relacionar los resultados obtenidos de diversidad (índices de diversidad), parámetros físico-químicos y condiciones ambientales, se basó en la comparación entre dos tiempos (meses mayo y agosto) y dos áreas (parte norte y sur de cada río).

Se utilizó el programa Palaeontological Statistics -PAST-, versión 1.14 para generar los índices de diversidad y, para los parámetros físico-químicos se realizó un *ANOVA* anidado paramétrico que presentaba dos hipótesis. La primera hipótesis es A (mayo) = B (agosto), es decir que todos los parámetros en A son similares en B . La segunda hipótesis sostiene que los sitios norte y sur de cada río presentan valores iguales. Esto significaría que La Ilusión Norte (LIN1, 2, 3), La Ilusión Sur (LIS1, 2, 3), Las Mulas Norte (LMN1, 2, 3), Las Mulas Sur (LMS1, 2, 3), son iguales estadísticamente en cuanto a sus parámetros físico-químicos.

Finalmente se hizo una regresión lineal múltiple que permitió interpretar si existía o no significancia entre todos los parámetros físico-químicos y los índices de diversidad obtenidos con PAST, de manera de poder comprobar la hipótesis de investigación.

5.4 Procedimiento

5.4.1 Muestreo de ictiofauna y parámetros físico-químicos

- Captura de organismos: simultáneamente a la toma de agua, se realizó la captura de organismos con las artes de pesca mencionadas. Se seleccionó un tramo de 10m de largo, el cual se cerró con dos trasmallos en el inicio y el final del mismo. Una vez cerrado, se procedió a realizar un esfuerzo de captura de una hora por punto, utilizando trasmallos.

Estos se tomaron por los extremos en posición vertical (dos personas por trasmallo) y se “barrió” el tramo de 10m desde cada extremo hasta llegar al medio, levantando horizontalmente cada uno para retener a los peces. También se realizó el “barrido” movilizándolo únicamente un extremo de cada trasmallo mientras el otro extremo permanecía inmóvil, a modo de cerrar medio círculo. Por último el trasmallo se colocó en posición horizontal debajo del agua durante 15-20seg y se levantó de los dos extremos simultáneamente a manera de que los peces que estaban en la columna de agua quedaran atrapados sobre el trasmallo. Durante cada barrido se utilizaron redes de cuchara para capturar organismos del trasmallo y alrededor, al mismo tiempo se cebaron las trampas de doble cono utilizando diferentes carnadas (las mismas que en el pre muestreo) y se colocaron las trampas en cada extremo del tramo durante un tiempo de tres horas.

- Almacenamiento de las muestras de peces: Todos los organismos capturados fueron colocados inicialmente en bolsas herméticas, identificadas con marcador indeleble, con alcohol etílico al 70% y agua del sitio, en proporción de 1:9. Luego se transportaron en hielera y finalmente se limpiaron con agua del grifo, colocando a los organismos nuevamente en las bolsas con formol y agua, en proporción de 1:4. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- en donde fueron lavadas nuevamente y colocadas en frascos de vidrio con alcohol y agua, etiquetados con los datos respectivos según la identificación realizada con la guía de Greenfield y Thomerson (1997), el informe de Christensen y Granados (2002), además de la identificación y verificación llevada a cabo junto con el especialista Herman Kihn.
- Toma de parámetros físico-químicos y condiciones ambientales: en cada punto de muestreo se tomó agua en una cubeta para la lectura de parámetros *in situ* (oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, salinidad) con la sonda multiparamétrica *Hatch* modelo *HQ40d*. Luego se tomó una muestra de agua en un frasco plástico oscuro de un litro para su transporte en hielera a las instalaciones del PNLL para sus posteriores análisis *ex situ* (turbidez, nitratos, fosfatos y amonio) utilizando un espectrofotómetro marca *Hatch* modelo *DR/850*. Finalmente se anotaron las condiciones ambientales observadas en cada punto (condiciones del día, vegetación, sombra y tipo de fondo).

5.4.2 Determinación de diversidad y abundancia relativa

La base de datos generada fue utilizada para generar los indicadores diversidad y abundancia relativa. Para la determinación de diversidad, se calcularon los índices de diversidad utilizando el programa PAST ver.1.14. La abundancia relativa se calculó como número de organismos por punto de muestreo, durante los meses de mayo y agosto del 2013.

5.4.3 Análisis de la hipótesis de investigación

Los indicadores generados (índice de Shannon-Wiener y abundancia relativa) fueron utilizados para el análisis de la hipótesis de investigación, la cual busca sustentar que la diversidad y abundancia de la ictiofauna en los ríos del estudio, es función de las condiciones ambientales y parámetros físico-químicos del agua en cada punto de muestreo.

Al momento de generar la regresión lineal múltiple, la variable respuesta fue el índice de diversidad Shannon-Wiener y las variables de entrada fueron los promedios de parámetros físico-químicos, por cada réplica. Finalmente se generaron gráficas de correlación utilizando índice de diversidad, abundancia, parámetros físico-químicos y condiciones ambientales.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Ictiofauna y parámetros físico-químicos y condiciones ambientales

6.1.1 Ictiofauna

La determinación taxonómica de los organismos capturados durante los muestreos en los meses de mayo y agosto de 2013 en los ríos La Ilusión y Las Mulas, sugiere la presencia de al menos 15 especies de peces pertenecientes a las familias Cichlidae (5), Poeciliidae (4), Characidae (2), Heptapteridae (1), Atherinopsidae (1), Bryconidae (1) y Aplocheilidae (1). Dentro de esta determinación, se incluyen dos familias con una especie no reportada para la laguna Lachuá (Aplocheilidae, *Rivulus tenuis* y Cichlidae, (“*Ciclasoma*”) *Herichthis bocourti*, aunque sí se encuentran reportadas para la cuenca del Usumacinta.

Según Chritensen y Diesseldorf (2012), la familia más representativa en términos de diversidad es Cichlidae, reportando 16 especies dentro de la laguna Lachuá. Sin embargo dentro de los muestreos del presente estudio, solamente se capturaron cinco especies de esta familia, existiendo la probabilidad de encontrar más especies de esta familia al incrementar el esfuerzo y diversificar las artes de pesca en distintos puntos de muestreo.

La lista sistemática (Cuadro No.2) incluye las 15 especies determinadas, aquí las especies se enlistan por clase, orden, familia, especie y nombre común, siguiendo la estructura sugerida por Granados-Dieseldorff *et al* (2012), según Eschmeyer y Fong (2012).

Cuadro No.2. Especies de peces registradas durante mayo y agosto de 2013 en los ríos La Ilusión y Las Mulas, Eco región Lachuá.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
Actinopterygii	Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aeneus</i> (Günther, 1860)	Pepesca, sardina
			<i>Hyphessobrycon compressus</i> (Meek, 1904)	Sardinita, tetra
		Bryconidae	<i>Brycon guatemalensis</i> (Regan, 1908)	Machaca
	Siluriformes	Pimelodidae	<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)	Juilín
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella schultzi</i> (Álvarez y Carranza, 1952)	Robalito
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Belonesox belizanus</i> (Kner, 1860)	Picudito
			<i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner, 1863)	Pupo
			<i>Pseudoxiphophorus bimaculata</i> <i>Xiphophorus hellerii</i> (Heckel, 1848)	Pupo Pupo, espada
		Aplocheilidae	<i>Rivulus tenuis</i> (Meek, 1904)	killifish
	Perciformes	Cichlidae	<i>Paraneetroplus bifasciatum</i> (Steindachner, 1864) ("Cichlasoma") <i>Herichthis bocourti</i> <i>Cichlasoma salvini</i> (Günther, 1862) <i>Thorichthys hélteri</i> (Steindachner, 1864) <i>Parachromis friedrichsthalii</i> (Heckel, 1840)	Mojarra Mojarra Mojarra Mojarrita Guapote

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

6.1.2 Parámetros físico-químicos

Los parámetros físico-químicos determinados durante la fase de campo en los meses de mayo, junio, julio y agosto, específicamente de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, nitratos y fosfatos, mostrando valores máximos y mínimos que varían según el punto de muestreo y mes.

- Temperatura:

En ambos ríos durante todo el muestreo se presentó con valores entre 23.9 y 26.9°C, dependiendo de la época de muestreo y el punto, rango adecuado para el desarrollo de la vida acuática. Ante estos valores máximos y mínimos, no se observa una variación drástica en ambos ríos, puntos de muestreo y meses. En el río La Ilusión se mantuvo con valores mínimos de 23.90°C en mayo, y máximos de 26.30°C en junio. Para el río Las Mulas se presentaron valores máximos de 26.90°C en mayo y mínimos de 25.00 °C en el mismo mes (Figura No.2). Se puede observar que las temperaturas más altas se presentaron en este último río, ya que la cobertura vegetal era menos densa, mientras que en el caso del río La Ilusión la vegetación obstaculizaba la llegada de los rayos solares.

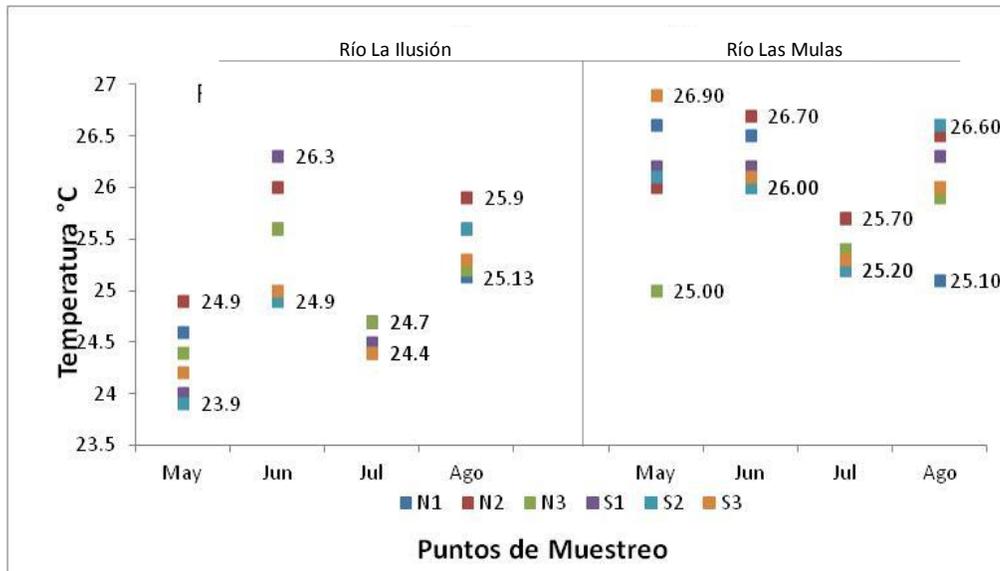


Figura No.2. Valores máximos y mínimos de temperatura °C en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

- pH:

En ambos ríos se mantuvo en el rango de 6.15 a 7.33 durante todo el muestreo². Para el río La Ilusión se encontraron valores ácidos de 6.15 en el mes de junio y neutros de 7.3 en el mes de mayo. En el río Las Mulas se presentó el valor neutro más bajo de 6.7 en el mes de junio y el más alto de 7.33 en el mes de julio (Figura No.3).

El rango óptimo para el desarrollo de la vida acuática es de 6.5-8.5 (Aguilar, 2007); únicamente dos puntos presentaron valores menores de 6.5 pero mayores a 6.

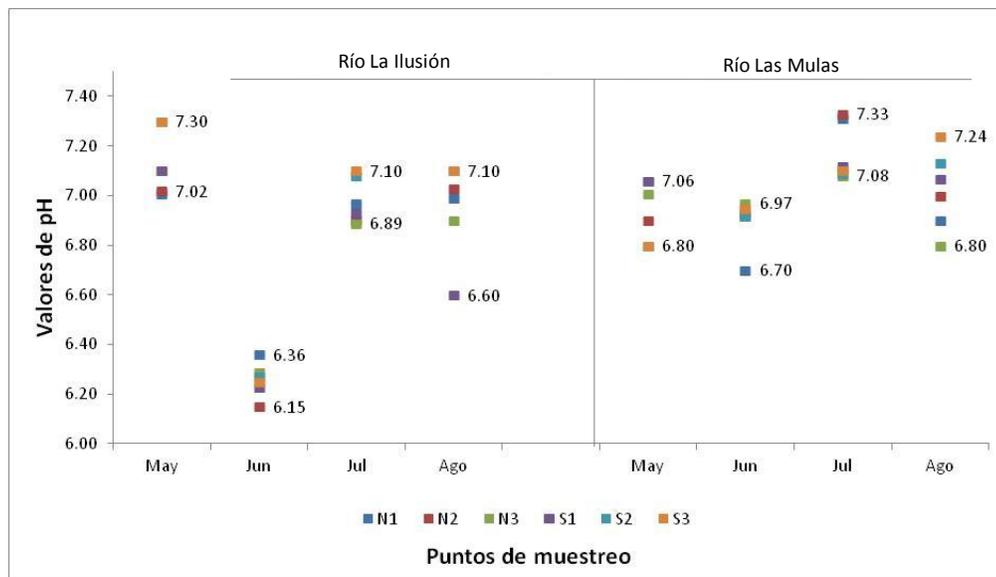


Figura No.3. Valores máximos y mínimos de pH en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

²Tomando los valores menores de 6.5 como ácidos, valores entre 6.5 y 7.5 como neutros, y mayores de 7.5 como básicos. Barahona, L. (2013, Octubre 22). *Consideraciones para valores de pH*[entrevista]. Guatemala: USAC.

- Oxígeno disuelto:

Se mantuvo dentro de un rango de 7.9 y 3.67mg/L durante todo el muestreo, mostrando los valores más bajos en el río Las Mulas. Los valores para el río La Ilusión variaron de 4.50 a 7.90 mg/L, presentando los más altos durante el mes de agosto y los más bajos en el mes de mayo. En el caso del río Las Mulas los valores fueron de 3.67 a 5.80 mg/L, reportando los más altos durante el mes de agosto y los más bajos en el mes de junio (Figura No.4).

El OD es un limitantes para el desarrollo de la vida acuática (Aguilar, 2007), lo cual podría reflejarse en la diversidad y abundancia de ictiofauna presente en cada río y punto, con valores bajos de estos indicadores en presencia de bajas concentraciones de este parámetro.

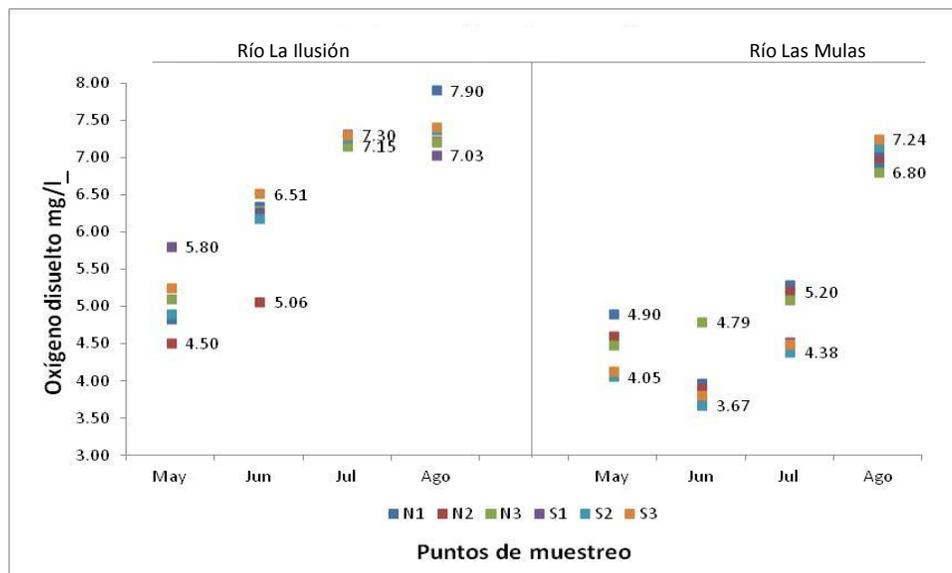


Figura No.4. Valores máximos y mínimos de oxígeno disuelto mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

- Conductividad:

En ambos ríos se presentó valores entre 31.30 μ s/cm y 270 μ s/cm, con los valores más altos en todos los puntos del río La Ilusión durante el mes de mayo, y los más bajos durante los meses junio, julio y agosto. Para el río Las Mulas, los valores mínimos se presentaron en el mes de agosto con 92.60 μ s/cm y los valores máximos en el mes de julio con 170 μ s/cm (Figura No.5).

La conductividad es útil como una medición general de la calidad de agua; un río tiende a tener un rango relativamente constante de conductividad que, una vez establecido, puede ser usado como base para comparaciones (UICN, 2007). Según datos de años anteriores de conductividad (García, 2010), los valores se mantienen en un rango de 40 a 300mg/L, sin presentar en esta investigación valores más arriba de esto.

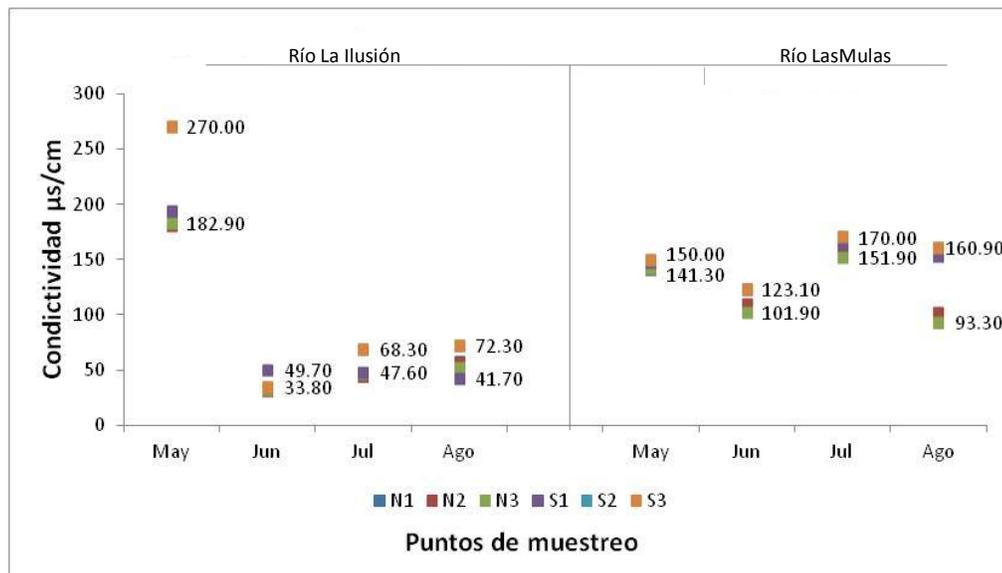


Figura No.5. Valores máximos y mínimos de conductividad μ s/cm en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

- Nitratos:

Estos presentaron valores entre 0.1 y 2.20mg/L, con los valores más altos durante el mes de mayo en el río Las Mulas. El río La Ilusión presentó valores mínimos de 0.1mg/L en los meses de julio y agosto, y los valores máximos fueron de 1.30mg/L durante el mes de mayo. En el río Las Mulas el valor mínimo reportado fue 0.1mg/L durante el mes de junio, y el valor más alto fue de 2.20mg/L durante el mes de mayo (Figura No. 6).

Los nitratos no presentan niveles tóxicos para los peces, los cuales por lo general soportan hasta 50mg/L, dependiendo de la especie.

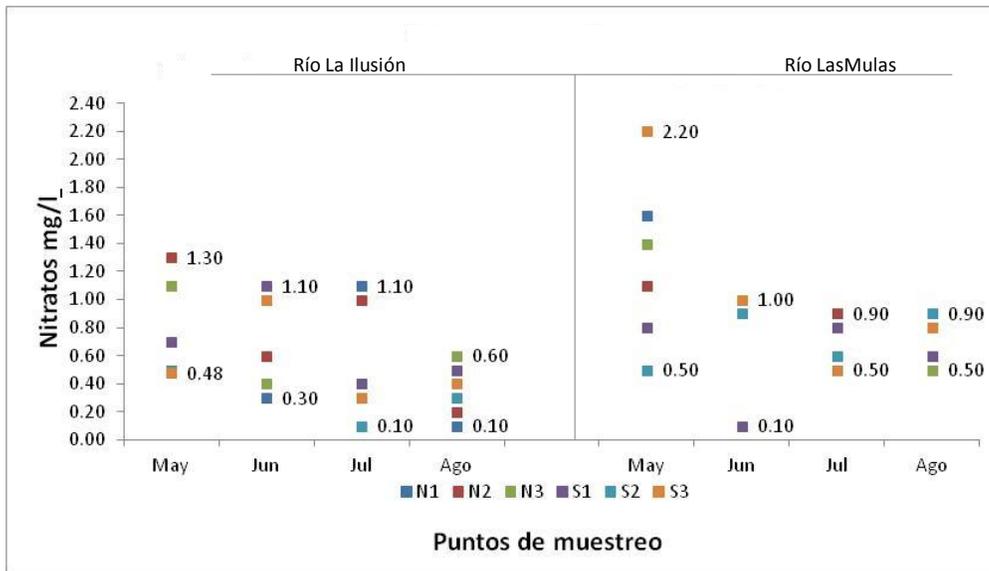


Figura No.6. Valores máximos y mínimos de nitratos mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

- Fosfatos:

Estos presentaron valores entre 0.03mg/L y 2.75mg/L, con los valores más altos durante el mes de mayo en el río Las Mulas. El río La Ilusión presentó valores mínimos de 0.04mg/L en los meses de junio y julio, y los valores máximos fueron de 2.34mg/L durante el mes de mayo. En el río Las Mulas el valor mínimo fue también de 0.03mg/L pero durante el mes de junio, y el valor más alto durante el mes de mayo con 2.75mg/L (Figura No. 7).

Los fosfatos que no son de origen natural, pueden ser introducidos a los cuerpos de agua como descargas fecales, detergentes y fertilizantes agrícolas (UICN, 2008). Sin embargo no se presentan en concentraciones muy elevadas, tomando en cuenta que el río Las Mulas se encuentra ubicado cerca a comunidades de la Eco región. No se presenta como un parámetro limitante para los peces, sino más bien para algas y plantas acuáticas.

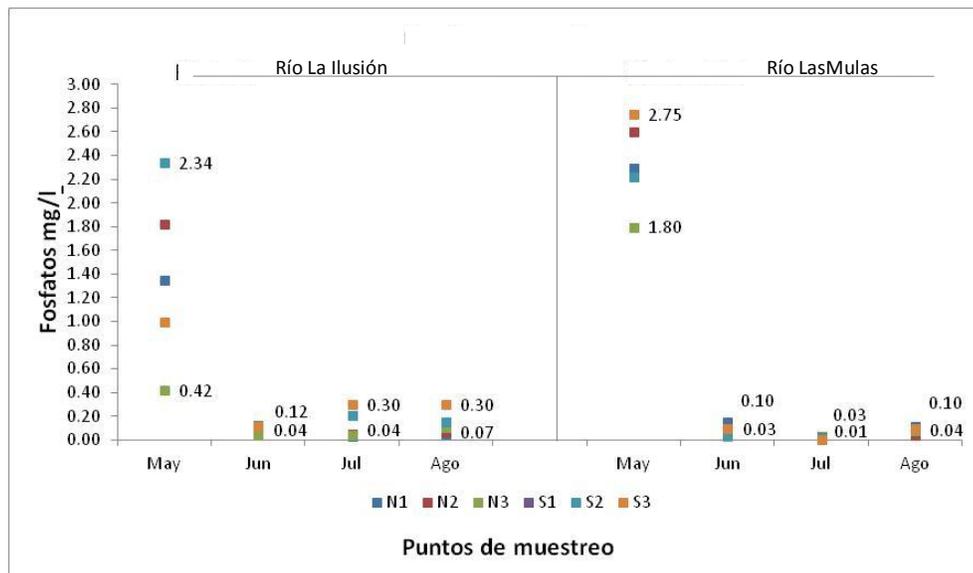


Figura No.7. Valores máximos y mínimos de fosfatos mg/L en cada punto de muestreo (N = Norte, S = Sur) (Trabajo de campo, 2013).

- Amonio:

Los valores por encima de 0.2mg/L pueden afectar a los peces por ejemplo, aumentando su frecuencia respiratoria. Sin embargo las concentraciones tóxicas (1.00 a 2.00mg/L) para estos organismos no se presentaron en ningún punto de muestreo (Figura No.8), tomando en cuenta que la temperatura y el pH se mantuvieron también en rangos que no propiciaron el desplazamiento de amonio a amoníaco (forma tóxica del nitrógeno).

- Profundidad:

En promedio, ningún punto sobrepasó los 2m de profundidad durante las capturas de peces (Figura No.8). Sin embargo, durante las lluvias se encontraban profundidades de hasta 6m y desbordamientos de ambos ríos, lo que dificultó las capturas en ambos ríos.

- Turbidez:

Los valores promedio se mantienen por debajo de los 35UTN, presentando en el río La Ilusión los más bajos. En el río Las Mulas la turbidez aumenta, principalmente debido a que parte de este se ubica dentro de una comunidad, la cobertura de árboles es menor y el transporte de partículas es mayor, además de que estos altos valores se presentan durante las lluvias (Figura No.8). Esto puede llegar a afectar la disolución del oxígeno, daño en branquias de peces, entre otras.

El análisis estadístico con el que se trabajaron los promedios de los parámetros físico-químicos (Figura No.8) fue un *ANOVA* anidado paramétrico, que presenta dos hipótesis. La primera hipótesis es A (mayo) = B (agosto), es decir que todas los parámetros en mayo son similares en agosto. La segunda hipótesis sostiene que los sitios norte y sur de cada río (LIN1, 2, 3; LIS1, 2, 3; LMN1, 2, 3 y LMS1, 2, 3) presentan valores (promedio) de sus parámetros iguales (Cuadro No.8).

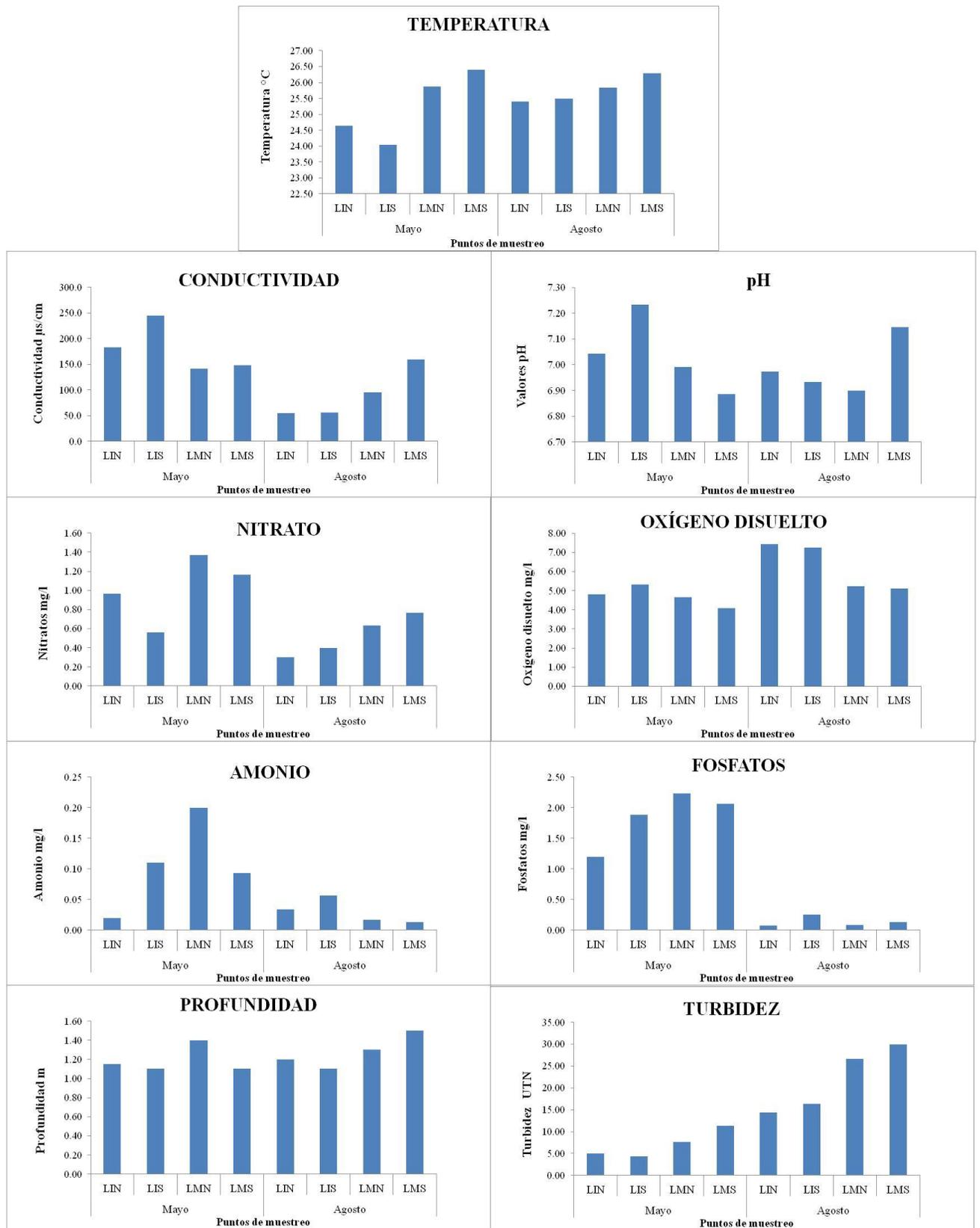


Figura No.8. Valores promedio de parámetros físico-químicos (Trabajo de campo, 2013).

Cuadro No.3. Resultados de ANOVA anidado para los parámetros físico químicos.

Parámetro evaluado	Punto de muestreo	P*	Interpretación
Temperatura °C	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1* = 0.3988	Meses iguales
		H2* = 0.0002	Existe diferencia entre los sitios de muestreo
pH	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.6028	Meses iguales
		H2 = 0.0558	Sitios iguales
Oxígeno disuelto mg/L	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0651	Meses iguales
		H2 = 7E-06	Existe diferencia entre los sitios de muestreo
Conductividad µs/cm	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0418	Existe diferencia entre meses
		H2 = 3E-07	Existe diferencia entre los sitios de muestreo
Nitratos mg/L	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0519	Meses iguales
		H2 = 0.2004	Sitios iguales
Fosfatos mg/L	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0003	Existe diferencias entre meses
		H2 = 0.2821	Sitios iguales
Amonio mg/L	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0949	Meses iguales
		H2 = 0.0031	Existe diferencia entre los sitios de muestreo
Turbidez UTN	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.0120	Existe diferencias entre los sitios de muestreo
		H2 = 0.0017	Existe diferencia entre los sitios de muestreo
Profundidad m	Promedios LIN, LIS, LMN, LMS	H1 = 0.4627	Meses iguales
		H2 = 2E-109	Existe diferencia entre los sitios de muestreo

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

*Hipótesis 1 (H1): A (mayo) = B (agosto), esto es, los valores promedio del tiempo A son iguales al tiempo B.

*Hipótesis 2 (H2): Todos los sitio norte y sur de cada río, junto con sus tratamientos, son iguales. Esto es LIN1, 2, 3 = LIS1, 2, 3 = LMN1, 2, 3 = LMS1, 2, 3.

6.1.3 Condiciones ambientales

- Río La Ilusión norte -LIN-

El punto de muestreo LIN1 se encuentra dentro de la Zona de Recuperación del PNLL, el punto LIN2 está justo en la brecha en donde finaliza la Zona de Recuperación -ZR- del parque; y LIN3 se ubica dentro de una parcela privada al lado de la ZR. La vegetación de los puntos LIN 1, 2, 3 es boscosa pues este sector aún se encuentra influenciado por la protección y conservación del PNLL, aunque en las partes internas de la parcela privada que comparte el límite del parque, existen suelos con fines de cultivo agrícola, principalmente maíz. El fondo es lodoso y hay materia orgánica presente (hojas y troncos), con una consistencia en mayor porcentaje de textura firme y en menor porcentaje blanda. La parte norte del río presenta un ancho promedio constante de 5.5m, la profundidad varió dependiendo del punto y mes de muestreo, presentando un valor de profundidad máxima de 4m en los meses de lluvia (junio-julio) y mínima de 1.15m en el mes de mayo. Además el agua se presenta clara durante los meses secos, aumentando la presencia de materia en suspensión durante los meses de lluvia. Además el flujo del agua en este río se dirige de norte a sur.

- Río La Ilusión sur -LIS-

Los puntos de muestreo LIS1, LIS2 y LIS3 de la parte sur se encuentran ubicados dentro de la Zona de Protección del PNLL. La vegetación de todos los puntos es boscosa pues este sector se encuentra totalmente protegido y conservado. El fondo es lodoso, hay materia orgánica presente (hojas y troncos) y en algunas partes es arenoso-arcilloso, con una consistencia en mayor porcentaje de textura blanda y en menor porcentaje firme. La parte sur del río presenta un ancho promedio constante de 5 metros y una profundidad variada, con valores de profundidad máxima de 6m (junio-julio) y mínima de 1.1 (mayo). Además el agua era clara durante los meses sin lluvia, aumentando la presencia de materia en suspensión durante los meses de lluvia.

- Río Las Mulas norte -LMN-

El punto de muestreo LMN1, LMN2 y LMN3 del río Las Mulas se encuentra ubicado dentro de la Zona de Amortiguamiento del PNLL, dentro de la comunidad San Benito I, en donde se

encuentran viviendas a orillas del mismo en algunas secciones. La vegetación de los puntos LMN 1, 2, 3 puede clasificarse como Guamil I y II pues este sector se encuentra influenciado por las actividades de la comunidad aledaña, tales como lavaderos de ropa, ganadería, cultivos agrícolas, maíz principalmente; además se puede observar la presencia de plantas acuáticas. El fondo en esta sección es rocoso, arenoso y en algunas partes lodoso, con materia orgánica presente (hojas y troncos). La consistencia varía, pero es en mayor porcentaje de textura firme y en menor porcentaje blanda. La parte norte del río presenta un ancho promedio constante de 5 metros y una profundidad variada, con un valor de profundidad máxima de 3m (junio-julio) y mínima de 1.30m (mayo). El río se presentaba con niveles más altos de turbidez que el río La Ilusión, aumentando durante los meses de lluvia. La dirección del flujo en este río es de sur a norte.

Durante la construcción del puente que pasa por encima del río y forma parte de la FTN, conectando la parte sur con la parte norte, existieron varios reportes de los pobladores y la observación directa durante la investigación, acerca del vertimiento de materiales de construcción, principalmente cemento. Los reportes incluyen la coloración blanquecina del agua y la muerte de peces de varios tamaños de las familias reportadas en la presente investigación. Además confirman que el uso del agua se vio limitada durante los períodos que el agua presentaba dicha carga de materiales.

- Río Las Mulas sur -LMS-

Los puntos de muestreo LMS1, LMS2 y LMS3 se encuentran ubicados dentro de la Zona de Amortiguamiento del PNLL, en la comunidad San Benito II. La vegetación de todos los puntos es guamil ya que alrededor se encuentran áreas de potreros. El fondo es lodoso predominantemente y presenta materia orgánica presente (hojas y troncos), con una consistencia en mayor porcentaje de textura blanda. La parte sur del río presenta un ancho promedio constante de 5.5 metros y con una profundidad mínima de 1.1m (mayo) y máxima de 6m (agosto), sin embargo los puntos de muestreo presentan una profundidad promedio de 1.1m durante el mes de mayo.

6.2 Diversidad y abundancia relativa

El índice de Shannon-Wiener presenta valores promedios de LIN = 0.75, LIS = 1.13, LMN = 1.46 y LMS = 0.38 en el mes de mayo, mientras que en el mes de agosto presenta valores promedios de LIN = 0.97, LIS = 1.22, LMN = 0.62 y LMS = 0.69. Esto indicaría que en todos los puntos la diversidad puede clasificarse como baja, ya que normalmente este índice toma valores entre 1 y 4.5, interpretando valores por encima de 3 como diversos (Golicher, 2008).

Los valores en ambos ríos varían dependiendo el mes y la porción del río (norte o sur) en donde se calculó. Puede observarse claramente que LIS y LMN durante el mes de mayo presentan valores dentro del rango entre 1 y 4.5, y LIS se mantiene hasta el mes de agosto; el resto de valores se encuentran por debajo de lo “normal”. El caso de los valores de LIS en mayo y agosto demuestra claramente que puede ser causado por la ubicación del río La Ilusión dentro de la Zona de Protección del PNLL. Los valores para LMS 2 y 3 se reportan en 0 debido a que durante el mes de mayo no se obtuvo capturas dentro del tramo de 10m de muestreo (Cuadro No. 4 y 5).

Cuadro No.4. Resultado de índices para el mes de mayo utilizando el programa PAST.

Índices	Mayo	LIN_1	LIN_2	LIN_3	LIS_1	LIS_2	LIS_3	LMN_1	LMN_2	LMN_3	LMS_1	LMS_2	LMS_3
Taxa	14.00	6.00	3.00	6.00	4.00	6.00	7.00	6.00	3.00	7.00	2.00	0.00	0.00
Individuals	316	39	31	42	39	39	72	10	10	11	23	0.00	0.00
Dominance	0.31	0.36	0.82	0.74	0.45	0.50	0.34	0.30	0.38	0.17	0.92	0.00	0.00
Shannon indx	1.58	1.25	0.38	0.63	0.94	1.06	1.40	1.50	1.03	1.85	0.18	0.00	0.00
Simpson indx	0.69	0.64	0.18	0.26	0.55	0.50	0.66	0.70	0.62	0.83	0.08	0.00	0.00
Menhinick	0.79	0.96	0.54	0.93	0.64	0.96	0.83	1.90	0.95	2.11	0.42	0.00	0.00
Margalef	2.26	1.37	0.58	1.34	0.82	1.37	1.40	2.17	0.87	2.50	0.32	0.00	0.00
Equitability	0.60	0.70	0.35	0.35	0.68	0.59	0.72	0.84	0.94	0.95	0.26	0.00	0.00
Fisher alpha	3.00	1.98	0.82	1.92	1.12	1.98	1.92	6.33	1.45	8.29	0.53	0.00	0.00
Berger-Parker	0.50	0.49	0.90	0.86	0.56	0.69	0.53	0.50	0.50	0.27	0.96	0.00	0.00

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

Cuadro No.5. Resultado de índices para el mes de agosto utilizando el programa PAST.

Índices	Agosto	LIN_1	LIN_2	LIN_3	LIS_1	LIS_2	LIS_3	LMN_1	LMN_2	LMN_3	LMS_1	LMS_2	LMS_3
Taxa	9.00	4.00	3.00	4.00	6.00	5.00	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00
Individuals	346	51	29	49	18	18	44	29	9	17	9	19	83
Dominance	0.36	0.26	0.76	0.40	0.41	0.40	0.31	0.51	0.51	0.89	0.51	0.61	0.64
Shannon indx	1.34	1.37	0.48	1.05	1.24	1.16	1.26	0.78	0.85	0.22	0.85	0.58	0.66
Simpson indx	0.64	0.74	0.24	0.60	0.59	0.60	0.69	0.49	0.49	0.11	0.49	0.39	0.36
Menhinick	0.48	0.56	0.56	0.57	1.41	1.18	0.60	0.56	1.00	0.49	1.00	0.46	0.33
Margalef	1.37	0.76	0.59	0.77	1.73	1.38	0.79	0.59	0.91	0.35	0.91	0.34	0.45
Equitability	0.61	0.99	0.44	0.76	0.69	0.72	0.91	0.71	0.77	0.32	0.77	0.83	0.60
Fisher alpha	1.69	1.02	0.84	1.03	3.15	2.29	1.07	0.84	1.58	0.59	1.58	0.56	0.61
Berger-Parker	0.55	0.33	0.86	0.51	0.61	0.56	0.39	0.62	0.67	0.94	0.67	0.74	0.78

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

El número de organismos por punto de muestreo (LIN1, 2, 3, LIS1, 2, 3, LMN1, 2, 3, LMN1, 2, 3), varía en el tiempo y espacio. Se puede observar que la representación gráfica muestra que el punto con mayor abundancia relativa en el río La Ilusión durante el mes de mayo es LIS3 con más de 70 organismos capturados, mientras que en agosto es LIN1 y LIN3 aproximadamente con 50 organismos capturados por cada uno (Figura No.9 y 10).

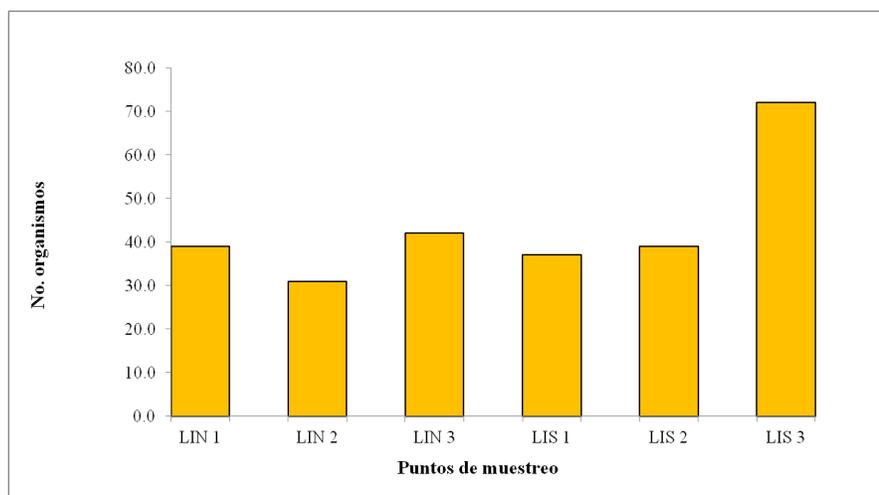


Figura No.9. Abundancia relativa de peces en río La Ilusión durante mayo (Trabajo de campo, 2013).

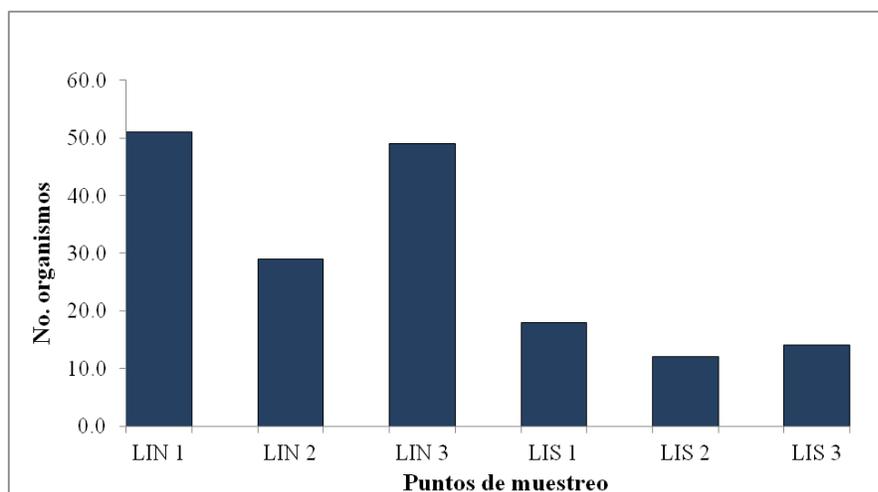


Figura No.10. Abundancia relativa de peces en río La Ilusión durante agosto (Trabajo de campo, 2013).

Las especies que se presentaron en mayor proporción en el río La Ilusión durante el mes de mayo fueron *Hyphessobrycon compressus*, *Astyanax aeneus* y *Xiphophorus hellerii*. Por otro lado las demás especies que se presentaron durante este mes en menor proporción fueron *Atheriniella schultzi*, *Paraneetroplus bifasciatus*, *Poecilia mexicana*, *Belonesox belizanus*, *Pseudoxiphophorus bimaculata*, *Rhamdia guatemalensis*, *Cichlasoma salvini* y *Rivulus tenuis* (Figura No.11).

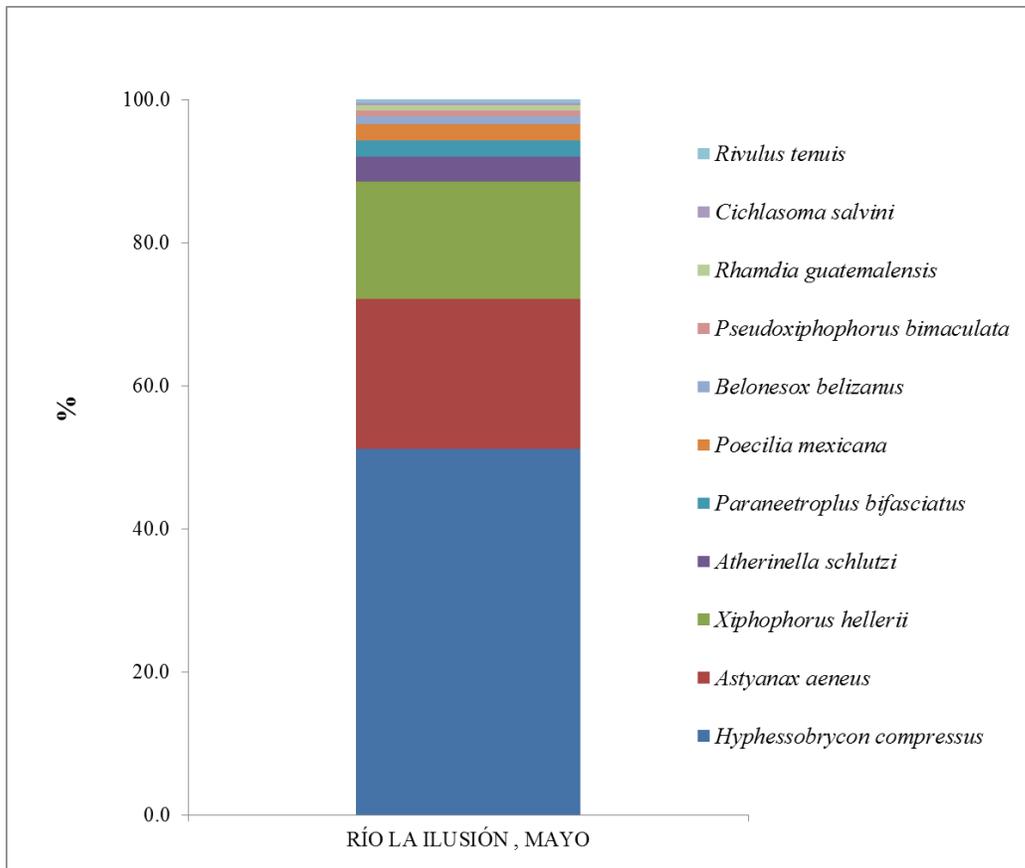


Figura No.11. Composición de especies de peces en río La Ilusión durante mayo (Trabajo de campo, 2013).

Para el mes de agosto, en el río La Ilusión se capturó un menor número de especies, siendo las más representativas *Astyanax aeneus*, *Atheriniella schlutzi*, *Brycon guatemalensis* e *Hyphessobrycon compressus*. Las demás especies que también se capturaron son *Pseudoxiphophoru sbimaculatus*, *Paraneetroplus bifasciatus*, *Poecilia mexicana* y *Xiphophorus hellerii* (Figura No. 12).

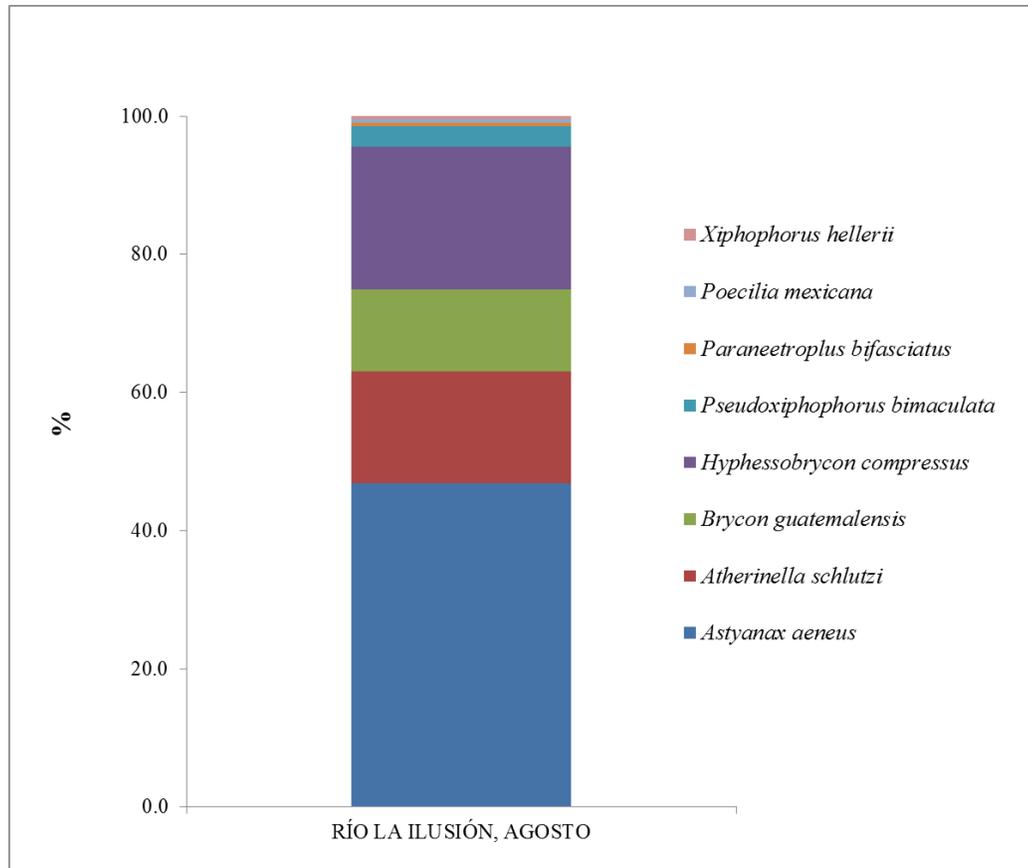


Figura No.12. Composición de especies de peces en río La Ilusión durante agosto (Trabajo de campo, 2013).

Para el río Las Mulas durante el mes de mayo el punto con mayor abundancia relativa es LMS1 con más de 20 organismos capturados, mientras que en agosto es LMS3 aproximadamente con 50 organismos capturados en este. Los valores más bajos de abundancia en ambos ríos se presentan dentro del río Las Mulas. Como se puede observar, en este muestreo no se logró la captura de ningún organismo en los puntos LMS2 y LMS3 (Figura No.13 y 14).

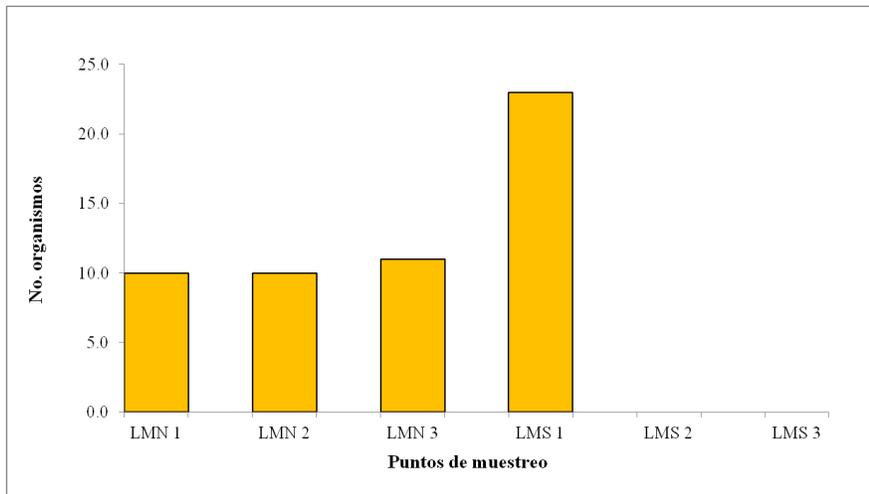


Figura No.13. Abundancia relativa de peces en río Las Mulas durante mayo (Trabajo de campo, 2013).

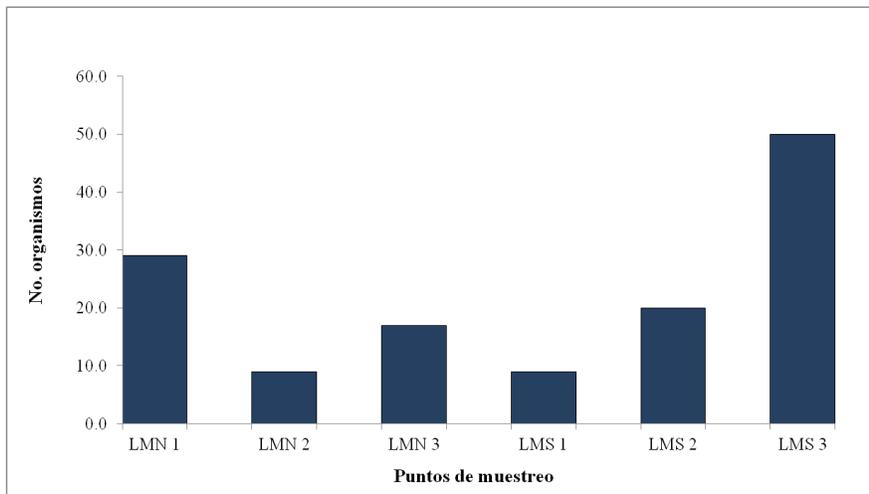


Figura No.14. Abundancia relativa de peces en río Las Mulas durante agosto (Trabajo de campo, 2013).

En el río Las Mulas, durante el mes de mayo las especies capturadas más representativas fueron *Hyphessobrycon compressus*, *Astyanax aeneus* y *Atheriniella schlutzi*. Las demás especies que también se capturaron en menor proporción fueron *Rhamdia guatemalensis*, *Poecilia mexicana*, *Cichlasoma bocourti*, *Pseudoxiphophorus bimaculata*, *Xiphophorus hellerii*, *Belonesox belizanus*, *Paraneetroplus bifasciatus*, *Thorichthys helleri*, *Parachromis friedrichsthalii* y *Rivulus tenuis*. Durante este mes, a pesar de la captura de un menor número

de organismos comparado con el río La Ilusión, en el río Las Mulas se presentaron dos especies más y también se presentan mayor número de cíclidos (Figura No. 15).

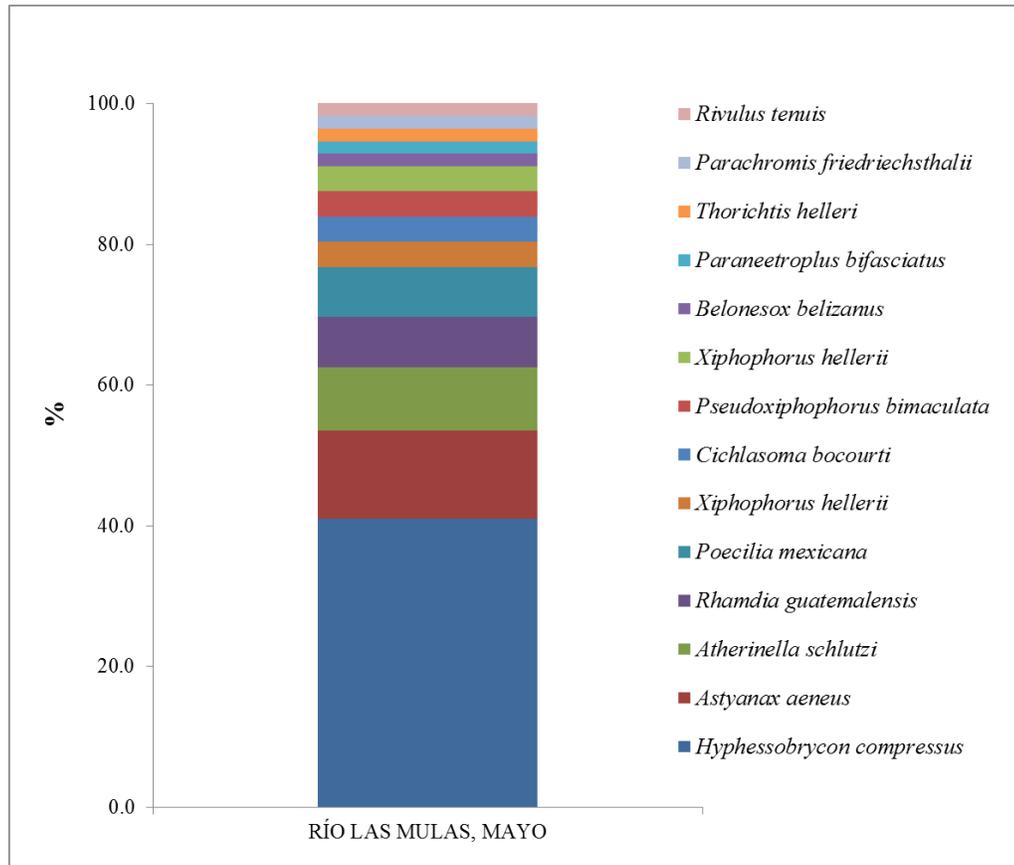


Figura No.15. Composición de especies de peces en río Las Mulas durante mayo (Trabajo de campo, 2013).

Para el mes de agosto en el río Las Mulas, al igual que en La Ilusión, se capturó un menor número de especies, siendo las más representativas *Astyanax aeneus* y *Atheriniella schlutzi*. Las otras especies que también se capturaron son *Poecilia mexicana*, *Hyphessobrycon compressus*, *Paraneetroplus bifasciatus*, *Thorichthys helleri* y *Pseudoxiphophorus bimaculata* (Figura No. 16).

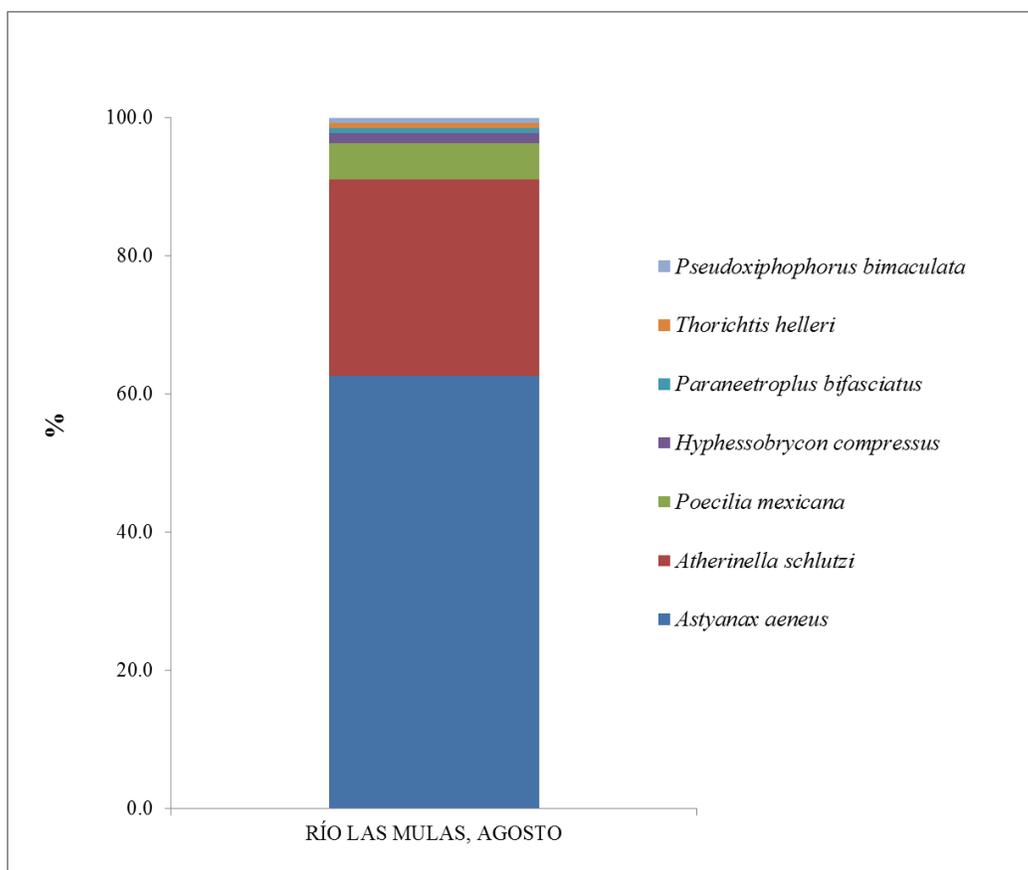


Figura No.16. Composición de especies de peces en río Las Mulas durante agosto (Trabajo de campo, 2013).

6.3 Análisis de la hipótesis de investigación

6.3.1 Regresión lineal múltiple: diversidad y abundancia relativa

- Diversidad

Los resultados obtenidos de la regresión lineal múltiple para diversidad utilizando los valores del índice de Shannon-Wiener, muestran que el valor del coeficiente de correlación múltiple es bajo, pero aceptable en función a la presente investigación. Además se muestra que no existe significancia entre los parámetros físico-químicos y el parámetro respuesta de diversidad utilizando este índice, por lo que se puede interpretar que la diversidad de la ictiofauna en los ríos La Ilusión y Las Mulas no es función de los parámetros físico-químicos del agua (Cuadro No.6).

Cuadro No.6. Resumen de resultados de regresión lineal múltiple para diversidad.

Estadísticas de la Regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.66790296
Coefficiente de determinación R ²	0.446094364
R ² ajustado	0.030665137
Error típico	0.422942561
Observaciones	22

ANOVA	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	9	1.7287611	0.192084566	1.073816	0.443640974
Residual	12	2.1465649	0.17888041		
Total	21	3.875326			

Fuente: Trabajo de campo, 2013

La razón de estos resultados se debe a la baja variabilidad en los valores de todos los parámetros físico-químicos, lo cual no demuestra que estos ejerzan un efecto o influencia en la diversidad de organismos acuáticos, específicamente peces. Los valores de los parámetros no presentan cambios bruscos o extremos que representen una limitante para el desarrollo de la vida acuática.

- Abundancia relativa

La abundancia presenta resultados de regresión lineal múltiple con un valor del coeficiente de correlación múltiple más alto (0.76) que el de la diversidad (0.66), siendo aceptable en función a la presente investigación. Además se muestra que no existe significancia entre los parámetros físico-químicos y el parámetro respuesta de abundancia, por lo que se puede interpretar que la abundancia relativa de la ictiofauna en los ríos La Ilusión y Las Mulas no es función de los parámetros físico-químicos del agua (Cuadro No.7).

Cuadro No.7. Resumen de resultados de regresión lineal múltiple para abundancia relativa.

Estadísticas de la Regresión					
		Coeficiente de correlación múltiple	0.76011		
		Coeficiente de determinación R ²	0.577767		
		R ² ajustado	0.232303		
		Error típico	15.44953		
		Observaciones	21		

ANOVA	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	9	3592.719184	399.1910205	1.67244	0.20811166
Residual	11	2625.56653	238.6878664		
Total	20	6218.285714			

Fuente: Trabajo de campo, 2013

Al igual que la diversidad, la baja variabilidad en los valores de todos los parámetros físico-químicos no demuestra que estos ejerzan un efecto o influencia en la abundancia relativa de organismos acuáticos, específicamente peces. Los valores de los parámetros no presentan cambios bruscos o extremos que representen una limitante para el desarrollo de la vida acuática.

6.3.2 Correlaciones: parámetros físico-químicos, diversidad y abundancia relativa

- Diversidad y parámetros físico-químicos

La representación gráfica de cada parámetro muestra que existe gran dispersión de datos, por lo que el coeficiente de correlación se presenta muy bajo (temperatura=0.07, conductividad=7E-09, pH=0.002, nitratos=0.004, oxígeno disuelto=0.04, amonio=0.17, fosfatos=0.02, profundidad=0.001, turbidez=0.11). Nuevamente esto puede ser debido a que los parámetros no presentan rangos fuera de límites para el desarrollo de la vida, no evidenciando un efecto directo en el comportamiento de los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener. Sin embargo el comportamiento del índice muestra cierta tendencia con los valores de temperatura, amonio y turbidez, ya que presenta una pequeña disminución con el aumento en los valores de estos parámetros (Figura No.17).

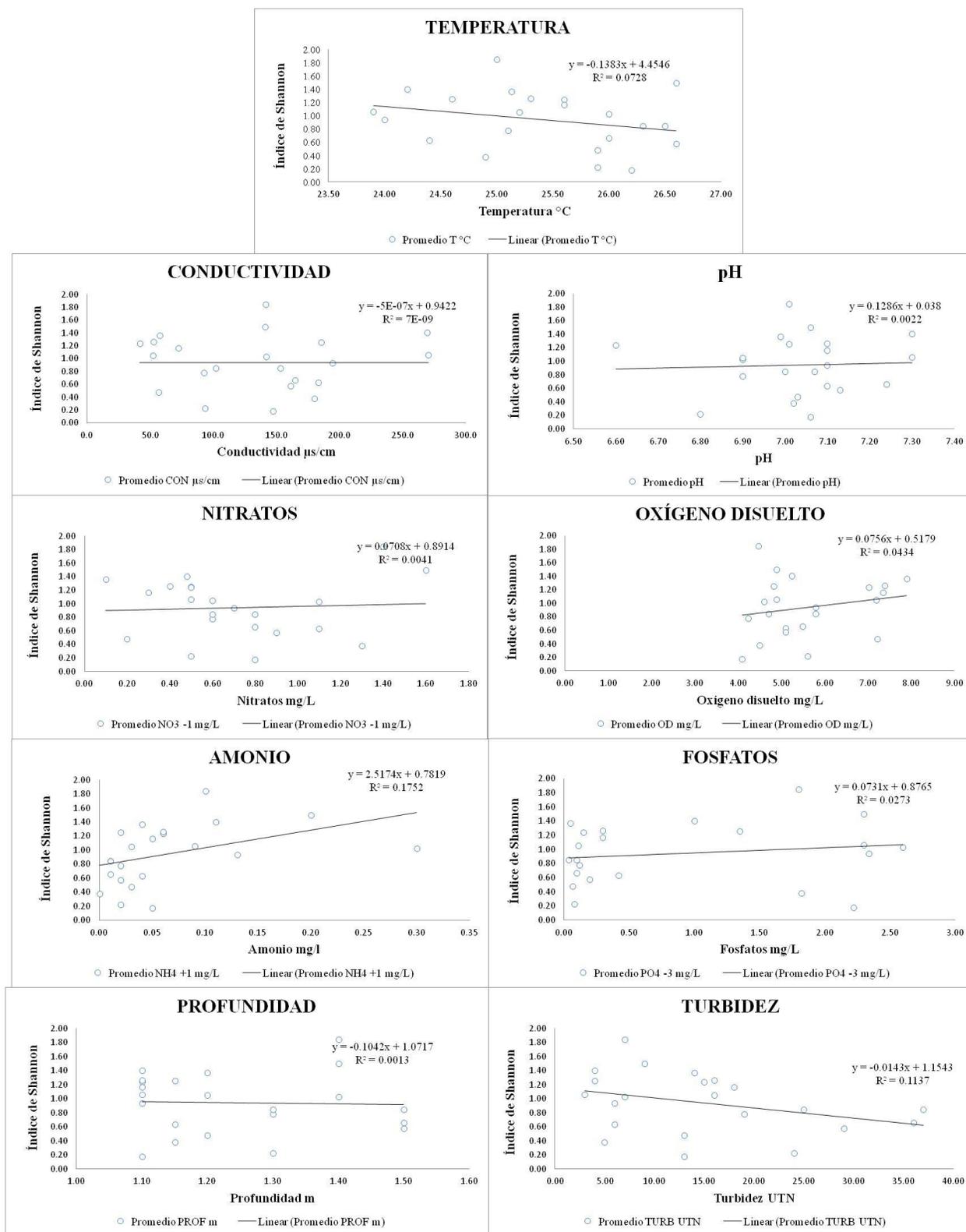


Figura No.17. Correlación entre índice de Shannon-Wiener y parámetros físico-químicos (Trabajo de campo, 2013).

- Abundancia relativa y parámetros físico-químicos

La abundancia relativa por su parte presenta valores de R^2 más elevados que la diversidad, al correlacionarla con los parámetros físico-químicos, aunque también existe una gran dispersión de datos, por lo que el coeficiente de correlación se presenta muy bajo (temperatura=0.38, conductividad=0.15, pH=0.15, nitratos=0.09, oxígeno disuelto=0.01, amonio=0.006, fosfatos=0.006, profundidad=0.11, turbidez=0.07). Los cuatro parámetros que parecen presentar tendencia sobre la abundancia relativa son la temperatura, pH, conductividad, nitratos y profundidad. Esto puede deberse a que los valores de los parámetros se mantienen en rangos aceptables para el desarrollo de la vida acuática, específicamente de peces (Figura No.18).

El número de organismos disminuye a temperatura con valores más bajos, aumenta cuando el agua se presenta más alcalina, al igual que al aumentar conductividad. En el caso de la tendencia observada para la profundidad, puede deberse a la presencia de peces de corriente que se mantienen en la columna de agua, y la poca variación de profundidades en los sitios de muestreo.

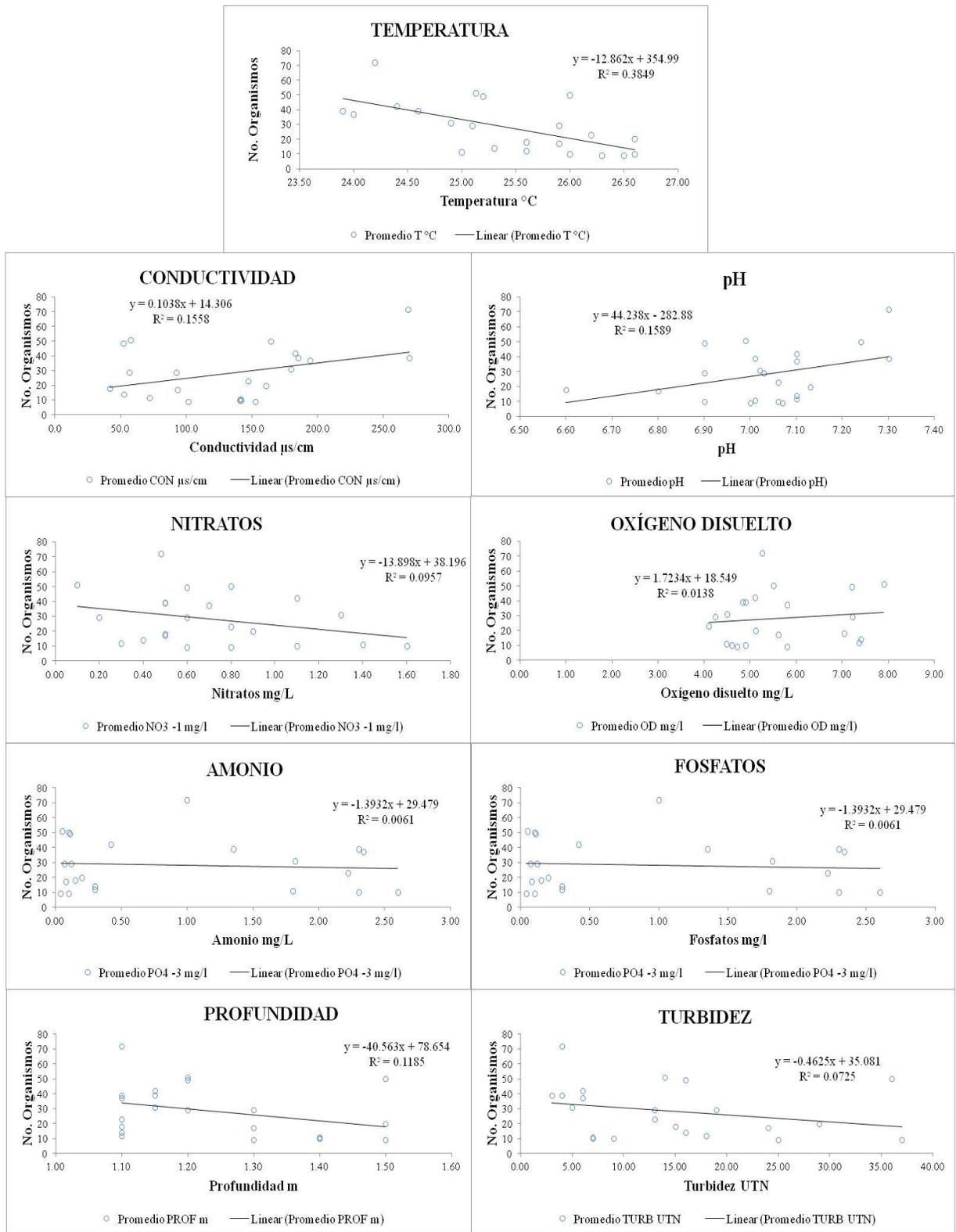


Figura No.18. Correlación entre abundancia relativa y parámetros físico-químicos (Trabajo de campo, 2013).

6.3.3 Condiciones ambientales, diversidad y abundancia relativa

Los valores de diversidad son relativamente más altos en donde la vegetación dominante es bosque; las áreas con guamil presentan menor diversidad, aunque aumenta en las áreas con plantas acuáticas, en donde estas tienden a representar zonas de refugio, reproducción y alimentación para los peces (Figura No.19).

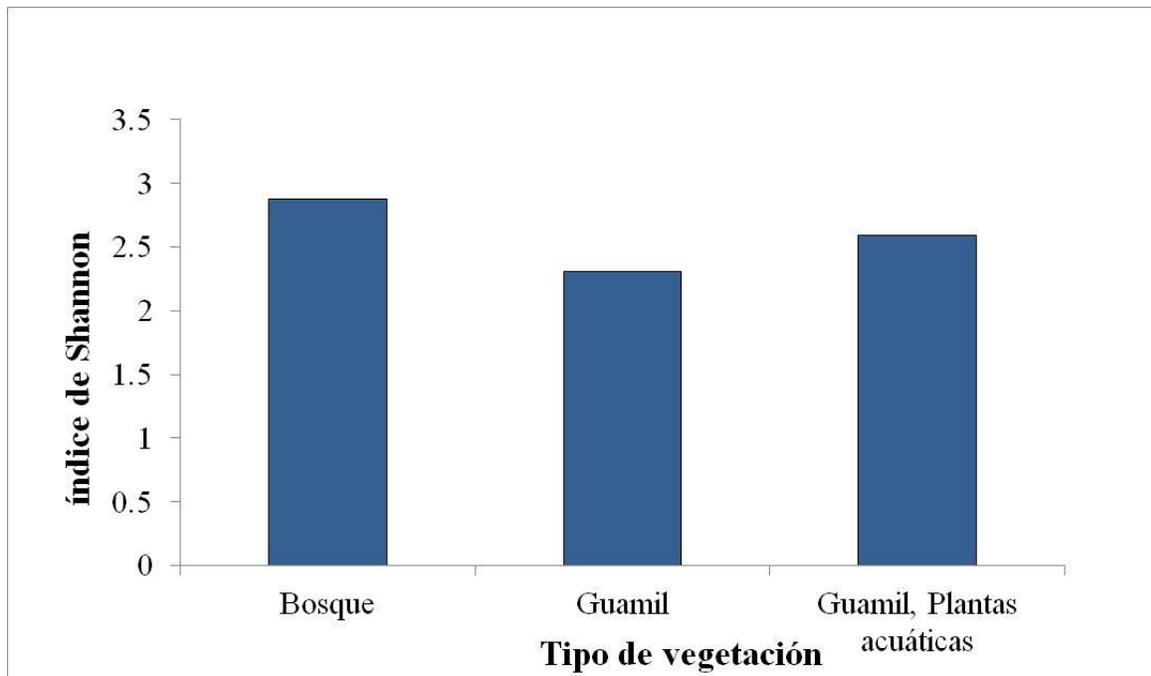


Figura No.19. Diversidad de ictiofauna según tipo de vegetación (Trabajo de campo, 2013).

La abundancia relativa, al igual que en la diversidad, presenta mayores valores en áreas boscosas. En el caso de los sitios con guamil y plantas acuáticas, la abundancia presenta los valores más bajos; esto puede deberse a la dificultad de realizar barridos dentro de las plantas acuáticas con trasmallo (Figura No.20).

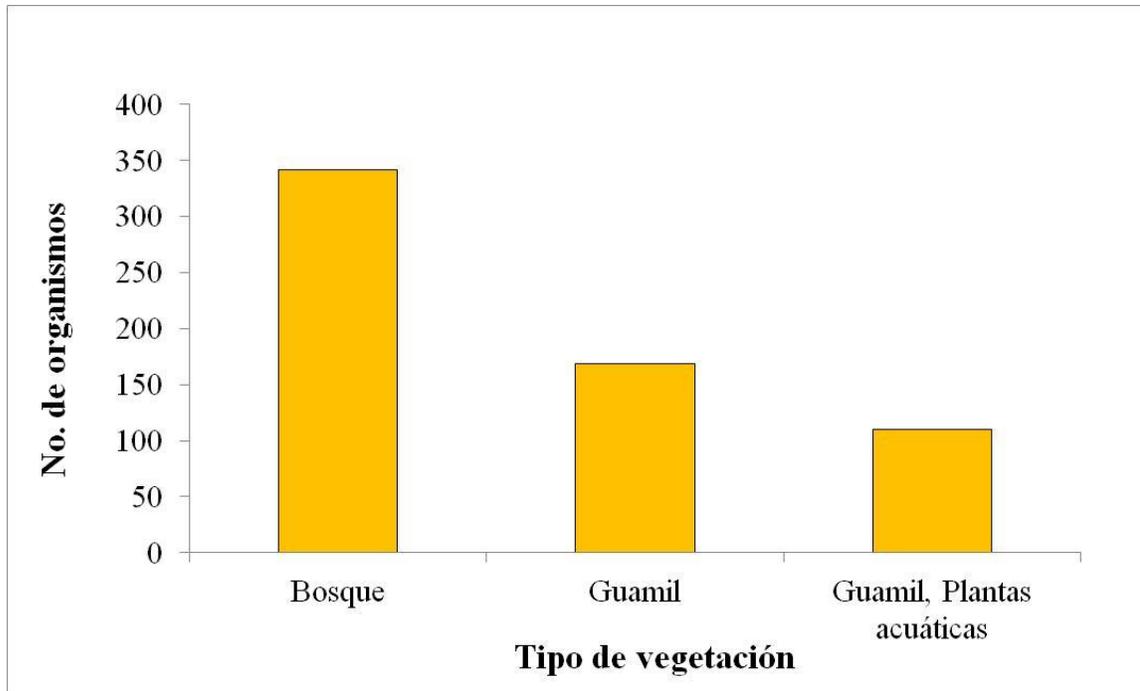


Figura No.20. Abundancia relativa de ictiofauna según tipo de vegetación (Trabajo de campo, 2013).

La presencia de especies varió en los meses de mayo y agosto, y según el tipo de vegetación presente para ambos ríos. En el caso del bosque, durante el mes de mayo se presentó mayor número de especies (10 spp), en donde las dos predominantes fue *Hyphessobrycon compressus* (44.95%) de la familia Characidae, mientras que las menos representativas fueron *Rivulus tenuis* (0.46%) de la familia Aplocheilidae y *Rhamdia guatemalensis* (0.46%) de la familia Pimelodidae (Figura No.21).

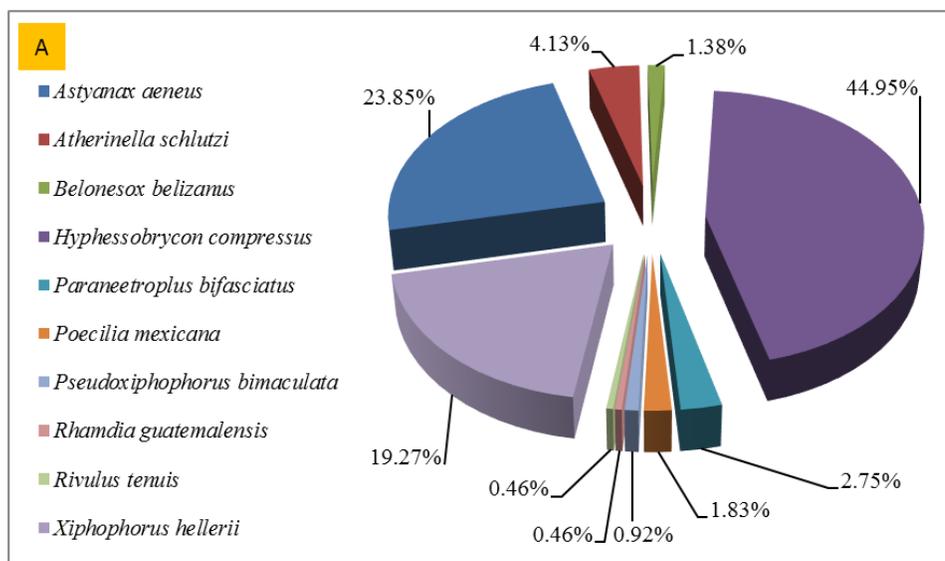


Figura No.21. Especies reportadas para mayo en bosque (Trabajo de campo, 2013).

En el caso del mes de agosto hubo tres especies menos que en el mes de mayo, siendo *Belonesox mexicanus*, *Rivulus tenuis* y *Xiphophorus hellerii* las tres que no se reportaron. La presencia de la especie *Hyphessobrycon compressus* (12.10%) disminuyó, mientras que la de *Astyanax aeneus* (44.35%) aumentó. Las menos representativas fueron *Paraneetroplus bifasciatus* (0.81%) y *Poecilia mexicana* (0.81%) (Figura No.22).

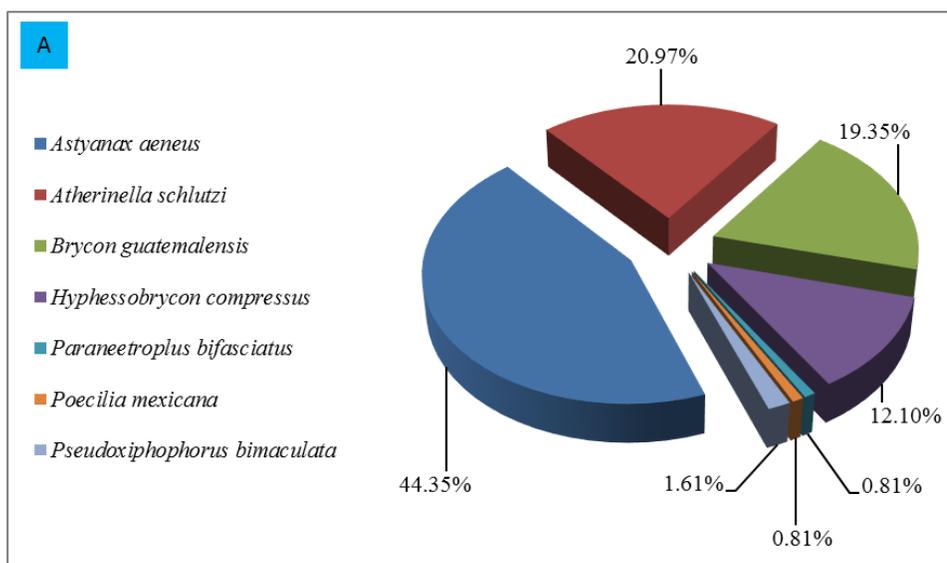


Figura No.22. Especies reportadas para agosto en bosque (Trabajo de campo, 2013).

En el caso del guamil, durante el mes de mayo también se presentaron 10 spp, en donde la predominante fue *Hyphessobrycon compressus* (69.81%) y *Poecilia mexicana* (9.43%). El resto de las especies se presentaron en proporciones bajas similares (1.98% - 3.77%) (Figura No.23).

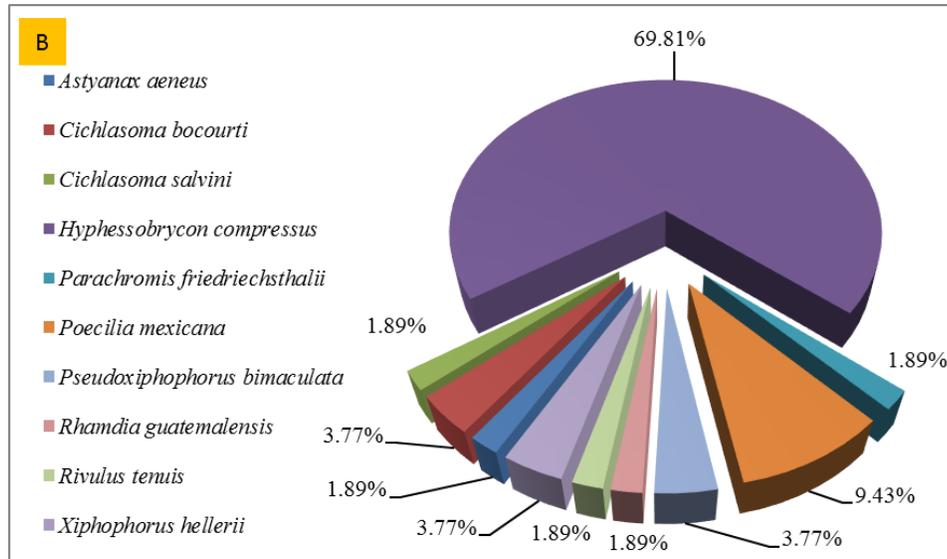


Figura No.23. Especies reportadas para mayo en guamil (Trabajo de campo, 2013).

En este tipo de vegetación, para el mes de mayo se reportaron tres especies diferentes de cíclidos no reportadas en el bosque, siendo estas *Cichlasoma bocourti*, *C. salvini* y *Parachromis friedrichsthalii*.

En el caso del mes de agosto se reportaron cinco especies menos que en el mes de mayo, siendo estas *Cichlasomabocourti*, *C. salvini*, *Parachromis friedrichsthalii*, *Ramdia guatemalensis*, *Rivulus tenuis* y *Xiphophorus hellerii*. La presencia de la especie *Hyphessobrycon compressus* (15.52%) disminuyó, mientras que la de *Astyanaxaeneus* (63.79%) aumentó. La menos representativa fue *Pseudoxiphophorus bimaculata* (3.45%) (Figura No.24).

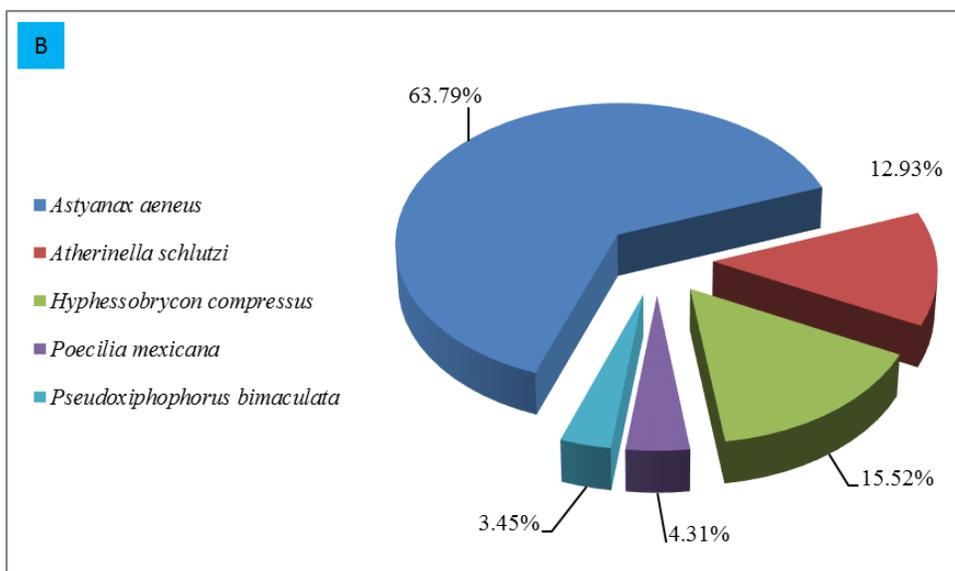


Figura No.24. Especies reportadas para agosto en guamil (Trabajo de campo, 2013).

En la vegetación guamil-plantas acuáticas, durante el mes de mayo se presentaron 9 spp, en donde la predominante fue *Hyphessobrycon compressus* (51.16%), seguida por *Astyanax aeneus* (16.28%) y *Atherinella schlutzi* (11.63%). En este caso se presentó una especie que no se reportó para bosque o guamil, la cual fue *Thorichtis helleri*(Figura No.25).

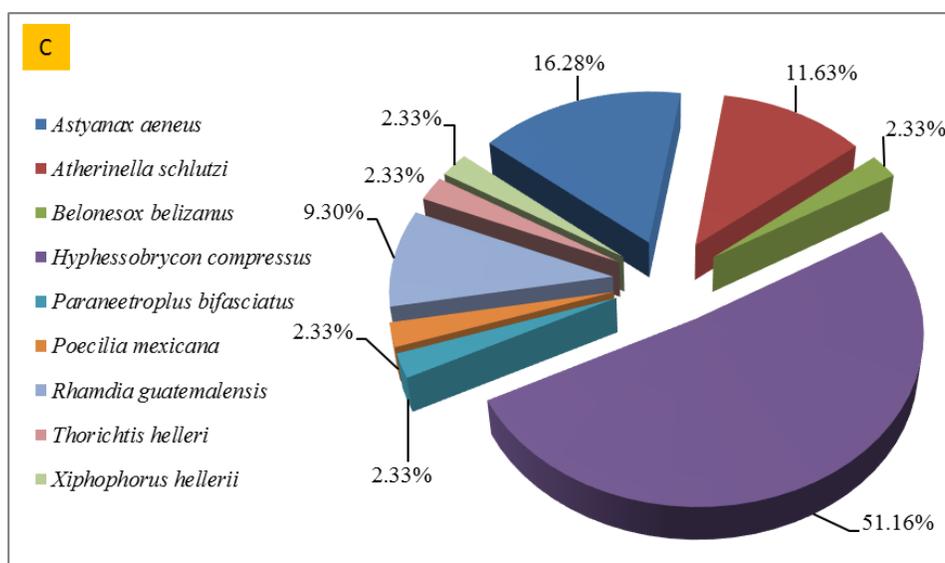


Figura No.25. Especies reportadas para mayo en guamil-plantas acuáticas (Trabajo de campo, 2013).

Durante el mes de agosto, se reportaron tres especies menos que en el mes de mayo, siendo estas *Belonesox belizanus*, *Rhamdia guatemalensis* y *Xiphophorus hellerii*. Además disminuyó la presencia de *Hyphessobrycon compressus* (2.99%), mientras que *Astyanax aeneus* (52.24%) y *Atherinella schlutzi* (38.81%) aumentaron (Figura No.26).

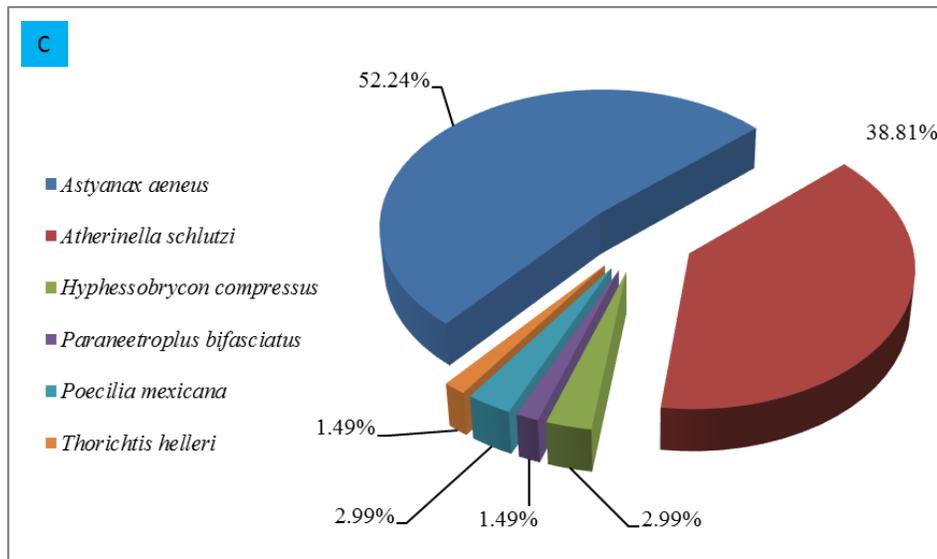


Figura No.26. Especies reportadas para agosto en guamil-plantas acuáticas (Trabajo de campo, 2013).

Cuando se compara la distribución de la diversidad en relación al tipo de fondo se observa que los tres sitios que presentan valores más altos son Arcilloso-Troncos-Hojas (ATH), Lodoso-Arenoso-Troncos-Hojas (LATH) y Lodoso-Troncos-Hojas –LTH-. Los tres sitios con valores de diversidad menores son Arcilloso-Arenoso-Rocoso (AAR), Lodoso (L) y Lodoso-Arenoso (Lar) (Figura No.27) (Ver nomenclatura en Cuadro No.8.).

Cuadro No.8. Nomenclatura para tipo de fondos.

Tipo de fondo	Nomenclatura
Arcilloso, Arenoso	AA
Arcilloso, Arenoso, Rocoso	AAR
Arcilloso, Arenoso, Troncos, Hojas	AAT
Arcilloso, Troncos, Hojas	ATH
Arenoso, Rocoso, Troncos, Hojas	ARTH
Arenoso, Troncos, Hojas	ArTH
Lodoso	L
Lodoso, Arcilloso, Troncos, Hojas	LAT
Lodoso, Arenoso	Lar
Lodoso, Arenoso, Troncos, Hojas	LATH
Lodoso, rocoso	LR
Lodoso, Troncos, Hojas	LTH

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

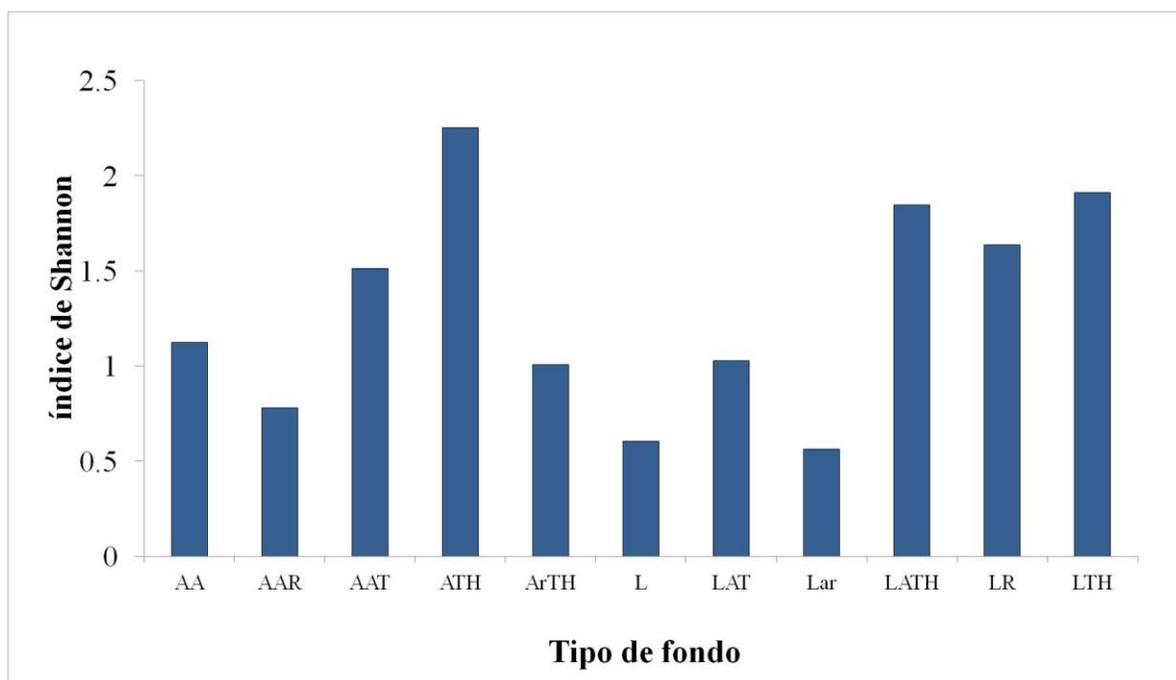


Figura No.27. Diversidad de ictiofauna según tipo de fondo (Trabajo de campo, 2013).

En los diversos tipos de fondos se observan pocas variaciones en el número de organismos, presentándose los tres valores más altos en Arcilloso-Arenoso (AA), Arcilloso-Arenoso-Rocoso (AAR), Lodoso-Troncos-Hojas (LTH) y los valores más bajos en Arenoso-Rocoso-

Troncos-Hojas (ARTH), Lodoso-Arenoso (LA), Lodoso-Arenoso-Troncos-Hojas (LATH), Lodoso-Rocoso (LR) (Figura No.28).

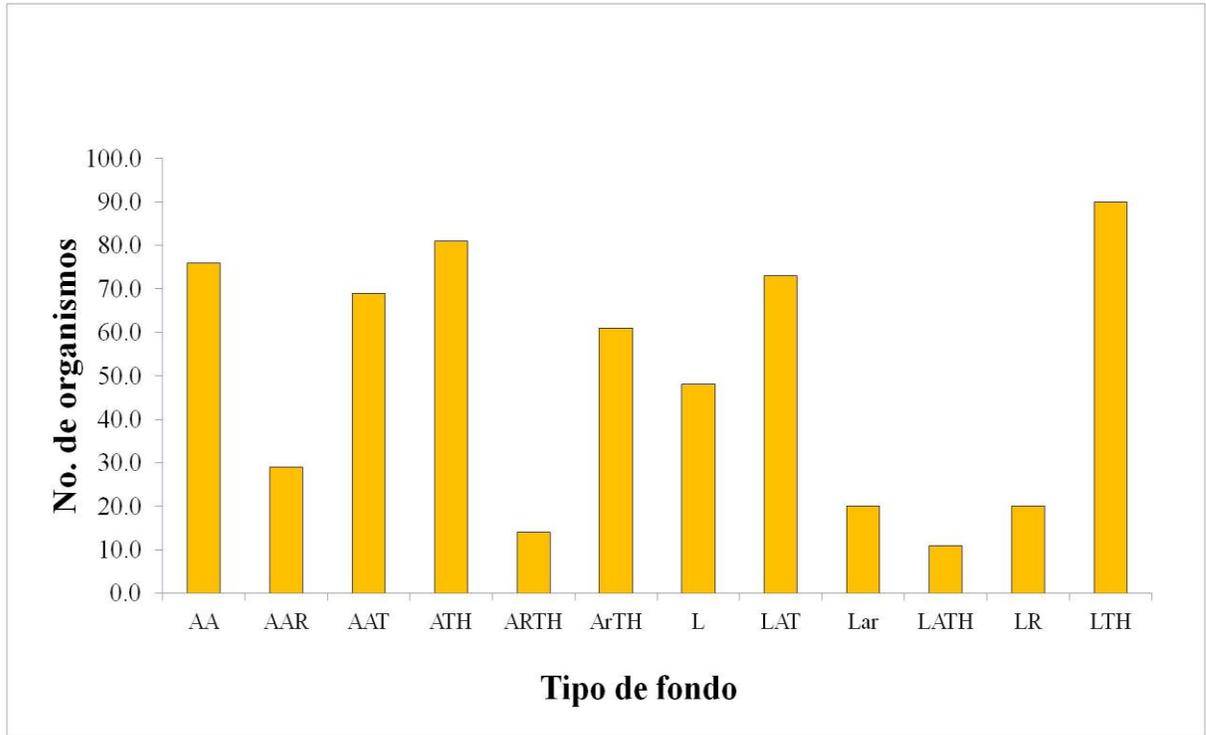


Figura No.28. Abundancia relativa de ictiofauna según el tipo de fondo (Trabajo de campo, 2013).

7. CONCLUSIONES

- La información generada en la presente investigación demuestra que las áreas muestreadas del sistema hídrico dentro del PNLL y su Zona de Amortiguamiento mantiene las condiciones adecuadas para para el desarrollo de la vida. Esta información generada se presenta como una línea base para la comparación en futuros monitoreos sistemáticos, permitiendo dar seguimiento a la evaluación en el impacto al recurso hídrico e hidrobiológico generado por la ampliación y asfaltado de la carretera FTN en los ríos La Ilusión y Las Mulas a través del tiempo.
- Durante el período de investigación, se documentaron 15 especies de los ríos La Ilusión y Las Mulas, pertenecientes a 14 familias. Además el comportamiento de los parámetros físico-químicos reportados se encuentran dentro de un rango normal y aceptable para la vida acuática antes y durante la lluvia. Las condiciones ambientales documentadas demuestran que la presencia de bosque mantiene valores adecuados los parámetros del agua y se aumenta la diversidad, mientras que estas variables disminuyen en puntos donde el bosque ha sido reemplazado por guamil.
- Dentro de los sitios de muestreo, los parámetros físico-químicos no presentan rangos fuera de límites y las condiciones ambientales son, en su mayoría, adecuadas para el desarrollo de la ictiofauna. Sin embargo la diversidad y abundancia de esta, son función de ciertas condiciones y parámetros, ya que ambas varían dependiendo de las características físicas, químicas y ambientales de los puntos de muestreo.

8. RECOMENDACIONES

1. Dar continuidad a los monitoreos de ictiofauna y parámetros físico-químicos en los cuerpos de agua cercanos a la carretera FTN, con el fin de documentar y comparar los posibles cambios a través del tiempo, que permitan tomar las decisiones pertinentes oportunamente.
2. Las artes de pesca utilizadas en el presente estudio deben ser diversificadas e incluir artes selectivas, para garantizar la captura de otras especies de peces y diferentes tallas.
3. El monitoreo debe incluir otros cuerpos de agua permanentes e intermitentes, y el mapeo de dichas corrientes con el fin de actualizar la información sobre la red hídrica de la Eco región Lachuá.
4. Incluir análisis de hidrocarburos dentro de los parámetros a monitorear en cuerpos de agua cercanos a la carretera FTN, para conocer las concentraciones de los mismos, provenientes de vehículos que circulan en la misma.
5. Es de gran importancia involucrar a las comunidades que habitan el área en actividades como muestreos, capacitaciones, entre otros, con el fin de que participen activa y responsablemente en el manejo de los cuerpos de agua.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, F. J. (2007). *Trabajo de graduación realizado en la zona de influencia del Parque Nacional laguna Lachuá, subcuenca del río Icbolay, Cobán; Alta Verapaz.* Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
2. Barrientos, C. A. (1999). *Caracterización de la ictiofauna con importancia alimenticia de los ríos San Pedro y Sacluc, en el área de influencia de la Estación Biológica “Las Guacamayas”, Departamento de El Petén, Guatemala.* Tesis Licenciado Biología. Guatemala: USAC.
3. Barrios, M. (2007). *Exploración del potencial de cultivos alternativos perennes de alto valor (Theobroma cacao) aplicados en áreas selectas para la restauración de selvas lluviosas fragmentadas en Cobán y Cahabón, Alta Verapaz.* Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología [SENACYT].
4. Barrios, M., Monzón, I., Gutiérrez, M., y Tzirin, V. (2007). *Rupturas, reconstrucción y continuidad en cinco comunidades Q'eqchi': Las mujeres y el acceso a la tierra.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar [URL].
5. Bosque Modelo Lachuá [BML]. (2010). *Gobernanza socio-ambiental: el caso de comunidades indígenas Q'uechi's en la Ecoregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.* Guatemala: Autor.
6. Christensen, M. y Granados, P. (2002). *Preliminary study of the limnological characteristics of the Lachuá lagoon: A baseline study of ichthyofauna composition and physico-chemical properties for conservation and management purposes / The Lachuá lagoon National Park, Cobán Alta Verapaz, Guatemala.* Guatemala: Fundación Solar.

7. Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] e Instituto Nacional de Bosques [INAB]. (2004). *Plan maestro, Parque Nacional laguna Lachuá*. Guatemala: Autor.
8. Eschmeyer, W.N. and J.D. Fong. 2012. *Species of fishes by family/subfamily*. [en línea]. Recuperado enero 31, 2013, de <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>.
9. Escuela de Biología. (2012). *Estación Biológica Santa Lucía Lachuá* (diapositivas). Guatemala: USAC.
10. Estrada, A. (2012). *Peces de aguas continentales presentes en las colecciones de referencia de Guatemala*. Tesis Licenciada Acuicultura. Guatemala: USAC.
11. García, P. (2010). *Evaluación de los efectos del cambio del uso de la tierra sobre la calidad del agua y los patrones de diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la Eco-región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Guatemala: INAB.
12. Golicher, D. (2008). *¿Cómo cuantificar la diversidad?* [en línea]. Recuperado enero 31, 2013, de <http://duncanjg.files.wordpress.com/2008/02/clasediversidad1.pdf>
13. Granados, P. (2001). *Ictiofauna de la laguna Lachuá, Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis Licenciado Biología. Guatemala: USAC.
14. Granados-Dieseldorff, P., Christensen, M. F. y Kihn-Pineda, H. (2012). *Fishes from Lachuá Lake, Upper Usumacinta Basin* [en línea]. Recuperado enero 31, 2013, de www.checklist.org.br
15. Greenfield, D.W. and Thomerson, J.E. (1997). *Fishes of the continental waters of Belize*. Estados Unidos: University of Florida.

16. Hammer, O. Ryan, H. (2003). *PAST – PAleontologicalSTatistics, ver.1.13*. E.E.U.U.: Autor.
17. Hernández, A. Saborido, F. (2008). *Abundancia relativa de los peces en la Costa Oriental del Lago de Nicaragua. Compendio de investigaciones de la Ictiofauna de importancia comercial en río San Juan y el lago de Nicaragua, III*. Nicaragua: Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA], Instituto Nicaragüense de Pesca [INPESCA].
18. Hernández, J. M. (2007). *Trabajo de graduación realizado en la “zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, subcuenca del río Salinas (área de captación), Cobán, Alta Verapaz*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala: USAC.
19. Molina, O. (2000). *Caracterización preliminar (estación lluviosa) de la ictiofauna de la laguna del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Técnico en Acuicultura. Guatemala: USAC.
20. Monzón, R. (1999). *Estudio general de los recursos agua, suelo y del uso de la tierra del Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala: USAC.
21. Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia [SEGEPLAN] y Dirección de Ordenamiento Territorial. (2011). *Plan de desarrollo integral de la Franja Transvernal Norte*. Guatemala: Autor.
22. Shannon, C.E. Weaver. W. (1949, 16 de junio). *The Mathematical Theory of Communication*. *University Illinois Press, Urbana, IL*.
23. Unión Mundial para la Naturaleza [UICN]. (2007). *Diagnóstico de recursos hídricos del Parque Nacional Laguna Lachuá y su importancia para el abastecimiento de agua en la eco región*. Guatemala: Autor.

10. ANEXOS

**BOLETA DE TOMA DE DATOS
ECO REGIÓN LACHUÁ**

MUESTREO No. _____ RÍO: Las Mulias La Ilusión UBICACIÓN DEL PUNTO: Parte Norte Parte Sur

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y CONDICIONES AMBIENTALES

Punto No. Parámetro	1 Fecha Hora	2 Fecha Hora	3 Fecha Hora	4 Fecha Hora	5 Fecha Hora	6 Fecha Hora
T °C DEL AGUA						
OD mg/L						
pH						
CONDUCTIVIDAD μ S						
PROFUNDIDAD m						
FOSFATOS ppm						
NITRATOS ppm						
AMONIO ppm						
TURBIDEZ FAU						
DÍA						
VEGETACIÓN						
SOMBRA						
FONDO APARENTE						

DÍA: 1. Nublado 2. Parcialmente nublado 3. Soleado
 VEGETACIÓN: 1. Guamil (H-II) 2. Bosque
 SOMBRA: 1. Poca 2. Media 3. Bastante
 FONDO APARENTE: 1. Lodoso 2. Arcilloso 3. Arenoso 4. Rocoso 5. Materia orgánica

Anexo No.1. Boleta para toma de parámetros físico-químicos y características ambientales(Trabajo de campo, 2013).