



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

DIFERENCIAS EN LA POBLACIÓN DE *Eretmobrycon ecuadorensis* DEL RÍO SÁLIMA, CANTÓN ATACAMES, A DIFERENTES NIVELES ALTITUDINALES, COMO UN BIOINDICADOR DE LA CALIDAD AMBIENTAL.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA

ERIKA PAOLA ESTRADA GUAGUA

ASESOR

MGT. PEDRO JIMÉNEZ PRADO

Esmeraldas – Enero, 2019

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE-Esmeraldas previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental.

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Lucía Vernaza Quiñónez
Lector 1

PhD. Olga Carnicer Castaño
Lector 2

PhD. Jorge Velazco Vargas
Coordinador de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Pedro Jiménez Prado
Director de Tesis

Esmeraldas, dede 2019

AUTORÍA

Yo, Erika Paola Estrada Guagua, con cedula de identidad N° 0804340461, declaro que el trabajo de tesis presentado es de mi total originalidad y reitero que soy absoluta responsable de los resultados que obtuve en la realización de mi investigación, los cuales son personales y auténticos.

Expreso que en virtud de lo realizado, el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas.

Estrada Guagua Erika Paola

C.I. 0804340461

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por ser el dueño de mis días, y por permitirme culminar esta etapa de mi vida; mi carrera universitaria, con perseverancia y resistencia, con el fin de cumplir mis objetivos propuestos en el transcurso de la misma y culminar mi meta.

Agradezco a mis padres por su gran apoyo; a mi madre Magnolia Guagua Pérez por su inmenso amor, lucha incondicional, ayuda idónea, sus sabios consejos y palabras de aliento, por darme la oportunidad de cursar una carrera universitaria; a mi padre Euquerio Estrada Murillo por sus consejos de vida y motivación a cumplir mis sueños; Gracias a los dos por ser ese abrazo en el cual siempre podré regocijarme.

A mí querido asesor Pedro Jiménez Prado, por su atención y ayuda, su lado amigo y su apoyo incondicional dentro de esta etapa, su sinceridad para alentarme y su experiencia para ayudarme cuando lo he necesitado, agradezco su paciencia, buen ánimo y por siempre brindarme una sonrisa, aun cuando todo parecía complicado.

Agradezco a mi hermano menor Erick Paúl Estrada Guagua, por haber sido parte de mi equipo de muestreo y acompañarme en cada uno de ellos incondicionalmente.

A Raúl Orellana, alguien especial con quien siempre conté de manera incondicional en todas y cada una de las etapas de mi tesis, por sus palabras de aliento, apoyo y compañía en cada uno de mis días.

A Eugenia la dueña de mi amor más puro y leal, quien siempre se desveló junto a mí y me acompaña en cada momento importante de mi vida.

A Rocío Escanta, amiga y gran compañera de tesis de inicio a fin, quien siempre estuvo ahí para guiarme cuando lo necesité.

Agradezco a todas las personas que fueron parte importante en este camino; mi familia, mis amigos, tíos, primas y también a esos grandes profesionales que impartieron sus conocimientos durante toda mi carrera, a mis lectoras de tesis por todo su apoyo y a la Escuela de Gestión Ambiental, por las experiencias maravillosas y por enseñarme junto a todo su equipo de trabajo que sólo se protege lo que se conoce. Gracias Totales.

DEDICATORIA

*A la memoria de mi abuelito **Mariano**, el mejor pescador y amigo que la vida me permitió conocer, quien fue mi inspiración en mi tema de tesis y siempre me alentó desde pequeña a luchar por todo lo deseado.*

*A mi compañera de vida y de grandes batallas, mi abnegada madre **Magnolia**. Gracias por cada día de esfuerzo y por ser el motor principal para culminar esta meta.*

Con amor....

....Erika.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORÍA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
Presentación del Tema de Investigación.....	1
Justificación	3
Objetivos	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	6
Bases teórico-científicas	6
Los peces bioindicadores de calidad de agua.....	6
Morfometría Geométrica.....	6
Obtención de los datos en la Morfometría Geométrica.....	7
Landmarks, datos morfométricos, tamaño y forma.....	7
Relación Longitud-peso en peces.....	8
Factor de Condición	8
Conservación de los recursos hídricos	9
Marco Legal	9
Constitución 2008 de la República del Ecuador	9
CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE (COA).....	9
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	10
Ley de pesca y desarrollo pesquero.....	11
Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN	11
Acuerdo No. 097-A. Refórmese El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.	11
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	13
Área de estudio	13
Recolección de Muestras	15
Muestreo para el registro de Parámetros Físico-Químico.....	15
Muestreo y Captura de Peces	15

Análisis de Laboratorio.....	16
Procesamiento de muestras para parámetros físico-químico (Agua).....	16
Procesamiento de Peces (Talla-peso).....	16
Fijación y Toma de fotos (Obtención de Imágenes Digitalizadas).....	17
Análisis de Datos	18
Factor de Condición (K).....	18
Utilización y Manejo de Programas.....	18
Programa MorphoJ:.....	20
Generación de Matriz de Covarianza.:	20
Análisis de Componentes Principales (PCA):.....	20
Análisis de Variantes Canónicas (CVA):.....	20
Análisis de regresión:	20
Análisis de Función Discriminante (DFA):	20
□ Análisis de Componentes principales (PCA):	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS	22
Base de datos <i>E. ecuadorensis</i>	24
Análisis de talla con respecto a las zonas de estudio.....	24
Análisis de peso con respecto a las zonas de estudio	25
Análisis de Factor de Condición con respecto a las diferentes Zonas de Estudio.....	26
Análisis morfométricos de peces seleccionados.....	27
Variación Canónica en relación con el tamaño centroide.....	27
Análisis Global de Variación Canónica.....	29
Análisis Morfométricos Bimensuales.....	30
Análisis del Bimestre Mayo-Junio de Variación Canónica.	30
Análisis del Bimestre Julio-Agosto de Variación Canónica.	31
Análisis del Bimestre Septiembre-October de Variación Canónica	31
Análisis de Gradilla de Deformación Global	32
Gradilla de Deformación Bimestral.....	34
Bimestre Mayo-Junio	34
Bimestre Septiembre-October.....	36
Análisis de Funciones Discriminantes	37
Análisis de componentes principales para relacionar zonas con los parámetros físico-químicos.....	38

Análisis de Parámetros Físico-Químicos con relación al tamaño centroide de la forma..	40
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	41
CAPITULO V: CONCLUSIÓN.....	46
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS	53
.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Nombre y Coordenadas de las estaciones de muestreo.....	13
<i>Tabla 2.</i> Promedio de los resultados de los parámetros físico-químicos en las diferentes zonas de estudio.....	23
<i>Tabla 3.</i> Especímenes utilizados en el estudio, por mes y zona.....	24
<i>Tabla 4.</i> Análisis de comparaciones múltiples para <i>E. ecuadorensis</i> de acuerdo a la zona de muestreo.	29
<i>Tabla 5.-</i> Correlación de Pearson entre parámetros físico-químicos con el tamaño centroide y la forma expresada en el PC1 y CV1.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio: P1._ Zona alta (Sector Chapil); P2.Zona media (sector comunidad de Sálima o puente), P3._ Zona baja (Puente de las Mareas).....	14
Figura 2. Fotos digitalizadas, y fijación de alfileres.....	17
Figura 3. Creación de archivo tps, mediante el programa TpsUtil.....	18
Figura 4. Selección de los 12 hitos anatómicos para el espécimen <i>E. ecuadorensis</i>	19
Figura 5.Análisis de las tallas con relación a las diferentes zonas de Muestreo	25
Figura 6.Análisis de peso con las diferentes zonas de Muestreo	26
Figura 7.Análisis de factor de condición con las diferentes zonas de Muestreo	27
Figura 8. Análisis de Variación Canónica en relación con el Tamaño Centroide.....	28
Figura 9. Análisis Global de Variación Canónica.	29
Figura 10. Análisis del Bimestre Mayo-Junio de Variación Canónica	30
Figura 11. Análisis del Bimestre Julio-Agosto de Variación Canónica.	31
Figura 12. Análisis del Bimestre Septiembre-Octubre de Variación Canónica	32
Figura 13-. Análisis de Gradilla de Deformación Global.....	33
Figura 14.- Análisis de Gradilla de Deformación Bimestre Mayo-Junio.....	34
Figura 15. .- Análisis de Gradilla de Deformación Bimestre Julio-Agosto	35
Figura 16 .- Análisis de Gradilla de Deformación Bimestre Septiembre-Octubre.....	36
Figura 17.- Análisis de Funciones Discriminantes	37
Figura 18.- Análisis de componentes principales para relacionar zonas con los parámetros físico-químicos.	39

RESUMEN

Hoy en día la mayoría de las cuencas hidrográficas de nuestro país han sido intervenidas por actividades antrópicas que generan contaminación y a causa de esto se ve perjudicada la biodiversidad que en ellas se desarrolla. A medida que pasan los años las comunidades de peces en los ríos van desapareciendo debido a numerosos factores que producen impacto en sectores aledaños. Este estudio analiza la población de *Eretmobrycon ecuadorensis* como bioindicador de la calidad del agua durante seis meses de muestreo de mayo a octubre de 2017, dividiendo al Río Sálima en tres tramos altitudinales; Zona Alta, Zona Media y Zona Baja. Utilizando la técnica de Morfometría Geométrica para demostrar la variación en la forma de los individuos.

En términos generales la presente investigación arrojó diferencias significativas en las tallas y pesos entre los tres puntos de estudio con análisis ANOVA para talla ($F = 20,21$ $p < 0.05$) y de ($F=13.78$ $p < 0.05$) para peso, mientras que en el factor de condición los tres lugares se mantuvieron igual con ANOVA ($F= 1,28$ $p > 0.05$); así como en la forma del cuerpo donde también se reflejaron diferencias entre las tres zonas estudiadas. Se evidenció variabilidad morfológica entre individuos a diferentes niveles altitudinales, demostrando que es una especie que puede tolerar alteraciones en su hábitat; mostrando un cuerpo más alto a nivel de la zona baja y un cuerpo más bajo a nivel de la zona alta.

Palabras Claves: Morfometría Geométrica, diferencia zonal altitudinal, *Eretmobrycon ecuadorensis*.

ABSTRACT

Today most of the watersheds of our country have been intervened by anthropogenic activities that cause pollution and for this has damaged the biodiversity that is maintained in them. As the years pass, fish communities in the rivers disappear due to numerous factors that have an impact on surrounding areas. This study analyzes the population of *Eretmobrycon ecuadorensis* as a bioindicator of water quality during the sample months from May to October 2017, dividing Sálima river into three altitudinal stretches; High Zone, Middle Zone and Low Zone. Using the Geometric morphometry technique to demonstrate the variation in the shape of individuals.

In general terms, the present investigation showed significant differences in the sizes and weights between the three study points with ANOVA analysis for height ($F = 20.21$ $p < 0.05$) and of ($F = 13.78$ $p < 0.05$) for weight, while in the condition factor the three places remained the same with ANOVA ($F = 1.28$ $p > 0.05$); as well as in the shape of the body where differences were also reflected between the three areas studied. Morphological variability between individuals at different altitudinal levels was demonstrated, demonstrating that it is a species that can tolerate alterations in its habitat; showing a higher body at the level of the lower area and a lower body at the level of the upper zone.

Keywords: Geometric Morphometrics, difference zonal altitudinal, *Eretmobrycon ecuadorensis*.

INTRODUCCIÓN

Presentación del Tema de Investigación

Hoy en día el hombre se beneficia de los servicios que ofrecen los ríos en una cuenca hidrológica, de esta manera tiene una influencia directa o indirecta sobre los mismos y por consiguiente con su biota acuática. El uso del recurso agua implica un sinnúmero de modificaciones a la morfología de los ríos (Ibarra, 2005), las actividades humanas con el avance del tiempo han tenido un profundo efecto en su comportamiento , tales como; la contaminación del agua, ya sea causado por aguas residuales, vertidos industriales, escurrimiento de nutrientes, plaguicidas o derrames accidentales e intervenciones antrópicas, que han sido reconocidas como un problema para la integridad de las cuencas.(Raven et al., 1998).

El estudio de la calidad de un hábitat es muy importante para caracterizar ecológicamente a un sistema fluvial; considerando que tanto la diversidad biológica como el hábitat tienen relación cercana (Raven et al., 1998), por lo tanto se puede decir que la capacidad biológica en los ríos está limitada por la calidad físico-química del hábitat, facilitando o no, el ambiente adecuado para que las comunidades biológicas puedan desarrollarse (Southwood, 1977).

Los peces tienen valor como indicadores, para periodos de mediano a largo plazo, medio año o más; pero también por su relación con determinados hábitats fluviales o de ribera (Guixé, 2012). Para poder interpretar los gradientes de ocupación del espacio y el papel que juegan los peces en un ecosistema fluvial específico, es necesario realizar una aproximación a su composición específica, su abundancia y distribución. (Elosegui, Sabater, & Fundación BBVA, 2009)

Los peces se alimentan, crecen y reproducen en un medio en el que interaccionan de manera constante debido a que toda su estructura fisiológica ha evolucionado para el desarrollo en dicho hábitat, están incluidos en un bucle trófico, debido a esto son imprescindibles para el desarrollo armónico del ecosistema, por eso como bioindicadores de contaminación miden fluidos corporales, células, tejidos u otras variables biológicas que indiquen la presencia y magnitud de estrés por variaciones en el medio acuático (Romano, 2016).

Por otro lado los indicadores de calidad físico-química, regulan distintas variables de calidad del agua, entre ellas la conductividad eléctrica, el pH, el oxígeno disuelto, la temperatura del agua y los nutrientes (amonio, fosfatos, nitratos). El índice de calidad del agua para la vida de los peces mide la capacidad de los sistemas fluviales para acoger poblaciones estables a partir de variables fisicoquímicas del agua. (Guixé, 2012).

Para mejorar el análisis en el estudio de ecosistemas fluviales, se realizan selecciones de tramos a diferentes niveles altitudinales, denominados zonas o puntos de muestreos, la expresión del dinamismo fluvial está dada en el espacio y tiempo por lo que se tienen en cuenta también estaciones y los ya mencionados tramos; altos, medios y bajos con una pendiente decreciente, mayor anchura profundidad y caudal (Elosegui et al., 2009).

Entre los estudios más importantes que se ha llevado a cabo desde los inicios de la biología está la descripción anatómica y morfológica de los seres vivos que tienen la finalidad de analizar diferencias entre especies y dentro de una misma especie (Adams, Rohlf, & Slice, 2013). La morfometría está destinada al estudio de la variación de tamaño y forma de algunas estructuras de los organismos y debido a sus variables es dividida en Morfometría Tradicional y Morfometría Geométrica. En la actualidad se mantienen los métodos de estudios biológicos realizados en algunos organismos, es por esto que la mayoría se han centrado en la morfometría tradicional (Adams et al., 2013).

Debido a las limitaciones de la morfometría tradicional, a finales del siglo XX surgió la morfometría geométrica, que ha sido descrita como “una fusión empírica de la geometría con la biología” (Strauss & Bookstein, 1982) porque analiza la forma de los organismos o de alguna de sus estructuras, considerando el espacio geométrico y empleando métodos estadísticos multivariados (Ibacache, Viviana, Manriquez Soto, & Suazo Galdames, 2010).

Los estudios de la metodología morfométrica y sus nuevos enfoques son más eficaces en la captura de información sobre la “forma pura” de un organismo y resultan en procedimientos estadísticos más poderosos para probar las diferencias en forma. También son más eficaces para permitir a un investigador visualizar las diferencias de forma y sugerir medidas tradicionales simples que podrían utilizarse en futuros estudios (Rohlf & F. Marcus, 1993).

En Ecuador la mayor contribución en temas de morfometría geométrica se realizó en el Río Santa Rosa ubicado en el suroccidente del país en el género *Rhoadsia*, a través de una investigación realizada en los años 2012 a 2013 que dio lugar a interesantes resultados que demuestran que si existen diferencias entre poblaciones de zonas bajas con aquellos de zonas altas (Aguirre et al., 2016); sin embargo, el mismo autor considera importante realizar estudios en el noroccidente del Ecuador, es decir en áreas como las que se efectuó el presente estudio.

La especie *E. ecuadorensis* como es llamada de manera científica es una especie de la familia *Characidae* del género *Eretmobrycon* que se encuentra en América Central y América del Sur. Esta especie es muy común a lo largo de la vertiente occidental del sur de Ecuador. Según Jiménez-Prado, 2013, su nombre común en el río Atacames es tacuana, es una especie endémica de Ecuador, es muy abundante y suele andar en cardumen, habita en los ríos de vegetación sumergida con fondos de sustratos de arena y fango. Existen pocas publicaciones acerca de esta especie en el aporte ictiológico del país (Román- Valencia, 2015).

Justificación

La mayoría de las cuencas hidrográficas de nuestro país han sido intervenidas por actividades antrópicas que generan contaminación y a causa de esto se ve perjudicada la biodiversidad que en ellas se desarrolla. A medida que pasan los años las comunidades de peces en los ríos van desapareciendo debido a numerosos factores que producen impacto en sectores aledaños.

Sumando la necesidad de contar con información relacionada a lo mencionado en el primer párrafo, en el presente estudio se tuvo la necesidad de levantar información específica sobre la especie *E. ecuadorensis* en cuanto a la variación de su forma y tamaño según las zonas de estudio y la influencia de parámetros físico-químicos en su hábitat natural.

La cuenca del río Atacames comprende unos 300 km², y es drenada por los ríos Taseche y Sálima que forman el río Atacames (Jiménez Prado, 2012). Los ecosistemas acuáticos protegen una gran diversidad de organismos, por consecuente los impactos de la contaminación influyen a cambios en la estructura de sus comunidades, las funciones

biológicas de los individuos y sus sistemas acuáticos, perturbando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva.

El río Salima fue dividido en tramos o puntos de muestreos para la realización de este estudio; como punto de referencia el sector de las mareas fue definido como Zona Baja en el área de este estudio, en este sitio se encuentra un sector Palmicultor (Monocultivo de Palma Africana), hoy en día las consecuencias que estas plantaciones ocasionan al agua de los ríos es un problema grave para el manejo integral de sus cuencas, por este motivo se tuvo la necesidad de realizar un análisis de agua que permita identificar la calidad del hábitat de la población estudiada. La evaluación de los recursos hídricos en cualquier Cuenca Hidrográfica es un componente crucial para la planificación futura del desarrollo de la región. Una planificación sustentable del uso y distribución del agua es solamente posible si se conoce cuáles son las condiciones físicas, químicas y biológicas de las mismas (Jiménez Prado, 2012).

Según Romano, (2016), la importancia de evaluar bioindicadores es la detección temprana de la presencia de contaminantes y dependiendo de las alteraciones observadas se puede analizar retrospectivamente o prospectivamente las modificaciones y el impacto de los contaminantes sobre el ambiente acuático.

Una manera interesante de describir la biología de poblaciones de peces es mediante la relación longitud-peso y el factor de condición (K), estos descriptores aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional, reproducción y estado de salud de las mismas. Siendo esta información una referencia útil para realizar comparaciones en poblaciones en condiciones naturales; es decir en poblaciones de peces que se encuentran en ecosistemas con baja intervención antrópica, y sus cambios en poblaciones que habitan en ecosistemas o tramos perturbados (Cifuentes et al., 2012).

Aguirre & Jiménez-Prado, (2018) afirman que la Morfometría Geométrica tiene muchas ventajas sobre métodos tradicionales de análisis de datos morfológicos, en especial porque permite el estudio de la forma manteniendo su configuración geométrica intacta; es decir, en vez de estudiar a la forma como una serie de medidas lineales difícilmente relacionables entre sí, se considera a la forma en su totalidad, como existe realmente en la naturaleza.

Esta técnica genera un conjunto de variables que se pueden usar directamente en análisis multivariados y estadísticos, usando programas especializados para esta metodología, no costosos y de fácil acceso en páginas web, pretendiendo con esto eliminar diferencias en cuanto a tamaño de los peces, proporcionando una mayor precisión en su variación morfológica (Windsor Aguirre & Jiménez-Prado, 2018).

Objetivos

El objetivo general de este estudio fue analizar la población de *Eretmobrycom ecuadorensis* a diferentes niveles altitudinales en el río Sálima, como un bioindicador de la calidad ambiental.

Se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Describir los parámetros poblacionales mediante una aproximación con la composición de tallas, pesos y estados de condición.
- Analizar la morfometría en la población de *E. ecuadorensis* mediante el uso de la morfometría geométrica.
- Comparar los cambios en la forma del cuerpo entre la zona alta (menor impacto) y zona baja (mayor impacto).

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Bases teórico-científicas

Los peces bioindicadores de calidad de agua

Los peces pueden ser considerados como indicador biológico porque son organismos fáciles de capturar e identificar, son los mejores conocidos de hábitats acuáticos y a su vez están presentes en los pequeños cuerpos de agua y aun en aquellos ecosistemas con ciertos niveles de contaminación (Arce, 2006).

La comunidad de peces presenta numerosas ventajas como organismos indicadores en los programas de monitoreo biológico, citando entre ellas la disponibilidad de información sobre el ciclo de vida de un gran número de especies, por incluir una variedad de niveles tróficos (omnívoros, herbívoros, insectívoros, planctívoros, carnívoros) que comprende alimentos tanto de origen acuática como terrestre. La posición de los peces en la cima de la cadena alimentaria en relación otros indicadores de calidad del agua, como diatomeas e invertebrados, favorece una visión integrada del medio ambiente acuático. Además de esto, relativamente fáciles de identificar, y situaciones críticas, como la mortalidad de los peces, ser informadas por el público en general, lo que puede llamar la atención sobre los cambios en las condiciones de calidad de agua de los ambientes (Araújo, 1998).

Las actividades antrópicas han ejercido normalmente profunda y negativa influencia en los peces de agua dulce, de los menores arroyos a los mayores ríos. Algunos efectos negativos se deben a los contaminantes, mientras que otros están asociados a los cambios en la hidrología de la cuenca, modificaciones en el hábitat y en las modificaciones de las fuentes de energía, que depende de la biota acuática (Araújo, 1998).

Según Araújo;(1998), el primer sistema multimétrico para conocer la calidad del agua fue desarrollado para aplicarse en peces. Los peces han sido ampliamente utilizados para evaluar la integridad biótica en arroyos y ríos (Jiménez Prado, 2012).

Morfometría Geométrica

Kendall (1977), fue un estadístico británico que propuso la definición fundamental sobre la Morfometría Geométrica y sostuvo que “Forma es toda la información geométrica que resulta de retirar los efectos de la posición, escala y rotación de un objeto”. Por tanto el origen fundamentado de Morfometría Geométrica es analizar la forma independientemente de aquellos componentes que no definen la geometría intrínseca del objeto, esta definición también da una idea de cómo debieran ser los procedimientos matemáticos, que sean fundamentalmente geométricos para llevar a cabo el análisis de la forma (Ibacache et al., 2010).

Obtención de los datos en la Morfometría Geométrica

Para realizar un análisis morfométrico sus datos utilizados son un conjunto de hitos representativos de una forma que corresponde a un punto del espacio que tienen nombre y coordenadas cartesianas (x, y) en formas bidimensionales, y (x, y, z) en tridimensionales, que son las que describen su posición en el espacio (Bookstein, 1991). En Morfometría Geométrica los conjuntos de coordenadas corresponden a los datos primarios que son luego sometidos a análisis. Es muy importante y crucial la selección de hitos en la planificación de estudios de Morfometría Geométrica, de ella dependen tanto la confiabilidad de resultados estadísticos como la cantidad de información que pueda obtenerse, producto de estas implicancias biológicas de las variaciones observadas, algo de particular importancia en la morfometría funcional (Ibacache et al., 2010).

Landmarks, datos morfométricos, tamaño y forma

Los landmarks o hitos pueden ser definidos como puntos anatómicos o geoméricamente homólogos entre estructuras. Bookstein (1991). Distinguió tres tipos de landmarks: (Torcida & Perez, 2012).

Tipo I: aquellos puntos que cuentan con mayor evidencia biológica de su homología; por ejemplo, un patrón local de yuxtaposición de tejidos o una pequeña sección de características histológicas inusuales.

Tipo II: puntos cuya homología sólo se sostiene con evidencia geométrica y no histológica; por ejemplo, puntos de máxima curvatura.

Tipo III: puntos con al menos una coordenada ambigua; por ejemplo, los extremos de un diámetro máximo o el punto inferior de una concavidad. Estos landmarks caracterizan más de una región de la estructura, condicionando cualquier interpretación geométrica o biológica que se haga sobre ellos. Debido a la naturaleza imprecisa de los landmarks de tipo III, Bookstein revisó en 1997 su clasificación de 1991 y denominó semilandmarks a éste último grupo (Bookstein, 1997).

Relación Longitud-peso en peces

Para obtener información sobre la condición de crecimiento de los peces, se usó inicialmente la relación longitud-peso y también para determinar si el peso incrementa en forma proporcional a la longitud tratándose de un crecimiento isométrico o si el peso no se incrementa en forma proporcional a la longitud siendo un crecimiento alométrico (Cren, 1951). Según (Jellyman, Booker, Crow, L Bonnett, & Jellyman, 2013) esta relación es de gran aporte e información fundamental para los científicos que intentan deducir la estructura de edad, calcular las tasas de crecimiento o cuantificar algún otro aspecto de la dinámica de la población de peces (De La Hoz Maestre, 2018).

Luego de varias revisiones de métodos de las relaciones de longitud-peso según Froese, (2006), se puede aportar e incluir este análisis ya que puede brindar información importante acerca de la ecología de una especie a pesar de que antes no tenía la misma importancia en función de sus resultados. También se requiere la relación de longitud-peso para estimar el factor de condición de un pez (De La Hoz Maestre, 2018).

Factor de Condición

El factor de condición de Fulton es ampliamente usado en estudios de pesca y biología general de peces. Este factor se calcula a partir de la relación entre el peso de un pez y su longitud, con la intención de describir la condición de ese individuo. Su fórmula es $K = 100\left(\frac{W}{L^3}\right)$ donde **K** = Factor de condición de Fulton, **W**=el peso del pez, y **L** es la longitud. (Froese, 2006) determina que en sí este índice se basa en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Nash, Valencia, & Geffen, 2006).

Conservación de los recursos hídricos

La protección y conservación se entiende en términos de cantidad al uso de volúmenes renovables o la capacidad de recarga (sustentabilidad); y, de calidad, en cuanto a certificar los objetivos de calidad establecidos según los usos prioritarios del recurso. La planificación de los recursos hídricos al interior de un sistema hidrográfico es un aporte fundamental en el proceso de gestión integrada, en razón de que el ámbito natural para valoración del potencial hídrico es la cuenca hidrográfica.(Jouravlev, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe, & División de Recursos Naturales e Infraestructura, 2003).

Marco Legal

Constitución 2008 de la República del Ecuador

La Constitución cita en su Art.281. Que el agua es indispensable para la alimentación de los ecuatorianos, tanto en riego para los cultivos como para dar de beber a los animales domésticos. Por lo tanto, el agua nos permite asegurar nuestra soberanía alimentaria, tema central de esta Constitución.

El Título VI, Capítulo primero. Art. 275.- El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay

Como parte de este estudio la constitución menciona en su artículo No. 411, Sección Sexta Agua, Capítulo Segundo de la Biodiversidad y Recursos Naturales, Título VII Régimen del Buen vivir: "El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad del agua, el equilibrio y los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua"

CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE (COA)

Cita en el Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades.

La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.

En el Título III, de Regimen de responsabilidad ambiental. **En el Art. 10.-** De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código.

En libro segundo del patrimonio natural, Título I, de la conservación de la biodiversidad, en **el Art. 30.** cita los Objetivos del estado Relativos a la Biodiversidad y uno de ellos es: Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Unica del Agua.

El capítulo II, de disposiciones fundamentales, en el Art. 97 de Gestión del Patrimonio Forestal Nacional. La gestión del Patrimonio Forestal Nacional se ejecutará en el marco de las siguientes disposiciones fundamentales: 5. Incentivos. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá los mecanismos de incentivo y fomento para la conservación e incremento de la superficie del Patrimonio Forestal Nacional. Estos mecanismos se concretarán en acciones de uso sostenible, restauración ecológica de tierras degradadas y deforestadas, permitiendo la regeneración natural o realizando actividades de reforestación y el manejo integral de cuencas hidrográficas, en coordinación con las demás autoridades competentes.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

En su artículo 296.- Con respecto al Ordenamiento territorial.- El ordenamiento territorial comprende un conjunto de políticas democráticas y participativas de los gobiernos autónomos descentralizados que permiten su apropiado desarrollo territorial, así como una concepción de la planificación con autonomía para la gestión territorial, que parte de lo

local a lo regional en la interacción de planes que posibiliten la construcción de un proyecto nacional, basado en el reconocimiento y la valoración de la diversidad cultural y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas y ambientales, proponiendo un nivel adecuado de bienestar a la población en donde prime la preservación del ambiente para las futuras generaciones. La formulación e implementación de los correspondientes planes deberá propender al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y fundamentarse en los principios de la función social y ambiental de la tierra, la prevalencia del interés general sobre el particular y la distribución equitativa de las cargas y los beneficios.

Ley de pesca y desarrollo pesquero

La actividad pesquera ecuatoriana se encuentra regulada por La ley de pesca y desarrollo pesquero publicada en el Registro Oficial N° 15 del 11 de mayo del 2005, este documento contiene directrices y normas de la política pesquera nacional.

Que los recursos bioacuáticos existentes en el mar territorial, en las aguas marítimas interiores, en los ríos, en los lagos o canales naturales y artificiales, son bienes nacionales cuyo racional aprovechamiento será regulado y controlado por el Estado, de acuerdo a lo que establece el Art. 1 de la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, en cualquiera de sus fases: extracción, cultivo, procesamiento y comercialización, así como las actividades conexas contempladas en esta ley, por lo que para ejercer la actividad pesquera o acuícola se requiere la autorización del Ministerio del Ramo y sujetarse a las disposiciones de esta ley, de sus reglamentos y de las demás leyes, en cuanto fueren aplicables.

Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN

La Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, como inventario mundial, permite alertar al respecto del estado de la biodiversidad mundial; sus aplicaciones a nivel nacional permiten a los tomadores de decisiones considerar las mejores opciones para la conservación de las especies.

Acuerdo No. 097-A. El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece: Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua; Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

En el Libro VI, Anexo 1. Está la clasificación en los Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios. Que se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La parroquia de Sálima perteneciente a la zona centro-sur de la provincia de Esmeraldas ubicado en el cantón Atacames fue el sitio donde se realizó el presente estudio. Las principales actividades económicas de esta parroquia están sustentadas en el turismo, en la pesca marina, la agricultura y la ganadería.

Se consideró dividir la microcuenca del río Sálima perteneciente a la parroquia del mismo nombre en tres tramos a diferentes niveles altitudinales como es: Zona Alta (Sector Chapil), este sector es el que posee menos intervención antrópica, Zona Media (sector comunidad de Sálima o puente) que como su nombre lo indica está situado cerca de un puente que conecta la comunidad con la entrada a la vía principal de la parroquia Sálima, no es muy poblado pero si se realizan actividades a menor escala como agricultura y ganadería, para finalizar se encuentra la Zona baja (Puente de las Mareas) este es el sitio más intervenido por el hombre por distintas actividades que sustentan la economía de esta parroquia como lo son la ganadería y la agricultura estando situada cerca de un sector Palmicultor. **Ver Figura 1 y Tabla 1.**

Tabla 1. Nombre y Coordenadas de las estaciones de muestreo.

Puntos	Nombres	Coordenadas	
		X	Y
P1(Alto)	Chapil	0634244	0087666
P2(Medio)	Puente de Sálima	0630108	0089303
P3(Bajo)	Puente de las Mareas	0629770	0092905

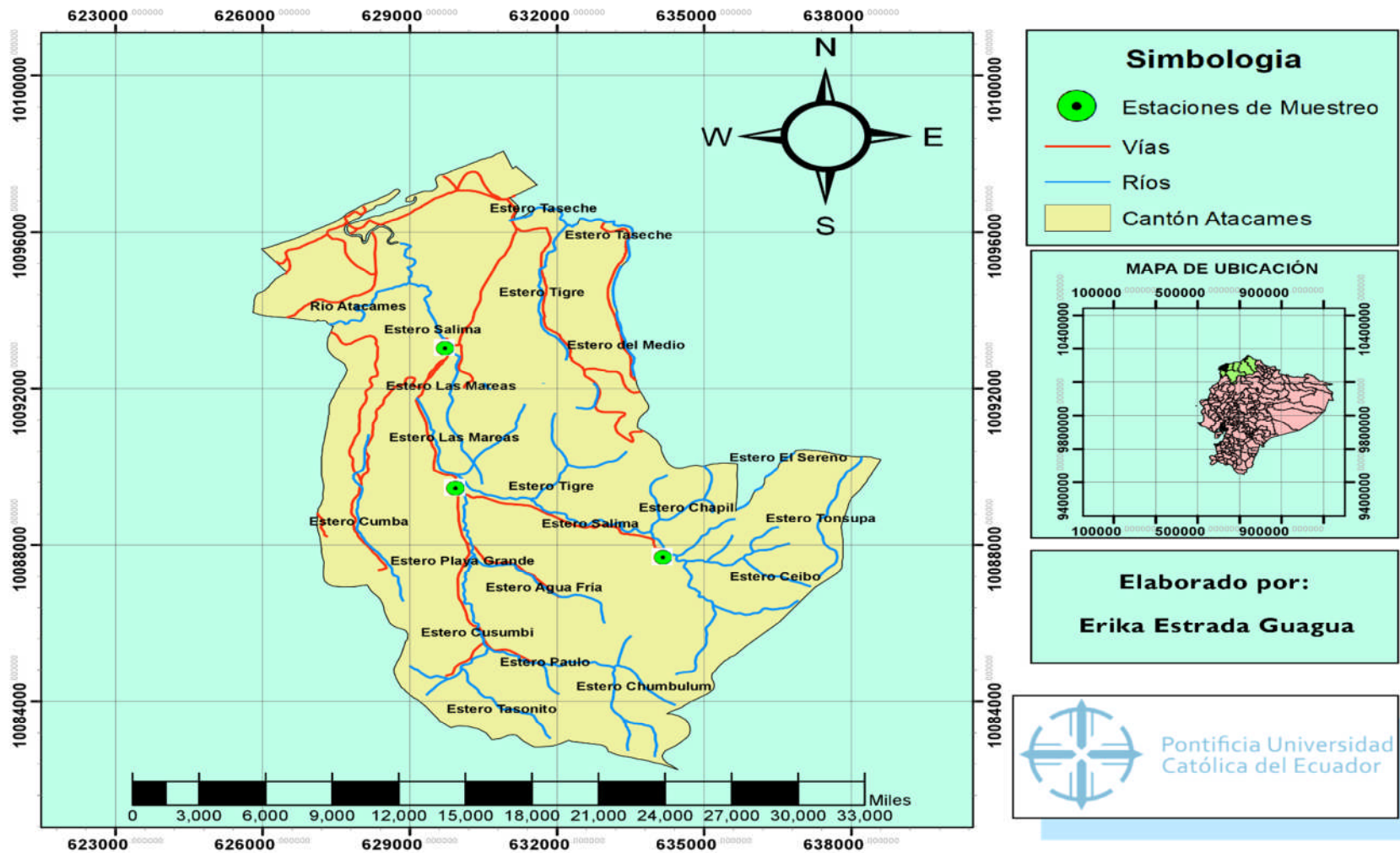


Figura 1. Mapa del área de estudio: P1._ Zona alta (Sector Chapil); P2.Zona media (sector comunidad de Sálima o puente), P3._ Zona baja (Puente de las Mareas).

Recolección de Muestras

Muestreo para el registro de Parámetros Físico-Químico.

En campo se tomaron parámetros físico-químicos, para conocer las condiciones en las que se desarrolla el hábitat de *E. ecuadorensis* y entender la abundancia de la misma, se utilizó un multiparámetro donde se estableció: Conductividad, pH, Sólidos totales y Temperatura.

En el periodo de Mayo a Octubre se tomaron muestras de agua en cada punto de muestreo en el área de estudio cada mes, estas muestras fueron colectadas en Botellas Poliester de 1litro que fueron lavadas con agua del mismo río varias veces (Tres); y fueron tomadas de la parte superficial del río y luego guardadas en un cooler en frío para su debida transportación al laboratorio de la Escuela de Gestión Ambiental donde se realizaron análisis por colorimetría, de nitritos, amonio dureza y fosfatos.

Muestreo y Captura de Peces

Para ampliar el conocimiento de la ecología, a través de la Morfometría Geométrica de esta especie, se recolectaron especímenes en los puntos alto, medio y bajo del estero Sálima, colectando 15 individuos por cada punto de muestreo, se hizo un trabajo exclusivamente con la especie *E. ecuadorensis* por lo que las especies capturadas de manera incidental fueron devueltas a su hábitat natural. Este muestreo se llevó a cabo cada mes durante los meses de Mayo a Octubre, disponiendo de seis réplicas; lo que representó un total de 270 especímenes (15 especímenes x 3 zonas x 6 meses). La captura de estos especímenes se realizó con atarraya de 2,5 metros y 1 ojo de malla, luego fueron fijados con formol al 10% en el mismo sitio de muestreo y colectados en tarros plásticos con sus respectivas etiquetas plasmadas antes de cada muestreo, para ser transportados al laboratorio de la Escuela de Gestión Ambiental y luego de dos días de estar en formol al 10% fueron lavados y cambiados para ser conservados en alcohol al 70% para un posterior procesamiento en dicho laboratorio.

Análisis de Laboratorio

Procesamiento de muestras para parámetros físico-químico (Agua)

Al término de cada muestreo se procedió a realizar el análisis de aguas en el laboratorio, Las muestras con parámetros físico-químicos que se tomaron en cuenta en este estudio debían ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. Por ejemplo el nitrito y cromo tienen un periodo de preservación de 24 a 48 horas según lo recomendado en US EPA, (2014) siendo oportuno realizarlas el mismo día para una mayor precisión en sus datos. Para hacer este análisis las botellas con las diferentes muestras por zona se mantenían en refrigeración y para proceder a utilizarlas en los dispositivos colorimétricos se agitaban antes de empezar el análisis. Se analizaron parámetros como hierro, fosfatos, cromo y nitratos todos en la unidad (ppm) partes por millón utilizando colorímetros HANNA, también se analizaron parámetros como turbidez (FAU) y sólidos en suspensión (mg/l) con otro tipo de colorímetro (Hach DR900) y parámetros como la dureza y alcalinidad ambas dadas en (mg/L), con un tipo de análisis más detallado y basado en una tabla de medidas.

Los parámetros analizados (*in situ*) en cada zona de muestreo: Como Oxígeno Disuelto (OD mg/l), potencial de hidrógeno (pH), Temperatura (T°), Conductividad (CD μ s/cm) y Sólidos Disueltos Totales (TDS ppm) presentaron los siguientes valores;

Los parámetros analizados en el laboratorio también tomados en cada zona de muestreo fueron: Nitritos (ppb), Fosfatos (ppm), Turbidez (FAU) y Sólidos totales en Suspensión (mg/l).

Procesamiento de Peces (Talla-peso)

Luego de que los especímenes fueron conservados en alcohol, se procedió a realizar el etiquetado de cada uno de ellos por diferentes puntos y meses de muestreo, etiqueta que constaba de las iniciales de los puntos (PA), el número del mes de muestreo es decir mayo es el quinto mes del año (05) y el número de espécimen (01), teniendo como etiquetado (PA-05-01), cada espécimen fue cocido en la parte de la boca hacia el opérculo para fijar la etiqueta en él y ser identificado mediante la misma para su posterior registro en una ficha de procesamiento (Ver Figura), después que cada uno fue medido con un calibrador digital

Hardened dado en milímetros (mm) y una balanza digital estandarizada tipo Jewelry Scale en gramos (g).

Fijación y Toma de fotos (Obtención de Imágenes Digitalizadas)

Para una mejor identificación de los hitos se procedió a utilizar alfileres, se fijaron un mínimo de 7 alfileres en las partes del contorno del pez donde era más complicada su visualización, un ejemplo de esta fijación fue la aleta adiposa que por su tamaño no sería muy visible en la obtención de la toma por lo que se consideró oportuno señalar con un alfiler, continuando con el protocolo o recomendaciones en estudios previos por (Windsor Aguirre, Navarrete, Malato, Calle, Loh, Vital, Valadez, Vu, Shervette, & C. Granda, 2016) para los peces que tenían curvaturas por motivos de conservación se los enderezó con agujas, se adecuó el área para la toma de fotos en un pedestal el cual tenía una cámara digital Nikon D5100 ubicada a una altura de 45 cm para todos los especímenes, una base y una regla para obtener la escala en la fotografía, se procedió la toma de las fotos ubicando a los peces de lado izquierdo con su respectiva etiqueta.

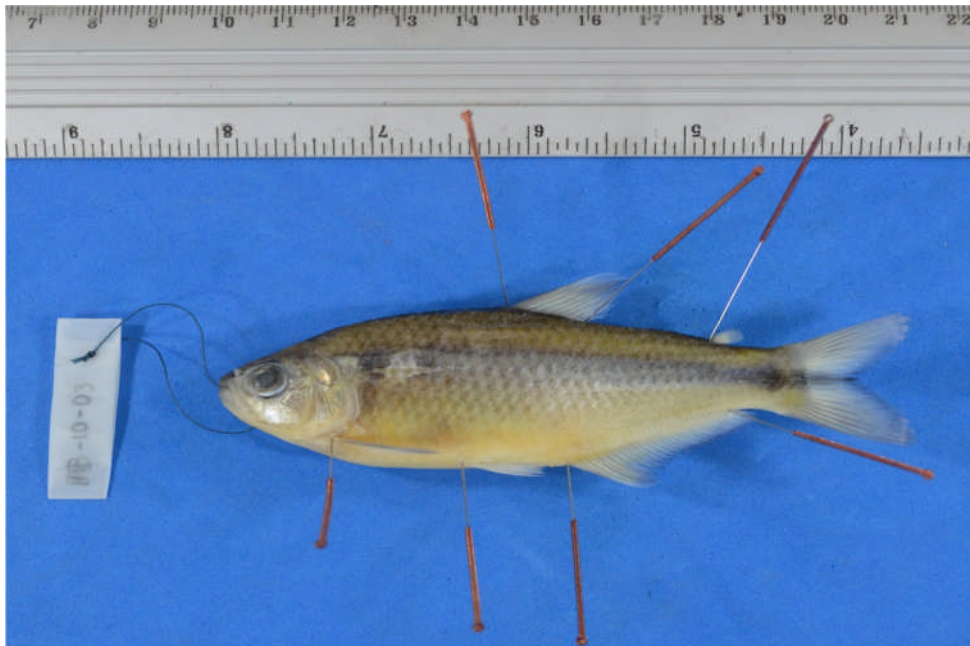


Figura 2. Fotos digitalizadas, y fijación de alfileres.

Análisis de Datos

Factor de Condición (K).

Este análisis se realizó luego de obtener los datos de talla-peso, mediante la fórmula:

$$K = 100\left(\frac{W}{L^3}\right)$$

En el que se analizó el estado de bienestar en el que se encontraban los peces, con relación a las diferentes zonas de estudio, es decir un análisis biológico con los parámetros ambientales y fue realizado en 263 especímenes.

Utilización y Manejo de Programas.

Una de las ventajas en la realización de esta investigación fue la utilización de programas digitales gratuitos, es decir software de libre acceso como fueron los de la serie Tps de F. James Rohlf, obtenidos mediante su sitio web entre ellos se trabajó con los siguientes:

TpsUtil: Mediante este programa luego de clasificar las imágenes en carpetas por meses y puntos de muestreos, se procedió a crear un archivo Tps y posterior continuar con el análisis en los siguientes programas.

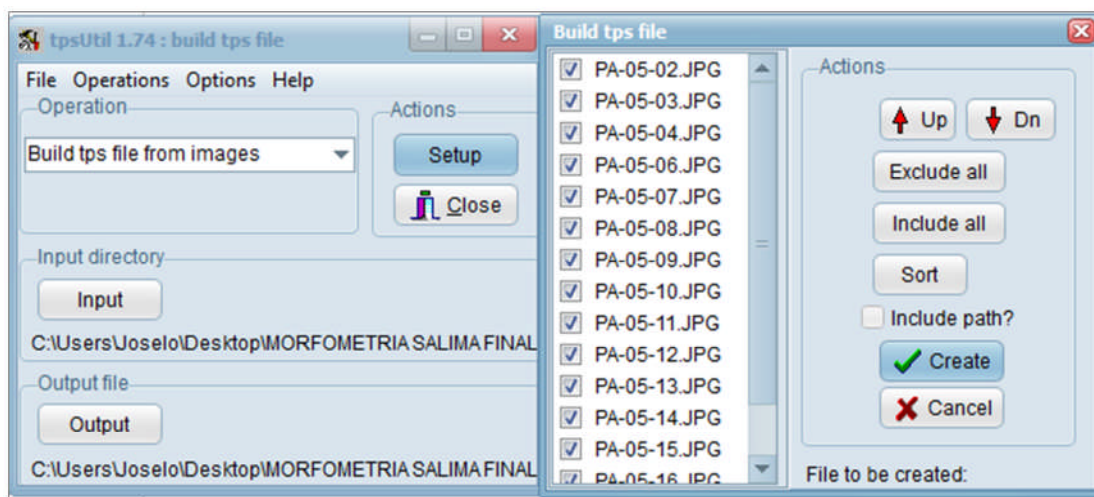


Figura 3. Creación de archivo tps, mediante el programa TpsUtil.

TpsDig2._ En Este programa se procedió a utilizar el archivo Tps ya creado, para de esa manera empezar por el marcaje de cada uno de los hitos anatómicos, la respectiva escala calibrada en mm (10 mm). Colocados en cada una de las diferentes zonas del pez, esto se realizó para cada uno de los especímenes del estudio. (Ver Figura 5).

- (Hito N° 1; hocico)
- (Hito N° 2; Inicio de la aleta dorsal)
- (Hito N° 3; Final de la aleta dorsal)
- (Hito N° 4; Aleta adiposa)
- (Hito N°5; Extremo dorsal, aleta caudal)
- (Hito N°6: Medio, aleta caudal)
- (Hito N° 7; Extremo ventral, aleta caudal)
- (Hito N°8; Posterior de aleta anal)
- (Hito N°9, anterior de aleta anal)
- (Hito 10, Origen anterior, ventral izquierda)
- (Hito 11; Origen antero-dorsal de la aleta pectoral izquierda)
- (Hito 12; Extremo postro-ventral de la cabeza)

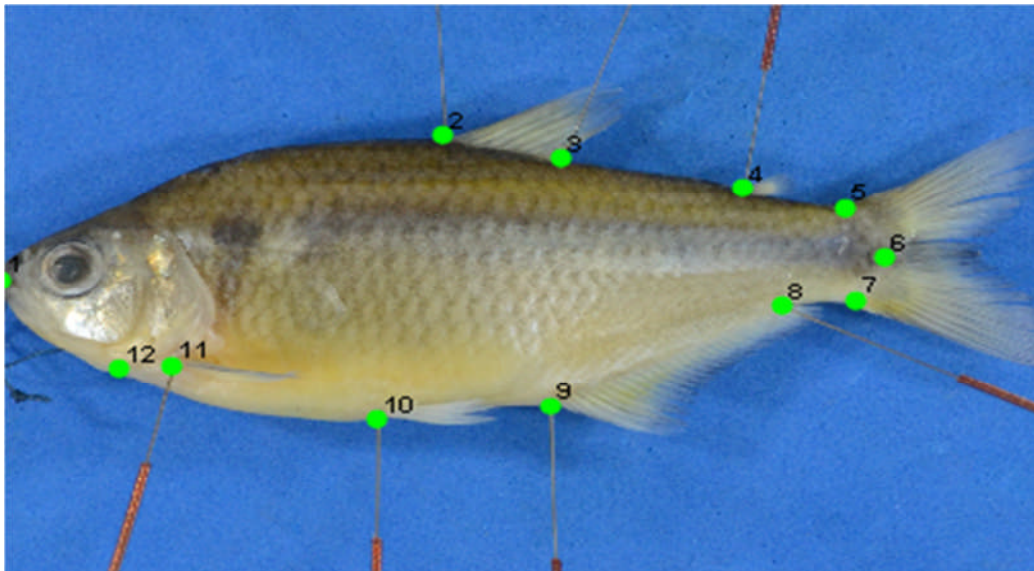


Figura 4. Selección de los 12 hitos anatómicos para el espécimen *E. ecuadorensis*.

Luego de obtener el archivo Tps final en el programa TpsDig2, se procedió a abrir un Excel para enlistar dos columnas; en una los “ID”(Identificador de espécimen), que deben coincidir exactamente con los ID del “.TPS” realizado para cada grupo (según el orden descrito también en el “Report listing”) y otra columna con la descripción de los diferentes grupos a ser analizados (Windsor Aguirre & Jiménez-Prado, 2018), en el caso de este estudio se realizaron 3 análisis bimestrales para darle una mayor validez al grupo de estudio y una análisis global, posterior a esto el archivo se guardó como “Texto delimitado por tabulaciones”, convirtiéndose en un archivo txt.

Programa MorphoJ: Es un programa de Chris Klingenberg, que permite realizar diferentes tipo de análisis en la técnica de la Morfometría geométrica en datos bidimensionales. En este programa se realizaron análisis como:

Generación de Matriz de Covarianza: Mediante esta matriz los números indican las covarianzas entre las variables y su matriz diagonal indica las varianzas de las variables (Windsor Aguirre & Jiménez-Prado, 2018).

Análisis de Componentes Principales (PCA): Este análisis permite identificar los patrones de variación en la forma de los especímenes y sus nuevas variables que son los componentes principales, combinaciones lineales de las variables originales. Según (Windsor Aguirre & Jiménez-Prado, 2018) puede que este análisis sea uno de los más utilizados dentro de la Morfometría Geométrica.

Análisis de Variantes Canónicas (CVA): Se realizó este análisis para buscar simplificar las diferencias entre grupos, buscando los ejes que más se diferencian. Este método es muy apropiado y aún más para su finalidad que fue analizar diferencias entre grupo a estudiar.

Análisis de regresión: Utilizado para ratificar o comprobar la diferencia entre la forma de los diferentes grupos

Análisis de Función Discriminante (DFA): Se realizó este método para encontrar la función que mejor distingue entre dos grupos. Es decir que realiza un análisis de variantes canónicas entre dos grupos (Windsor Aguirre & Jiménez-Prado, 2018).

Al finalizar estos análisis, se obtuvieron los datos de cada uno de los mismos y sus diferentes coordenadas para de esa manera identificar de forma más directa sus variaciones

en forma y tamaño se procedió a realizar análisis estadísticos mediante los programas PAST e InfoStat realizando:

- **Análisis de Componentes principales (PCA):** Con este análisis se estableció una relación de los parámetros físico químico y también la relación talla-peso y factor de condición.
- Correlaciones con los componentes principales y variación canónica en relación a los parámetros físico-químicos.
- Análisis ANOVA Bimestrales y Globales para crear estadísticamente sus diferencias o similitudes.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Resultados de Parámetros físico-químicos.

Se puede observar en la Tabla 2 de resultados, los promedios de cada uno de los parámetros analizados in situ y los parámetros analizados en el laboratorio en los diferentes puntos de muestreo.

Entre los parámetros in situ estuvieron el Oxígeno Disuelto (OD mg/L) con un promedio de 8,68 mayor en la zona alta con un máximo de 9,4 mg/l, y un mínimo de 4,9 mg/l, un pH con un promedio de 8,05 siendo mayor en la zona alta con máximo de 8,1 y un mínimo de 7,7 una Temperatura (T°) mayor en la zona baja con un promedio de 26,48 en donde la máxima fue de 27,7 °C y la mínima fue de 23,5 °C la Conductividad (CD) arrojó un promedio de 1207,175 en la zona baja mostrando un máximo de 1434 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y un valor mínimo de 739 $\mu\text{s}/\text{cm}$, los Sólidos Disueltos Totales (TDS) presentaron un promedio mayor en la zona baja de 654,50 con un máximo de 772 ppm, y un mínimo de 393 ppm.

Los parámetros analizados en laboratorio fueron los Nitritos con un promedio de 8,50 mayor en la zona alta con un máximo de 0,017 mg/L y un mínimo de 0,002 mg/L, los Fosfatos mostraron un promedio de 2,37 concentrados en mayor cantidad en la zona baja con un máximo de 2,5 mg/L y un mínimo 1,37 mg/L, la turbidez tuvo un promedio de 27,33 mayor en la zona baja con un máximo de 68 FAU, y un mínimo de 1 FAU, los Sólidos Totales en Suspensión (TSS) tuvieron un promedio de 26 mayor en la zona alta y un máximo de 62 mg/L y un mínimo de 2 mg/L.

Tabla 2. Promedio de los resultados de los parámetros físico-químicos en las diferentes zonas de estudio.

Zona	Nitrito (ppb)	Fosfatos (ppm)	Turbidez (FAU)	TSS (mg/l)	OD(mg/l)	pH	T°	CD (µs/cm)	TDS (ppm)
	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)	Media±DE (min-max)
ZA	8,50±4,64 (4,0-17,0)	1,65±0,42 (1,37-2,46)	19,17±24,7 (3,0-68,0)	26,0±22,01 (5,00-62,0)	8,68±0,43 (8,10-9,40)	8,05±0,04 (8,0-8,11)	25,58±0,75 (24,40-26,50)	1137,83±175,64 (831,00-1324,00)	615,17±95,03 (447,0-715,0)
ZM	8,17±4,92 (2,0-17,0)	2,13±0,21 (1,85-2,50)	21,50±20,57 (1,0-58,0)	18,0±12,82 (2,0-38,0)	6,93±0,58 (6,10-7,70)	7,97±0,10 (7,77-8,04)	25,65±1,15 (23,50-26,80)	1042,67±165,39 (739,0-1199,0)	562,33±91,71 (393,0-648,0)
ZB	6,17±2,48 (4,0-9,0)	2,37±0,20 (2,05-2,50)	27,33±14,72 (10,0-50,0)	23,50±14,68 (7,0-47,0)	6,03±1,07 (4,90-7,50)	7,88±0,09 (7,78-8,03)	26,48±1,13 (24,40-27,70)	1207,17±200,85 (863,0-1434,0)	654,50±105,84 (469,0-772,0)

TSS=Sólidos Totales en Suspensión, OD= Oxígeno Disuelto, pH= Potencial de Hidrógeno, T°=Temperatura, CD= Conductividad, TDS= Sólidos disueltos totales

Base de datos *E. ecuadorensis*.

Se obtuvo una base de datos de 263 especímenes, divididos en tres zonas de estudio y 6 meses de muestreo (Ver Tabla 3). Con esta base de datos se trabajó con los siguientes análisis: relación talla-peso y factor de condición, diferentes análisis morfométricos y la relación de los individuos por zona de estudio con el análisis de parámetros físico-químico.

Tabla 3. Especímenes utilizados en el estudio, por mes y zona.

Meses	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja	N° de peces
Mayo	15	15	15	45
Junio	8	15	15	38
Julio	15	15	15	45
Agosto	15	15	15	45
Septiembre	15	15	15	45
Octubre	15	15	15	45
	83	90	90	263

Análisis de talla con respecto a las zonas de estudio

Se analizaron las tallas a diferentes niveles altitudinales (Zonas de Estudio-Puntos de muestreos), por medio de un análisis estadístico ANOVA el cual refleja diferencias significativas ($F = 20,21$ $p < 0.05$) como se puede observar en la Figura 6, en la que se observa el aumento de talla a medida que desciende desde la zona alta hacia la zona baja.

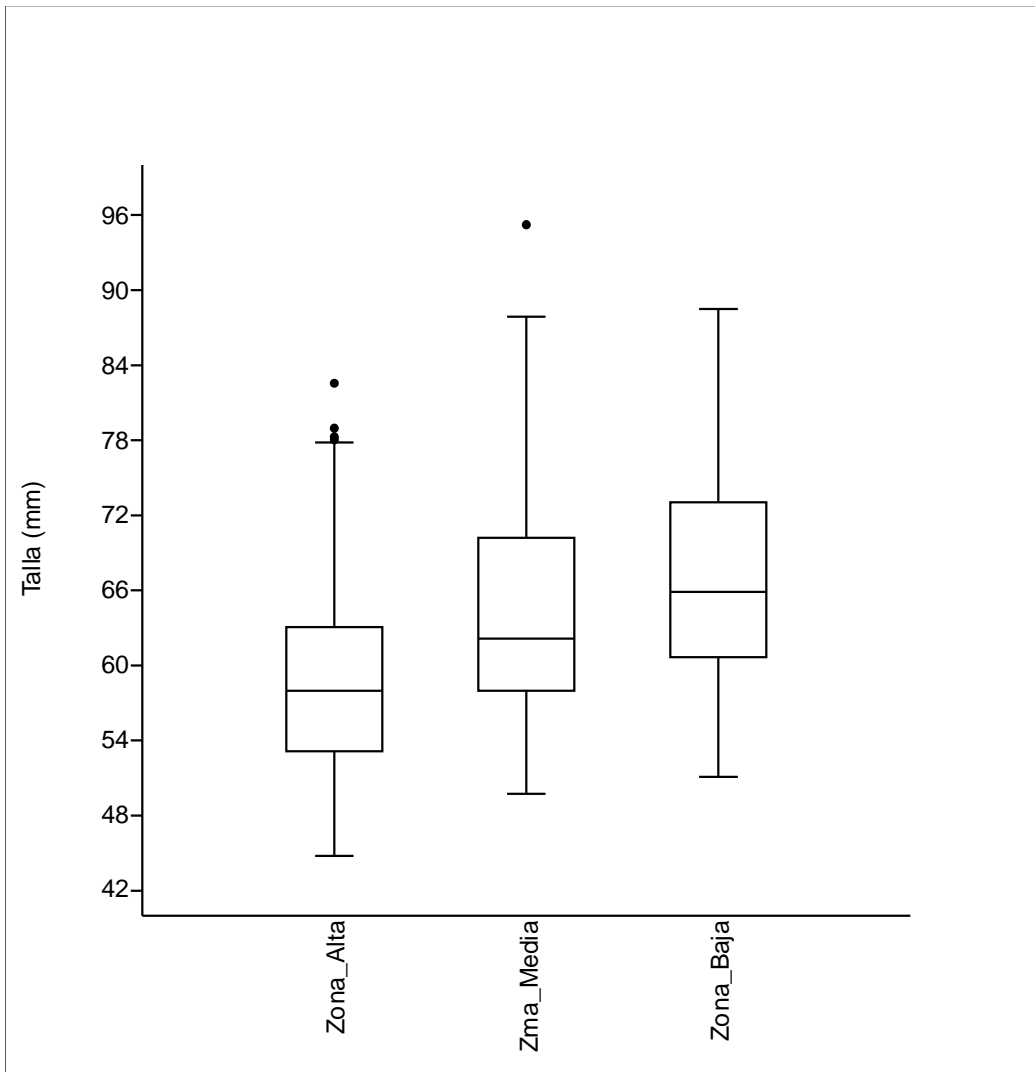


Figura 5. Análisis de las tallas con relación a las diferentes zonas de Muestreo

Análisis de peso con respecto a las zonas de estudio

Se muestra en la figura 5 que analiza el peso de los especímenes con las diferentes zonas de estudio; y mediante un análisis estadístico ANOVA se demuestra que existe diferencias significativas en las 3 zonas de estudio ($F=13.78$ $p < 0.05$) con respecto al peso, observando una tendencia que indica que el peso va aumentando desde la zona alta hacia la zona baja.

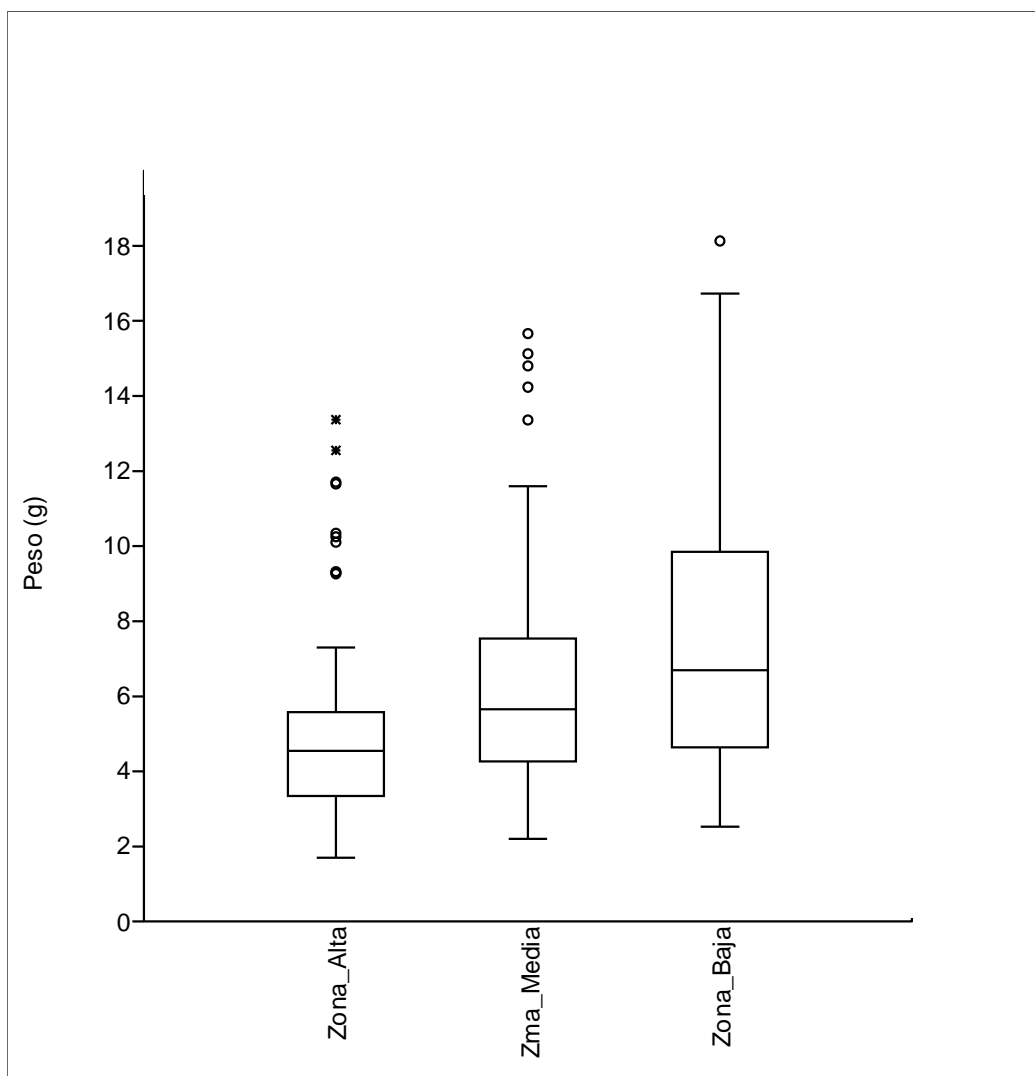


Figura 6. Análisis de peso con las diferentes zonas de Muestreo

Análisis de Factor de Condición con respecto a las diferentes Zonas de Estudio.

En el estado de condición los tres lugares se mantienen iguales, se puede observar estadísticamente mediante un análisis ANOVA que indica que no hay diferencias significativas ($F= 1,28$ $p > 0.05$) sin embargo en la zona baja existe una tendencia a mayores rangos de tolerancia; se pueden ver desde organismos en mal estado hasta organismos en un estado por encima de lo normal, es decir que pueden tener sobrepesos o pueden estar por debajo de los pesos.

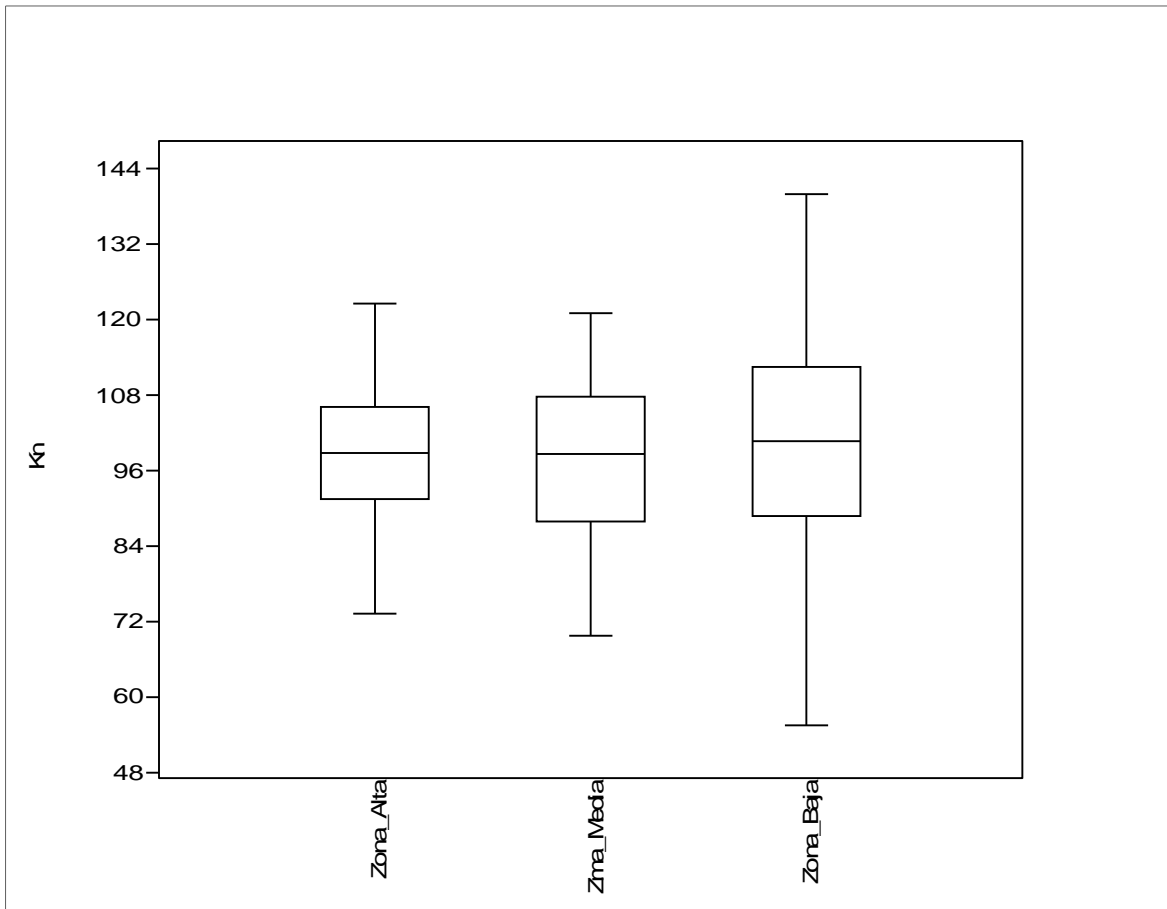


Figura 7. Análisis de factor de condición con las diferentes zonas de Muestreo

Análisis morfométricos de peces seleccionados

Variación Canónica en relación con el tamaño centroide

Se observa en la figura 8 la relación que existe entre el tamaño centroide y las diferentes zonas de muestreo, en la cual se visualiza la mayor cantidad de la variación en la forma de los peces, es decir que va desde los especímenes más pequeños hasta los más grandes; estableciendo en el extremo derecho los especímenes de la zona alta y media son de menor tamaño y hacia la izquierda los especímenes que son de mayor tamaño los cuales corresponden a la zona baja.

Con respecto a la variable canónica, la zona alta y media muestran similitud en cuanto a la forma, mientras que la zona baja presenta una diferencia porque reúne mayor variedad en la forma.

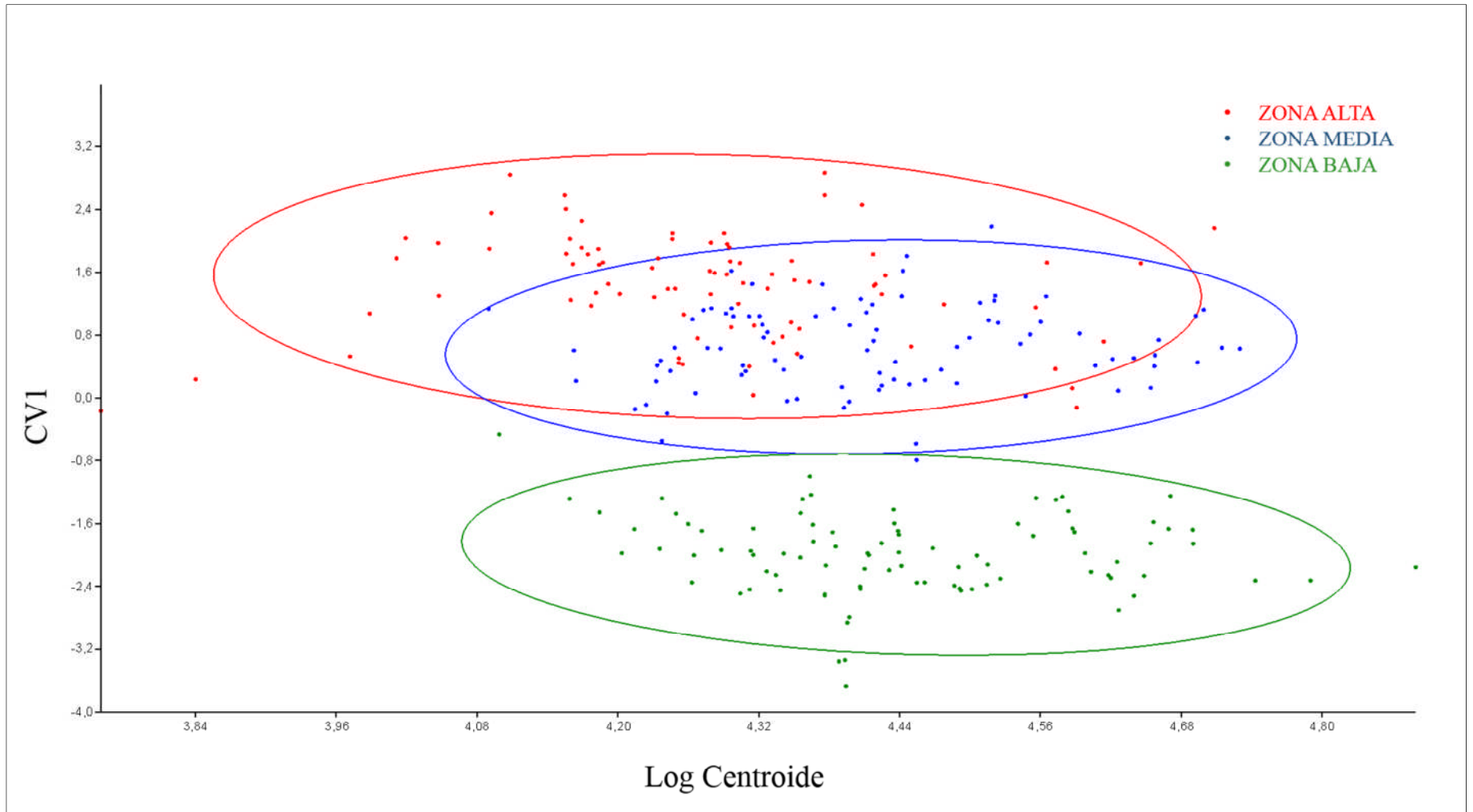


Figura 8. Análisis de Variación Canónica en relación con el Tamaño Centroide.

Análisis Global de Variación Canónica

La figura 9, muestra el análisis de variantes canónicas de los seis meses de estudio en las diferentes zonas; lo que refleja mediante las elipses, como se encuentran repartidos los individuos desde la zona alta que presenta una similitud con la zona media en cuanto variación de forma, con la zona baja que difiere por la variación corporal que poseen los individuos de esta zona.

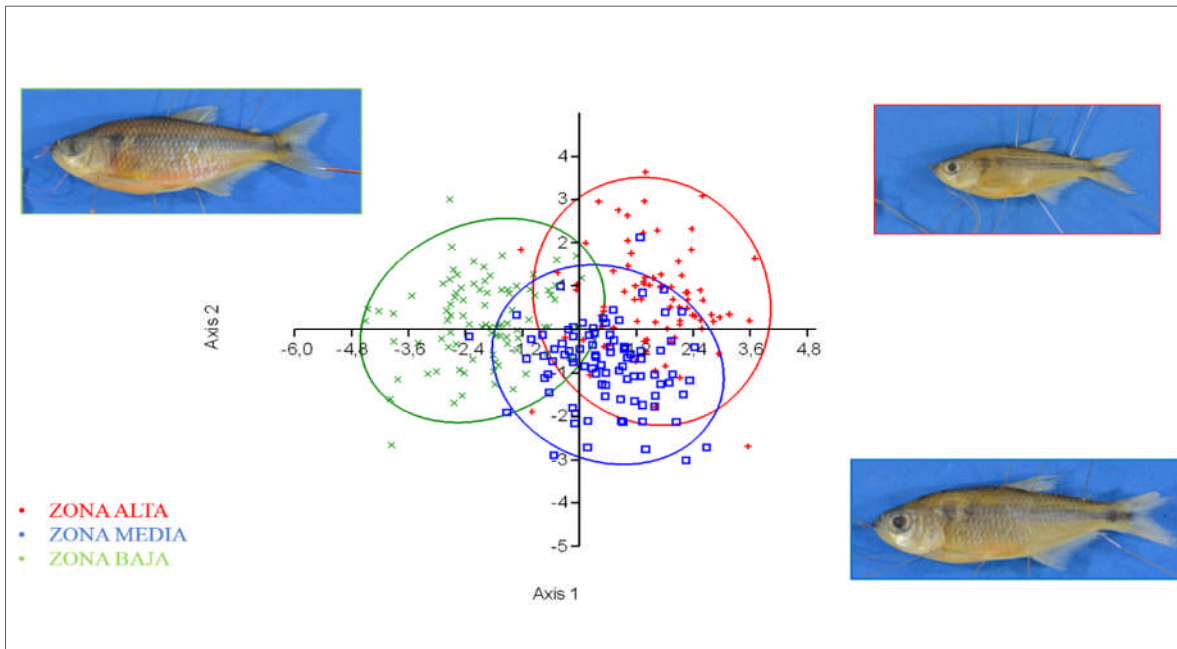


Figura 9. Análisis Global de Variación Canónica de la especie *E. ecuadorensis*.

Por medio de un análisis de comparaciones múltiples (Tabla 4) junto a la forma procustes en cada una de las zonas estadísticamente arrojaron los siguientes resultados ($F= 14,69$ $P < 0,05$), descartando una hipótesis nula de igualdad es decir presentan diferencias significativas en la especie en sus tres zonas de muestreo.

Tabla 4. Análisis de comparaciones múltiples para *E. ecuadorensis* de acuerdo a la zona de muestreo.

	Zona_Alta	Zona_Media	Zona_Baja
Zona_Alta	0	1.50E-04	5.56E-30
Zona Media	1.50E-04	0	1.85E-21
Zona Baja	5.56E-30	1.85E-21	0

Análisis Morfométricos Bimensuales

Análisis del Bimestre Mayo-Junio de Variación Canónica.

El Análisis de Variación Canónica del Bimestre Mayo y Junio (Figura 10), está expuesto en dos dimensiones obteniendo una varianza de 100 %; (La variable canónica 1 con 89,3% y la variable canónica 2 con 10,7 %) se puede observar un solapamiento existente en las tres elipses, siendo individuos de la zona baja los que presentan la mayor variación de la forma por tal direccionamiento. Reflejando estadísticamente diferencias significativas con un resultado de ($F= 6,75$ $P < 0,05$).

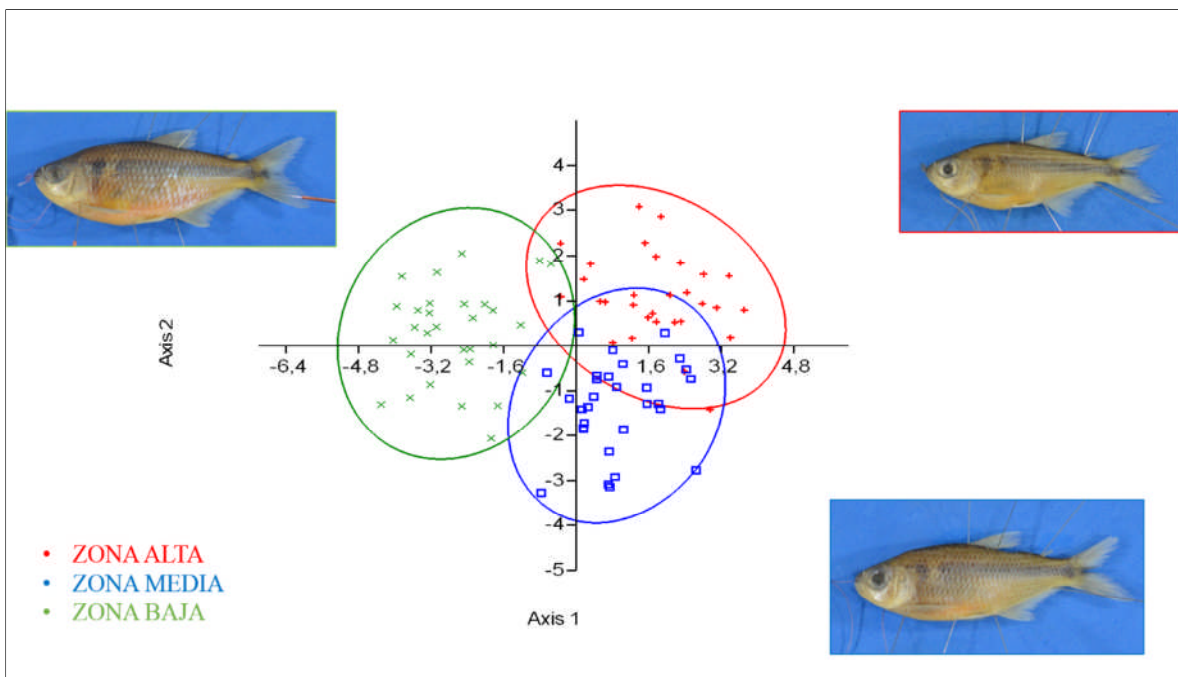


Figura 10. Análisis del Bimestre Mayo-Junio de Variación Canónica.

Análisis del Bimestre Julio-Agosto| de Variación Canónica.

El Análisis de Variación Canónica del Bimestre Julio y Agosto (Figura 11), está expuesto en dos dimensiones que da una varianza de 100 %; (La variable canónica 1 con 75,9 % y la variable canónica 2 con 24 %, es decir casi 100% de variación). Existe una variación entre los grupos de estudio que se ve reflejada estadísticamente por diferencias significativas con un resultado de ($F= 6,36$ $P <0,05$).

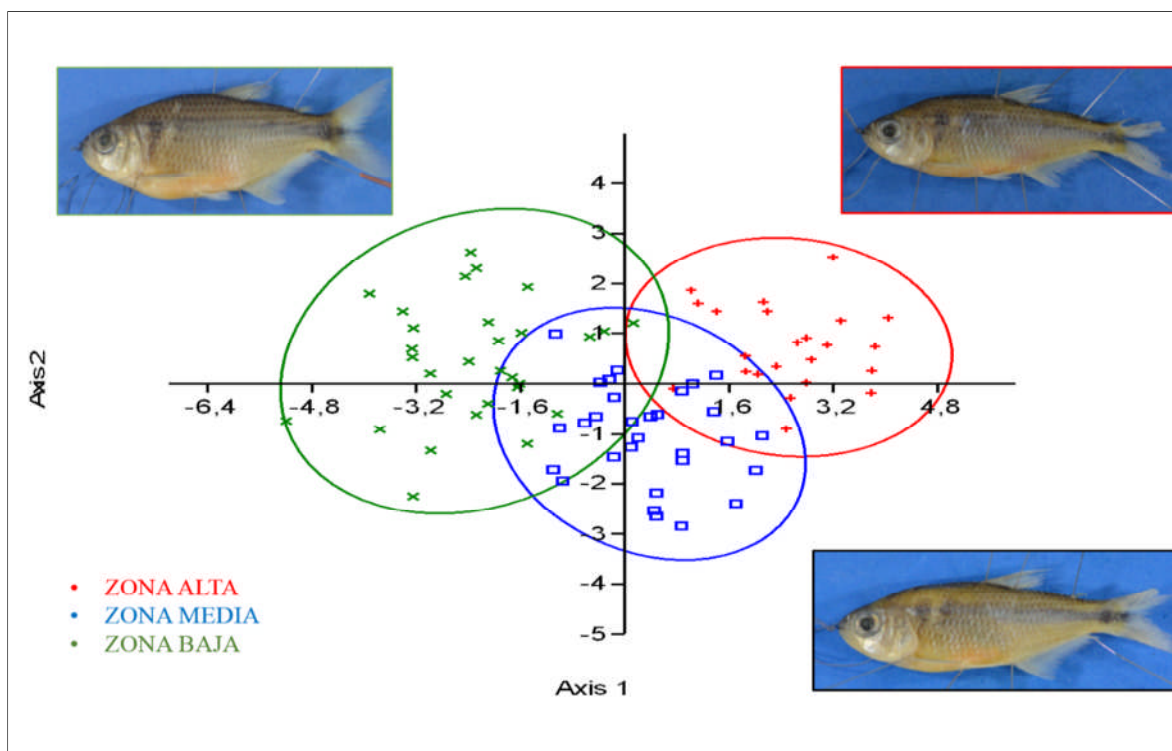


Figura 11. Análisis del Bimestre Julio-Agosto| de Variación Canónica.

Análisis del Bimestre Septiembre-Octubre de Variación Canónica

El Análisis de Variación Canónica del Bimestre Septiembre y Octubre (Figura 12), está expuesto en dos dimensiones que da una varianza de 100 %; (La variable canónica 1 con 92,8 % y la variable canónica 2 con 7,1 %, es decir casi 100% de variación). Existe una variación en la forma de los individuos entre los tres grupos de estudio, compartiendo el mismo patrón que los bimestres anteriores, se ve reflejado estadísticamente por diferencias significativas con un resultado de ($F= 8,39$ $P <0,05$).

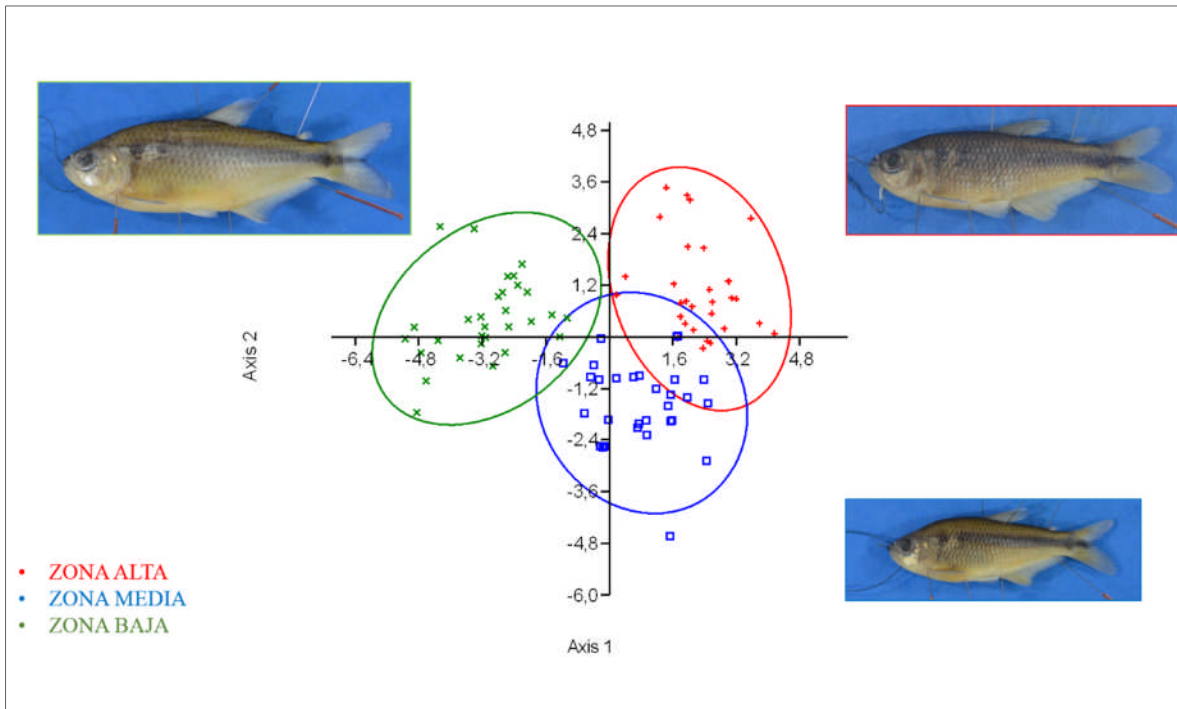


Figura 12. Análisis del Bimestre Septiembre-Octubre de Variación Canónica.

Análisis de Gradilla de Deformación Global

La gradilla de deformación, refleja que desde la Zona baja hacia la Zona alta disminuye el alto del cuerpo de izquierda a derecha como se muestra en la (Figura 13). En las tres zonas de estudio existen organismos que se comparten, o sea están en los tres lados pero la tendencia en cuanto a la forma del cuerpo es bajar desde la Zona Alta hacia la Zona baja. Existe un patrón en la zona baja que genera mayor problema, tiene una reacción en el cuerpo de los especímenes, mientras que en la zona alta su cuerpo es distinto debido a una mejor condición en el ambiente. Se puede observar que existe una reducción de la parte más alta del cuerpo que se inicia en la zona interior de la aleta dorsal, empezando de una zona a la otra es decir (zona alta hacia la zona baja).

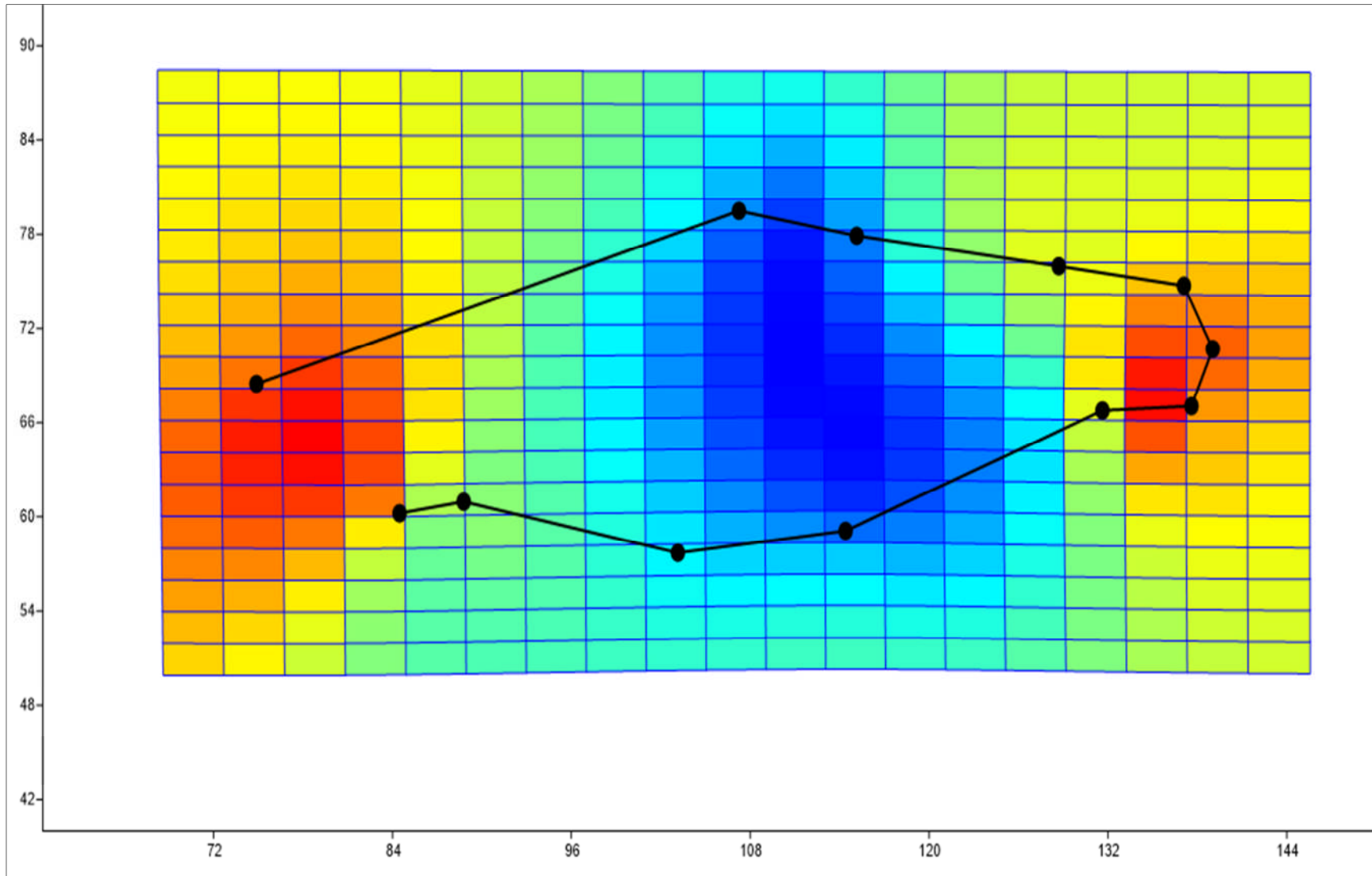


Figura 13-. Gradilla de deformación Global

Gradilla de Deformación Bimestral.

Bimestre Mayo-Junio

De la misma manera que la Gradilla de Deformación Global en la Gradilla Bimestral correspondiente a los meses de Mayo y Junio, existe un patrón en la zona baja que genera mayor problema, tiene una reacción en el cuerpo de los especímenes, mientras que en la zona alta su cuerpo es distinto debido a una mejor condición en el ambiente. La especie presenta mayor variación en la aleta caudal, de acuerdo a lo que establece la tonalidad naranja-rojo que representa las variaciones de diferentes zonas (Ver Figura 14).

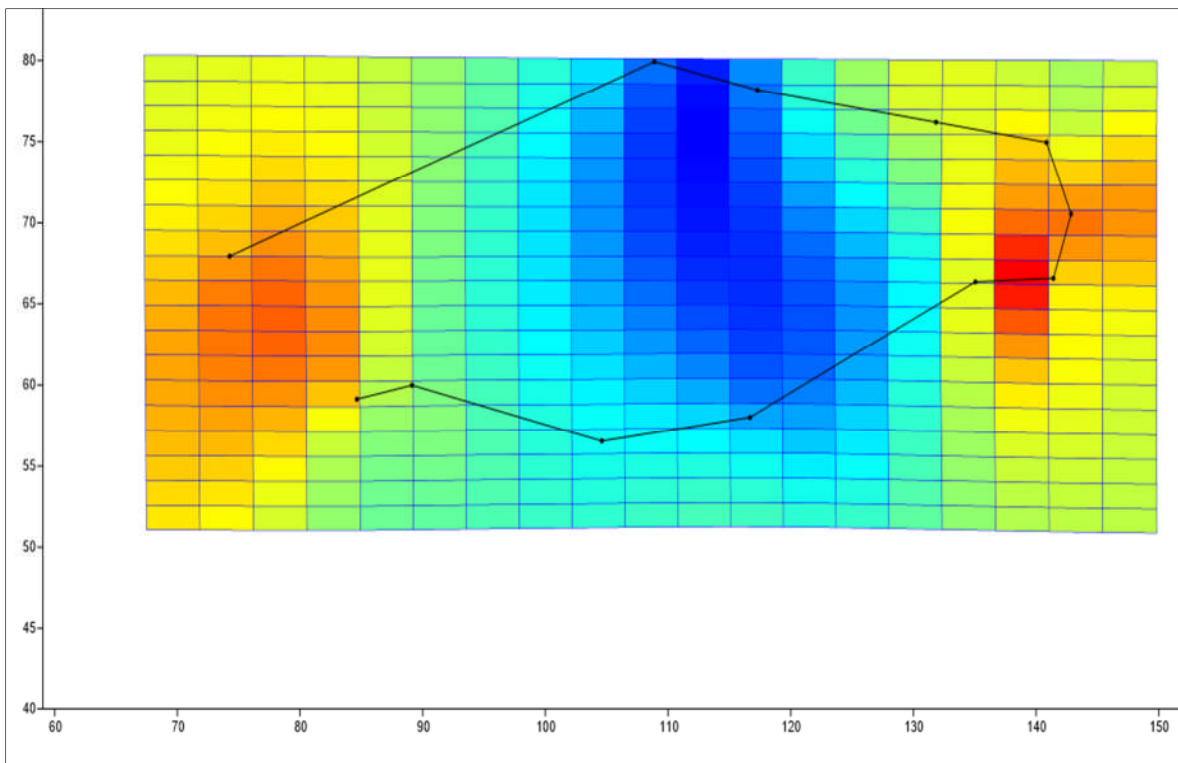


Figura 14.- Gradilla de deformación bimestre Mayo-Junio

Bimestre Julio-Agosto

La gradilla de deformación del bimestre Julio y Agosto muestra que existe un decrecimiento que va desde izquierda a derecha. Dándose un alargamiento de la parte posterior de la aleta anal. (Ver Figura 15)

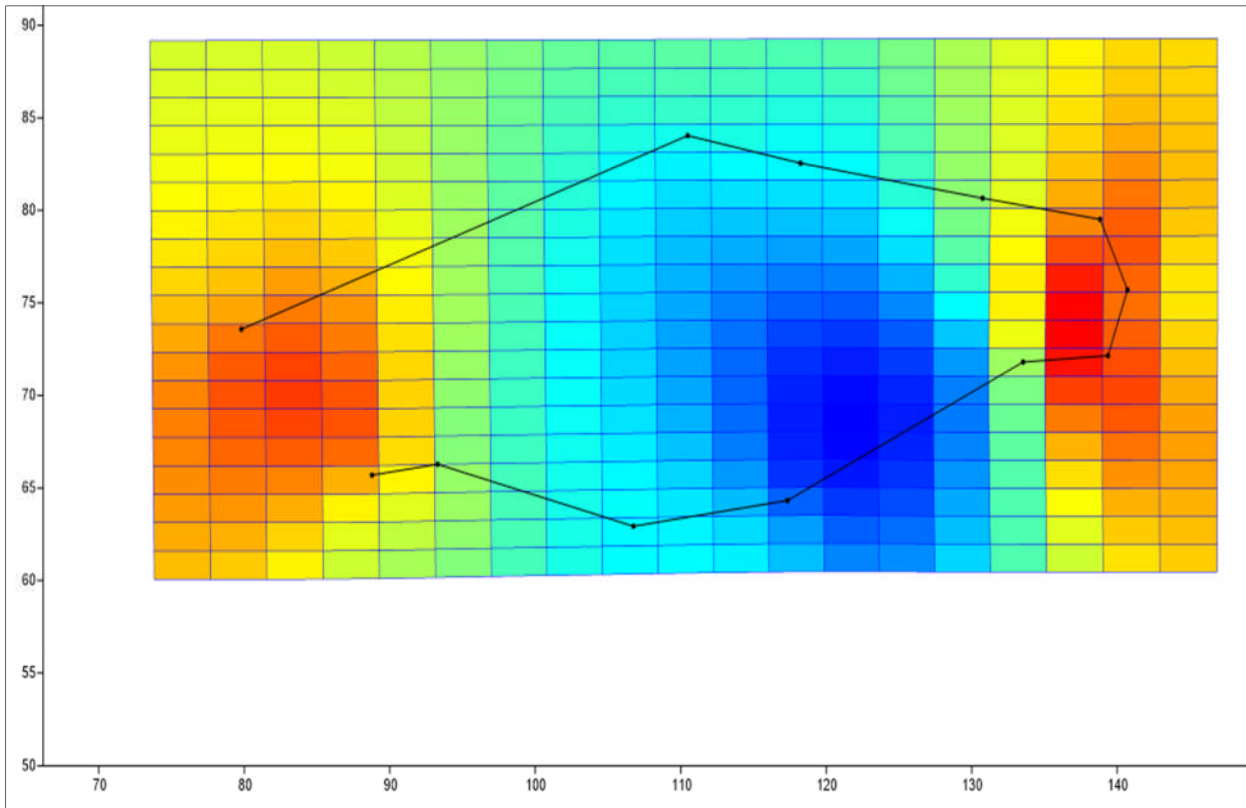


Figura 15. - Gradilla de deformación bimestre Julio-Agosto.

Bimestre Septiembre-Octubre.

En la gradilla de deformación del bimestre Septiembre –Octubre se observa un ensanchamiento de la boca del pez y una reducción también de la zona de la aleta dorsal, un poco en la parte ventral y aunque no es tan evidente en la parte del caudal hacia afuera. Por lo que es más evidente una variación en cuanto a la forma del consensus.

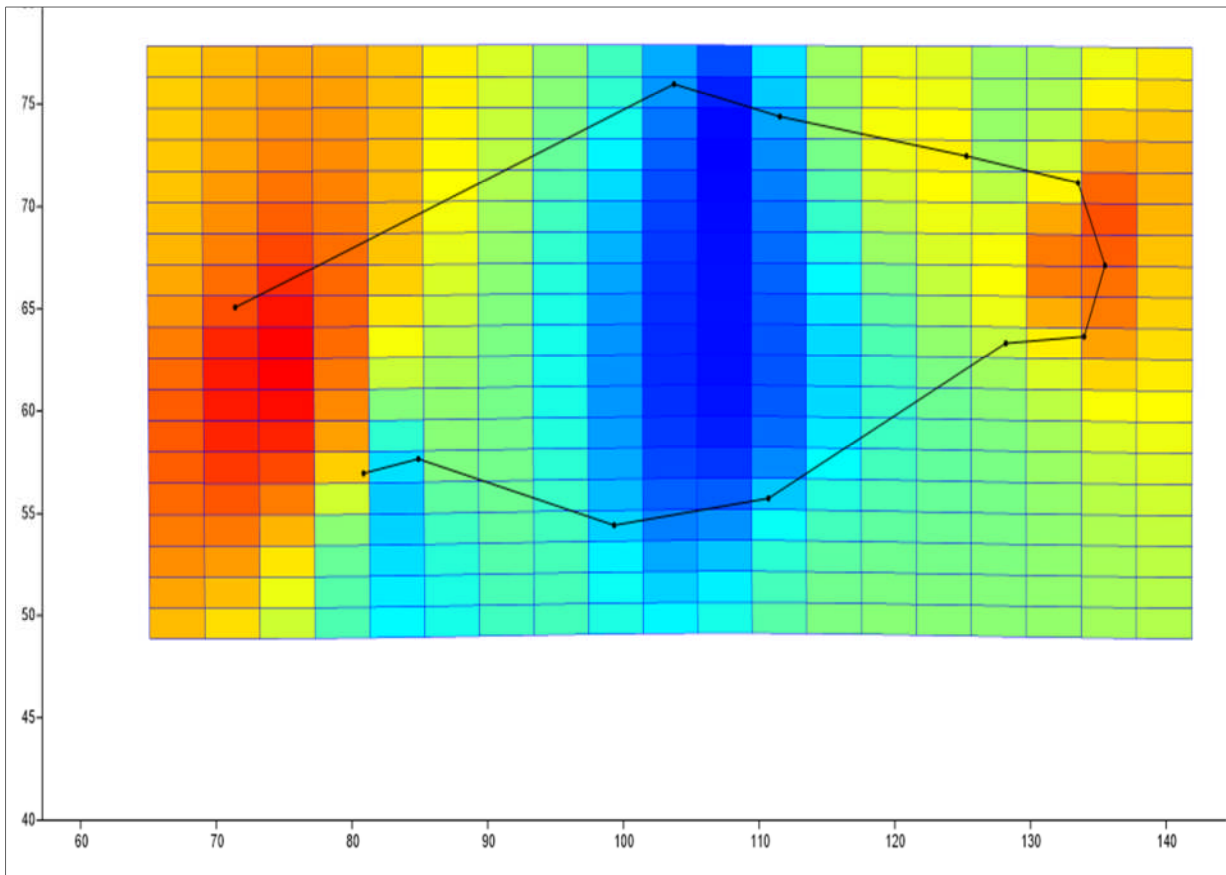


Figura 16 .- Gradilla de Deformación Bimestre Septiembre-Octubre.

Análisis de Funciones Discriminantes

El análisis de Función discriminante se encuentran los individuos de la Zona Alta-Zona Baja, se realizó el análisis entre estas dos zonas de estudios puntualmente para diferenciar las condiciones en las que se encuentran los individuos en cuanto a variaciones de forma de un extremo del área de estudio al otro como ya se ha ido reflejando en los análisis anteriores.

Se puede observar una variación en la forma en la parte anterior de la aleta anal (Hito 9) y en el origen de la ventral izquierda (Hito 10), según lo que refleja la gráfica en cuanto a la forma entre estas dos zonas de estudios.

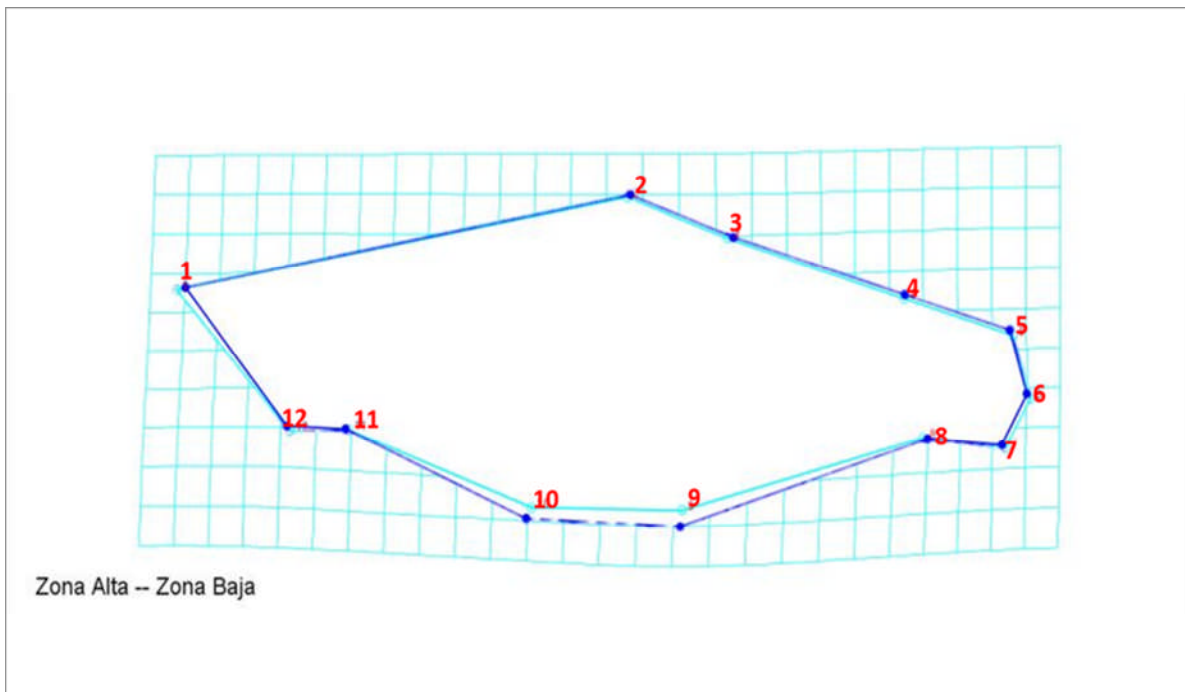


Figura 17.- Análisis de Funciones Discriminantes

Análisis de componentes principales para relacionar zonas con los parámetros físico-químicos.

En la parte izquierda (Figura 18) se puede observar la Zona Baja que está caracterizada por elementos como: Fosfatos, Nitrito, Conductividad y Sólidos Disueltos Totales. Mientras que en la parte derecha del gráfico se encuentran la Zona Alta y la Zona Media que están caracterizadas por elementos como: Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez, Sólidos Totales en Suspensión y Temperatura

En la zona baja existe una mayor cantidad de Fosfatos con un promedio de 2,37 ppm, de la misma manera posee mayor conductividad de 1207,17 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y una alta concentración de Sólidos Disueltos totales con un promedio de 654,50 ppm por el contrario presenta una baja concentración de Nitrito con un promedio de 6,17 ppb. Mientras que las zonas alta y media están caracterizadas por una alta concentración de oxígeno con un promedio de 8,68 mg/l, un alto nivel de pH con un promedio de 8,05, y una baja turbidez con un promedio de 19,17 FAU, lo que significa que en las Zonas bajas existen los mayores niveles de turbidez, presentan una alta concentración de Sólidos Totales en suspensión con un promedio de 26 mg/l y niveles bajos de temperaturas con un promedio de 25,58 en comparación a la Zona Baja.

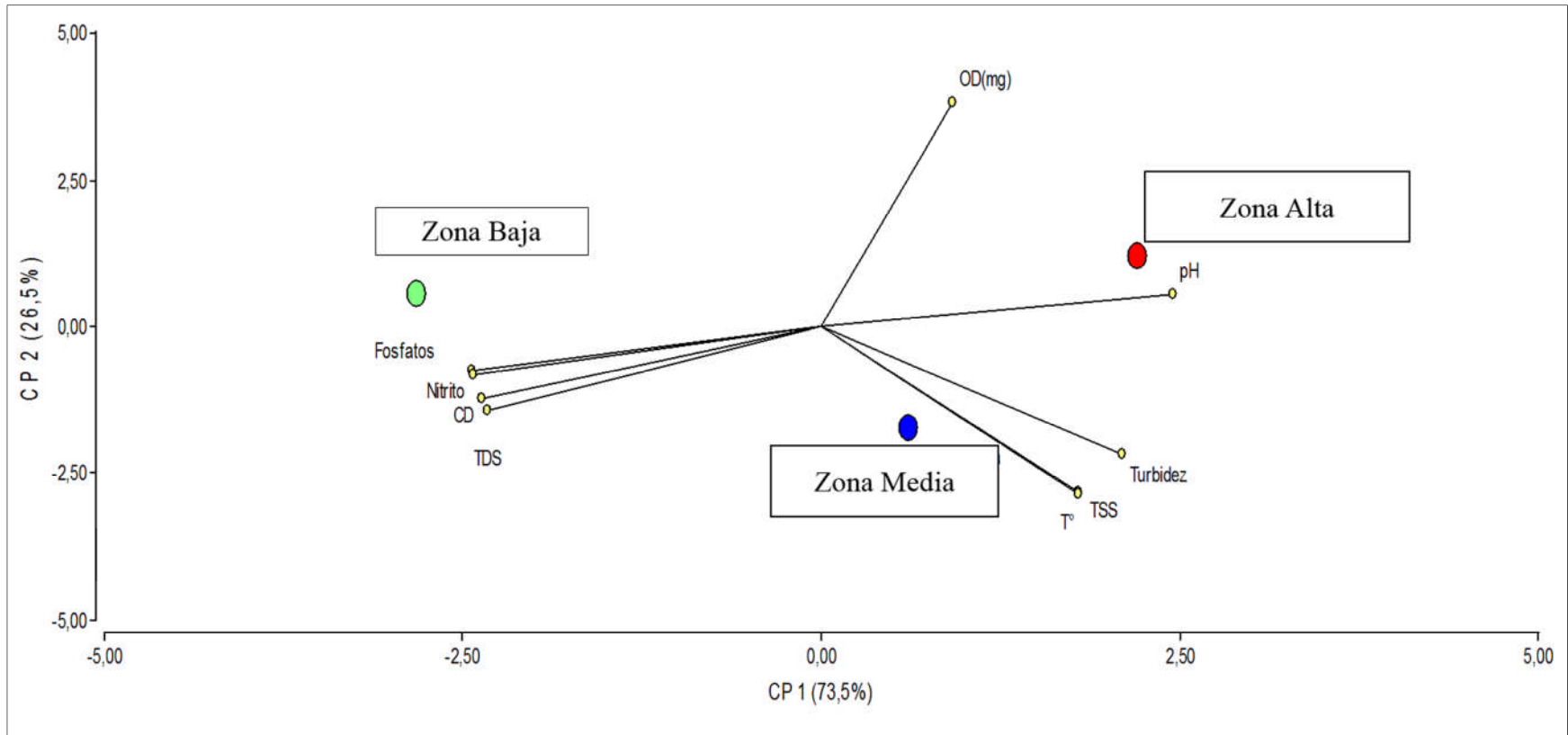


Figura 18.- Análisis de componentes principales para relacionar zonas con los parámetros físico-químicos.

Análisis de Parámetros Físico-Químicos con relación al tamaño centroide de la forma

Se puede observar en la tabla 5 que existe una correlación entre el centroide, la variación canónica 1, con la talla, peso y parámetros físico químico como, Fosfato, Oxígeno Disuelto, y pH, teniendo en cuenta que la variación canónica 1 es el componente que más explica las diferencias entre las formas de las zonas alta media y baja, tiene relación con fosfatos, oxígeno y pH, porque es aquella que explica la mayor diferencia que hay entre los grupos (Peces de Zona alta, media y baja).

Lo que implica que el cambio de la forma entre un cuerpo que va disminuyendo el alto hacía la parte alta, tiene relación con los factores que están interviniendo en este proceso como son el aumento ende fosfatos pH y oxígeno disuelto hacia la zona alta.

Tabla 5.- Correlación de Pearson entre parámetros físico-químicos con el tamaño centroide y la forma expresada en el PC1 y CV1.

0	Log_Centroid	PC1	CV1
Log_Centroid	0.00	0.6950	0.0271
PC1	0,024286	0.00	0.3519
CV1	-0,28466	-0,25217	0.00
Talla_	0,84682	0,047078	-0,29311
Peso	0,813	0,096705	-0,27782
K	0,17543	0,16454	-0,087097
Nitrito	-0,10841	0,045728	0,28847
Fosfatos	0,23113	0,079374	-0,51456
Turbidez	0,015083	0,084294	-0,14882
TSS	-0,037993	0,077314	0,0098889
OD(%)_	-0,42375	-0,11826	0,59822
pH	-0,26495	-0,16669	0,61687
T°	0,18689	0,19232	-0,36273
CD	0,1493	-0,0086689	-0,11763
TDS	0,16322	-0,0015783	-0,13961

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

En el presente estudio se planteó como objetivo analizar a la población de *E. ecuadorensis*, a diferentes niveles o tramos altitudinales en el río Sálina (Zona Alta, Media y Baja) como bioindicador de la calidad ambiental, basándose en la técnica de Morfometría Geométrica mediante conceptos y metodologías para conocer las variaciones de la forma de sus individuos, aportando de esa manera resultados de variabilidad de la forma en los especímenes.

Los parámetros físico-químicos analizados en los seis meses de muestreo de mayo a octubre en las tres zonas de estudio se encuentran dentro de los límites permisibles que están en el Acuerdo No. 097-A, Libro VI, Anexo1, Tabla 3 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, donde están citados los criterios de calidad para preservar las aguas continentales; por tanto estos valores no presentan un impacto ambiental en la calidad del agua, pero si una perturbación de acuerdo a lo observado en cuanto a las condiciones ambientales en la zona baja principalmente por actividades antrópicas entre ellas la agricultura, la zona donde se distribuye una especie está representada por ambientes que cumplen con las características de su hábitat, menciona Ruiz, (2018). En la investigación realizada por Torralba-Burrial & Ocharan, (2009), exponen que los tramos agua abajo de los ríos presentan una perturbación mayor sobre las comunidades acuáticas, esta perturbación es dada por la agricultura realizada sin consideraciones ambientales y los vertidos urbanos provenientes de la misma actividad. Bravo, (2018) en un reciente estudio sostiene la idea de que *E. ecuadorensis* es una especie resistente a la presión ambiental que se da por efecto en los cuerpos de agua. En un estudio realizado por Ortiz-Sandoval, Ortiz, Cifuentes, González, & Habit, (2009) se identifica una respuesta temporal de una comunidad de peces frente a una perturbación por la alteración de su hábitat y es evidenciado por medio de una recuperación parcial de comunidades resistentes a malas condiciones ambientales. Es importante tomar en cuenta los peces como organismos tolerantes a diferentes condiciones ambientales, por tal motivo, Romano, (2016) asegura que una detección temprana de la presencia de contaminantes por medio de la evaluación de bioindicadores permitirá realizar un análisis retrospectivo o prospectivo partiendo de las alteraciones observadas y perturbación por contaminantes sobre el

ambiente acuático. En un estudio realizado por N. Bruton, (1985), asegura que los niveles moderados de turbidez parecen ser beneficiosos para los peces en los estuarios al ofrecer protección contra los depredadores en aguas poco profundas, Zonas ricas en alimentos.

En los análisis de talla y peso con relación a las zonas de estudio se pudo constatar estadísticamente que existen diferencias significativas en ambas características de los especímenes, lo que indica que tanto la talla como el peso aumentan a medida que descienden los individuos desde la zona alta hacia la zona baja, obviamente interviniendo por la zona media, lo que en la presente investigación significó el aumento de talla y peso de acuerdo a su cauce de desplazamiento mediante un crecimiento proporcional e isométrico. Existen estudios realizados anteriormente por Espinoza–Bedon, Chaves-Moreno, & Murcia-Ordoñez, (2013) en el que sugieren que las poblaciones de *C. anales* y *L. schomburgkii* en la cuenca del río Hacha, Florencia Caquetá, Colombia, presentan una relación de crecimiento longitud-peso isométrica, lo que significa que ambas especies mantienen una proporcionalidad entre el peso y talla. Según Cifuentes et al., (2012), en su estudio de relación longitud-peso indica que existen especies que presentan un crecimiento isométrico crecen proporcionalmente y evidencian una tendencia general al aumento del grosor proporcional a la talla durante el crecimiento. Lo más usual en el levantamiento de datos de la relación longitud-peso es el promedio de los pesos para determinadas clases de tallas, es de gran importancia para realizar comparaciones morfológicas entre poblaciones y grupos de una misma especie Quiñonez-Velázquez, (2009).

En el análisis del Factor de Condición Fulton K, se demostró estadísticamente que no existen diferencias significativas en las tres zonas de estudio y como ya fue citado en la comparación de esta investigación en cuanto análisis de parámetros físico-químicos con relación a la especie *E. ecuadorensis*, existe una tendencia hacia la zona baja de mayores rangos de tolerancia; quiere decir que existen individuos que pueden estar en óptimas condiciones, así como individuos que pueden estar por debajo de los pesos. En un estudio realizado en el Río Teaone por Escanta Molina, (2018) una de las especies de su investigación *Brycon dentex*, el estado de condición no muestra diferencias significativas y de la misma manera lo atribuye a la adaptación de esta especie a condiciones no favorables. Para Leyton F et al., (2015) el análisis de factor de condición K junto a la relación peso-

longitud son parámetros muy importantes y fundamentales para comprender el ciclo de vida de un pez, estimar el crecimiento de los individuos y analizar el efecto de los factores ambientales, aunque en su estudio no haya sido indicado en vista de que existían variaciones en cuanto a la longitud entre las especies ícticas estudiadas.

El Análisis Morfométrico que relaciona a la variable canónica con el tamaño centroide reflejó estadísticamente mediante un Análisis ANOVA que las tres zonas de estudio presentan diferencias significativas. La variable canónica diferenció las zonas alta y media de la zona baja y el tamaño centroide la distribución de los organismos desde los más pequeños hasta los organismos más grandes. Por lo tanto, esta investigación coincide con lo que cita Bravo (2018), en la investigación de *E. ecuadorensis* que presenta diferenciación significativa en tamaño y también a nivel morfológico en los individuos de los tres grupos de estudio. Según Aguirre et al., (2016), en su estudio de variación de la forma asegura que la variedad genotípica que se relaciona a niveles altitudinales o elevaciones de los tramos del río es común en peces que pueden sufrir cambios en su morfología cuando se exponen a diferentes ambientes o condiciones durante el desarrollo. Por eso su estudio demuestra que la plasticidad es uno de los motivos por lo que se dan diferencias fenotípicas entre poblaciones dentro de la misma especie, y esto puede ir de la mano simplemente en diferencias en cuanto a condiciones ambientales. Según métodos comparativos por Ives, Midford, & Garland, (2007) existen varios componentes en cuanto a la variación de la especie y sus diferencias pueden estar dadas por efectos continuos de componentes ambientales y la variación dentro de la población del mismo modo favorece a la variación dentro de la especie y esto incluye la variación del muestreo, el error relacionado con el instrumento, la variación relacionada con la edad, el sexo, la estación o la hora del día y la variación individual dentro de la misma sumado al estado conductual o fisiológico.

Las diferencias en cuanto a forma pura fueron dadas por cambios en la altura del cuerpo de los especímenes que van desde una Zona alta descendiendo hacia la zona baja, existe un solapamiento entre las elipses de las zonas alta, media y baja, no existió un aislamiento entre ellas por lo que se puede afirmar que existen individuos que están en dos de las tres zonas. Además se observó en el bimestre (Septiembre-Octubre) un ensanchamiento de la

boca del pez y una reducción también de la zona de la aleta dorsal, un poco en la parte ventral y aunque no es tan evidente en la parte del caudal hacia afuera. (González-Díaz, Díaz-Pardo, Soria-Barreto, & Rodiles-Hernández, 2005) indican en un estudio que las diferencias encontradas en cuanto a la altura del cuerpo se puede relacionar por los diferentes hábitats y sus características en cuanto a aspectos ecológicos.

La información morfométrica se pudo estudiar por medio de Análisis de Variantes Canónicas y análisis de componentes principales. (Toro Ibacache, Manriquez Soto, & Suazo Galdames, 2010). El reciente estudio de análisis de variantes canónicas en la especie *Hoplias malabaricus* en dos hábitat contrastantes realizado por Cocha Aulema (2018) , evidencia un solapamiento dentro de las poblaciones en cada hábitat. Un estudio previo realizado por Román- Valencia, (2015) refleja un análisis de componentes principales entre las especies *Bryconamericus. ichoensis*, y *Bricunamericus. multiradiatus* indica que los taxones se distinguen en el eje 1 por la longitud de la cabeza y por la posición de la aleta dorsal con relación al origen de la aleta anal; mientras que en el eje 2, la longitud de la aleta dorsal, por la posición de las aletas pectorales con relación al extremo del hocico y por la profundidad del pedúnculo caudal.

En la técnica multivariada Análisis de Función Discriminante (AFD), se asignaron las diferencias en cuanto a la forma de dos grupos puntuales como fueron la Zona Alta y Baja del estudio, por medio de sus variables independientes se pudo determinar a qué grupo pertenecían los organismos junto al análisis de variación donde la parte anterior de la aleta anal presentó variabilidad de una zona con otra y en el origen de la ventral izquierda se dio un ensanchamiento a medida que descendía de la zona alta hacia la zona baja pero sólo se pudo evidenciar variación en la forma en esa parte del cuerpo del espécimen, ya que no existieron estudios discriminantes de otro tipo de parámetros como; sexo, pigmentación o edad reproductiva. Un grupo de investigación con el seudónimo ICTIOLOGITOS, (2012) Argumenta que al realizar el Análisis de Función Discriminante entre las especies *N. brasiliensis* y *N. entemedor*, las variaciones morfométricas no fueron muy visibles recurriendo a criterios de pigmentación que sostienen que podría ser un criterio distintivo de una especie con otra.

La zona baja se caracterizó por una alta concentración de Fosfatos, Sólidos Disueltos Totales y una mayor conductividad, también se encontraron altos niveles de Turbidez en la zona baja por el contrario de las Zonas Alta y Media que presentaron Niveles Bajos. La zona alta también se encontró caracterizada por niveles bajos de temperatura puesto que en la Zona Baja se encontraron los niveles más altos. Los elementos como Oxígeno, pH y Sólidos Totales en Suspensión caracterizaron las zonas alta y media con mayores concentraciones. Por otro lado Mainstone & Parr, (2002) afirman que las concentraciones de fósforo en los ríos puede degradar la comunidad vegetal, al alterar el equilibrio competitivo entre las diferentes especies de plantas acuáticas y biota en general. En estudios previos realizados en la cuenca del Atacames por Jiménez-Prado, (2012) sostiene que la transparencia y la turbidez son condiciones que afectan la productividad del agua, ya que con poca penetración de luz hay disminución de fotosíntesis, por lo tanto existirán alteraciones alimenticias en las cadenas tróficas. Haciendo énfasis a que existe una relación directa entre el aumento de la turbidez con la disminución de transparencia. Algo que puede evidenciarse en esta investigación donde la turbidez va apareciendo a medida que desciende de una zona hacia la otra.

En la correlación invertida de Pearson se logró explicar las tres principales variables del estudio: Primero la forma, aumenta el tamaño de la zona alta hacia la zona baja, segundo la zona alta está caracterizada por (O, pH, Turb, TSS), y la zona baja está caracterizada por (F, N,) y tercero la variante canónica lo que más caracteriza a la forma de los organismos está relacionado con F, O y pH. Reuniendo las tres cosas se obtuvo que el cambio en la forma del cuerpo de la zona baja a la zona alta es decir una disminución del alto del cuerpo de la zona baja a la zona alta, está dado por características de la zona alta con pH alto y O alto. Y esta característica de un cuerpo alto en la zona baja está caracterizada por un nitrato bajo.

En términos generales la presente investigación reflejó las diferencias existentes entre las tres zonas estudiadas junto a esto el cambio de la forma que fueron experimentando los organismos en su lugar de desplazamiento, este estudio permitió constatar las variabilidades morfológicas que existen entre individuos de una misma especie a diferentes niveles altitudinales, demostrando que es una especie que puede tolerar niveles de alteraciones en

sus hábitats; como es dado que los individuos más desarrollados están en la zona baja donde existen mayores afectaciones en cuando a factores y condiciones ambientales.

CAPITULO V: CONCLUSIÓN

- La zona baja que forma parte del área de estudio se encuentra caracterizada por niveles altos de turbidez, fosfato, conductividad y altos niveles de Temperatura. Mientras que la zona alta y la media se caracterizó por una mayor presencia de Oxígeno, pH y Sólidos Totales en Suspensión.
- Los peces tienden a aumentar el tamaño en zonas bajas que son más contaminadas y a disminuir el tamaño en zonas donde hay mejor calidad ambiental. La especie estudiada demostró que es tolerante a niveles poco favorables en cuanto a condiciones ambientales.
- En el presente estudio los especímenes de las tres zonas; alta, media y baja presentaron diferencias en cuanto a la variabilidad morfológica. *E. ecudorensis* reflejó un cambio en la forma del cuerpo desde la zona baja a la zona alta, con un aumento del alto del cuerpo hacia la zona alta.
- Esta investigación aporta con información específica sobre la especie *E. ecudorensis* como bioindicador de la calidad ambiental; demostrando una perturbación mayor en la Zona Baja del río Sálima, información básica para proyectos de gestión integral y conservación de la cuenca del Atacames.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Levantar más variables acerca de la especie *E. ecuadorensis* en esta área de estudio y poder realizar comparaciones con otros estudios realizados, en vista de que existe poca información digital de esta especie en cuanto a términos biológicos y de conservación.
- Realizar estudios futuros con otras especies existentes en este sitio y de esa manera poder constatar la variabilidad en cuanto a forma por medio de la técnica de Morfometría Geométrica y realizar comparaciones no sólo entre zonas o cauces de un río sino entre poblaciones de diferentes especies.
- Proponer nuevas técnicas de conservación y proyectos junto a las personas que habitan alrededor del cauce de la Zona Baja para evitar su posterior degradación proveniente de la intervención antrópica, puntualmente de actividades como la agricultura.

REFERENCIAS

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2013). A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, (1). <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>
- Aguirre, W. E., Navarrete, R., Malato, G., Calle, P., Loh, M. K., Vital, W. F., ... Granda, J. C. (2016). Body Shape Variation and Population Genetic Structure of *Rhoadsia altipinna* (Characidae: Rhoadsiinae) in Southwestern Ecuador. *Copeia*, 104(2), 554-569. <https://doi.org/10.1643/CG-15-289>
- Aguirre, Windsor, & Jiménez-Prado, P. (2018). *Morfometría Geométrica WA-PJJP*.
- Araújo, F. G. (1998). Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(4), 547-558. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081998000400002>
- Arce, O. (2006). *Indicadores Biologicos Decalidad Del Agua* (Teconolgiaprograma De Maestria En Ingeniería Ambiental). Universidad Mayor De San Simon, Cochabamba. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/58999749/indicadores-Biologicos-Calidad-Agua>
- Bravo Quiñonez, G. C. (2018). *Morfometría geométrica en peces de la colección CEMZ-EGA-PUCESE procedentes de la cuenca baja del río SANTIAGO-Cayapas en los años 2012-2017* (Thesis). Ecuador - PUCESE - Escuela de Gestión Ambiental. Recuperado de <http://localhost/xmlui/handle/123456789/1607>
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76, 86-100. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>
- Cocha Aulema, A. P. (2018). Análisis de la variación morfológica de *Hoplias malabaricus* (Bloch 1794), asociada al tipo de hábitat utilizando morfometría geométrica., 68.
- Cren, E. D. L. (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201. <https://doi.org/10.2307/1540>

De La Hoz Maestre, J. (2018). Relación Longitud peso en peces. En *Amazonaws*. Recuperado de https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/366409_95783282afc44aa0b0453a031666e2d8.html

Elosegui, A., Sabater, S., & Fundación BBVA. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.

Escanta Molina Yirabel Rocío. (2018). *Uso de la morfometría geométrica para establecer contrastes biológicos y ambientales en poblaciones de peces del Río Teaone* (Thesis). Ecuador - PUCESE - Escuela de Gestión Ambiental. Recuperado de <http://localhost/xmlui/handle/123456789/1480>

Espinoza-Bedon, D. A., Chaves-Moreno, L. C., & Murcia-Ordoñez, B. (2013). Relación longitud-peso y frecuencia de tallas de las especies *Chaetostoma anales* y *Lasiancistrus schomburgkii* (pisces: Ioricariidae) Cuenca del río Hacha, Florencia Caquetá, Colombia. *AquaTIC*, (39), 55-63. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49432347001>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

González-Díaz, A. A., Díaz-Pardo, E., Soria-Barreto, M., & Rodiles-Hernández, R. (2005, mayo 18). (PDF) Análisis morfométrico de los peces del grupo labialis, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: *Profundulidae*), en Chiapas, México. Recuperado 14 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/28098787_Analisis_morfometrico_de_los_peces_del_grupo_labialis_genero_Profundulus_Cyprinodontiformes_Profundulidae_en_Chiapas_Mexico

Guixé, D. (2012). Metodologías de diagnosis y evaluación del estado ecológico y la biodiversidad en restauraciones fluviales a Restauración y gestión ecológica fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas. Marc Ordeix, Jordi Camprodon y David Guixé. Pàg 22-60.

Ibacache, T., Viviana, M., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la

Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400001>

Ibarra, A. A. (2005). Los Peces Como Indicadores De La Calidad Ecológica Del Agua. *Revista Digital Universitaria*, 14.

Ictiologitos. (2012). Diferenciación De Las Especies Narcine Por Medio De Morfometría Geométrica. En *Feriadelasciencias.Unam*. Recuperado De https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria21/feria267_01_diferenciacion_de_las_especies_narcine_por_medio_d.pdf

Ives, A. R., Midford, P. E., & Garland, T. (2007). Within-species variation and measurement error in phylogenetic comparative methods. *Systematic Biology*, 56(2), 252-270. <https://doi.org/10.1080/10635150701313830>

Jellyman, P., Booker, D., Crow, S., L Bonnett, M., & Jellyman, D. (2013). Does one size fit all? An evaluation of length-weight relationships for New Zealand's freshwater fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 47, 450-468. <https://doi.org/10.1080/00288330.2013.781510>

Jiménez Prado, P. J. (2012). *Contaminantes Del Río Atacames Y Sus Efectos Sobre Las Poblaciones De Peces. Año 2012. Propuesta De Mitigación* (Unidad De Posgrado). Universidad Tecnica Estatal De Quevedo, Esmeraldas. Recuperado de <file:///C:/Users/Joselo/Desktop/Tesis%20Pedro%20Jim%C3%A9nez%20Prado.pdf>

Jiménez-Prado, P. (2012). Contaminación del río Atacames y su impacto en la comunidad de peces. *Anuario de Investigación y Desarrollo*, 2, 14.

Jouravlev, A., Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe, & División de Recursos Naturales e Infraestructura. (2003). *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL.

Leyton F, S. A., Muñoz, E., Gordillo S, M., Sánchez G, G. C., Muñoz, L. A., & Soto D, A. (2015). Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca, 28. Recuperado de

http://www.academia.edu/19856629/Estimaci%C3%B3n_del_factor_de_condici%C3%B3n_de_Fulton_K_y_la_relaci%C3%B3n_longitud-peso_en_tres_especies_%C3%ADcticas_presentes_en_un_sector_sometido_a_factores_de_estr%C3%A9s_ambiental_en_la_cuenca_alta_del_r%C3%ADo_Cauca

Mainstone, C. P., & Parr, W. (2002). Phosphorus in rivers — ecology and management. *Science of The Total Environment*, 282-283, 25-47. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00937-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00937-8)

N. Bruton, M. (1985). *The Effects of Suspensoids on Fish* (Vol. 125). <https://doi.org/10.1007/BF00045937>

Nash, R. D., Valencia, A., & Geffen, G. (2006, Mayo). The Origin Of Fulton's Condition Factor—Setting The Record Straight. *Essay: Fisheries History*, 31(5), 3. Recuperado De <https://Folk.Uib.No/Nfiag/Nfiag/Reprints/Nashetal%202006fish.Pdf>

Ortiz-Sandoval, J. J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J., & Habit, E. (2009a). Respuesta De La Comunidad De Peces Al Dragado De Rios Costeros De La Region Del Biobio (Chile). *Gayana (Concepción)*, 73(1), 64-75. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100010>

Ortiz-Sandoval, J. J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J., & Habit, E. (2009b). Respuesta De La Comunidad De Peces Al Dragado De Rios Costeros De La Region Del Biobio (Chile). *Gayana (Concepción)*, 73(1), 64-75. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100010>

Quiñonez-Velázquez, C. (2009). Abundancia relativa, estructura de tallas y relación longitud-peso de juveniles de lisa Mugil curema en el estero El Conchalito, La Paz, BCS, México, 17, 10.

Raven, P., Holmes, Dawson, F., P.J.A., F., Everard, M., Fozzard, & K.J, R. (1998). *River Habitat Quality The physical character of rivers and stream in the UK and Isle of Man. River Habitat Survey Report No. 2.*

Rohlf, F., & F. Marcus, L. (1993). A Revolution in Morphometrics. *Trends in ecology & evolution*, 8, 129-132. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90024-J](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90024-J)

- Román- Valencia, C. (2015). Guía peces del Occidente de Ecuador...
- Romano, L. A. (2016). Bioindicadores de contaminación acuática en peces. *Revista AquaTIC*, (7).
- Ruiz, V. H. (2018). Peces: Generalidades Sobre Su Biología Y Clasificación, 34.
- Southwood, T. R. E. (1977). Habitat, the Templet for Ecological Strategies? *The Journal of Animal Ecology*, 46(2), 336. <https://doi.org/10.2307/3817>
- Strauss, R., & Bookstein, F. (1982). The Truss: Body Form Reconstructions in Morphometrics. *Systematic Zoology*, 31, 113-135. <https://doi.org/10.1093/sysbio/31.2.113>
- T55_2Nota_6.pdf. (s. f.). Recuperado de http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas55/T55_2Nota_6.pdf
- Torcida, S., & Perez, S. I. (2012). Análisis de Procrustes y el estudio de la variación morfológica/ Procrustes analysis and the study of morphological variation. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 14(1), 131-141. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/raab/article/view/537>
- Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400001>
- Torralba-Burrial, A., & Ocharan, F. J. (2009). Temporalidad y perturbaciones antrópicas en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río Arba (Zaragoza, NE España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica: órgano del Instituto de Ciencias Naturales José de Acosta*, 103, 131-144.
- US EPA, O. (2014, abril 8). Collection of Methods [Collections and Lists]. Recuperado 18 de octubre de 2018, de <https://www.epa.gov/measurements-modeling/collection-methods>

ANEXOS

Fase de Campo



Chapil (Zona Alta)



Puente de Salima= Zona Media



Puente de las Mareas = Zona Baja



Presencia de Basura dentro y fuera del río. Condiciones no Favorables. (Zona Baja)



Cuerpos de Agua: Zona Alta



Cuerpos de Agua: Zona Media



Cuerpos de Agua: Zona Baja



Tomas de muestras de agua

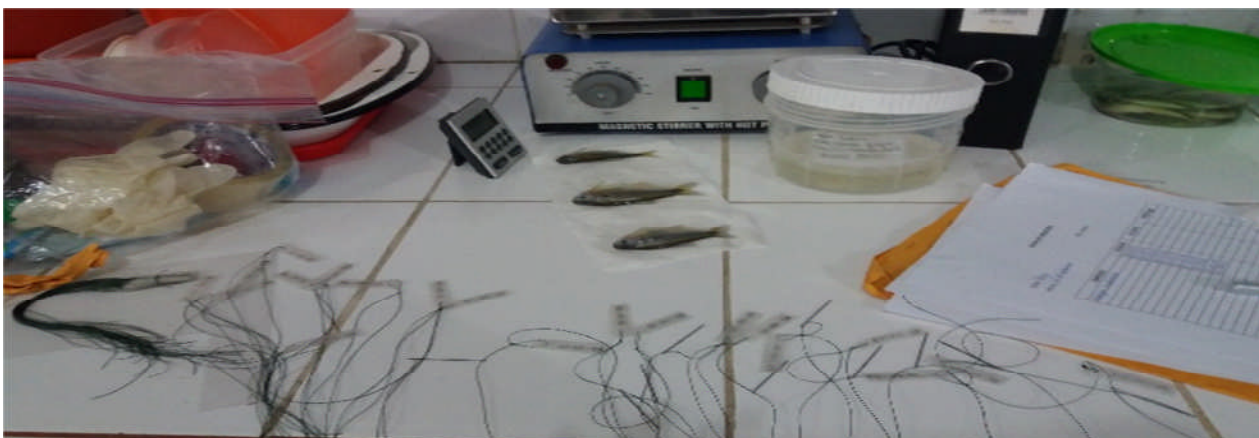


Captura de peces con atarraya



Colecta de peces

Fase de Laboratorio



Etiquetado y procesamiento de muestras



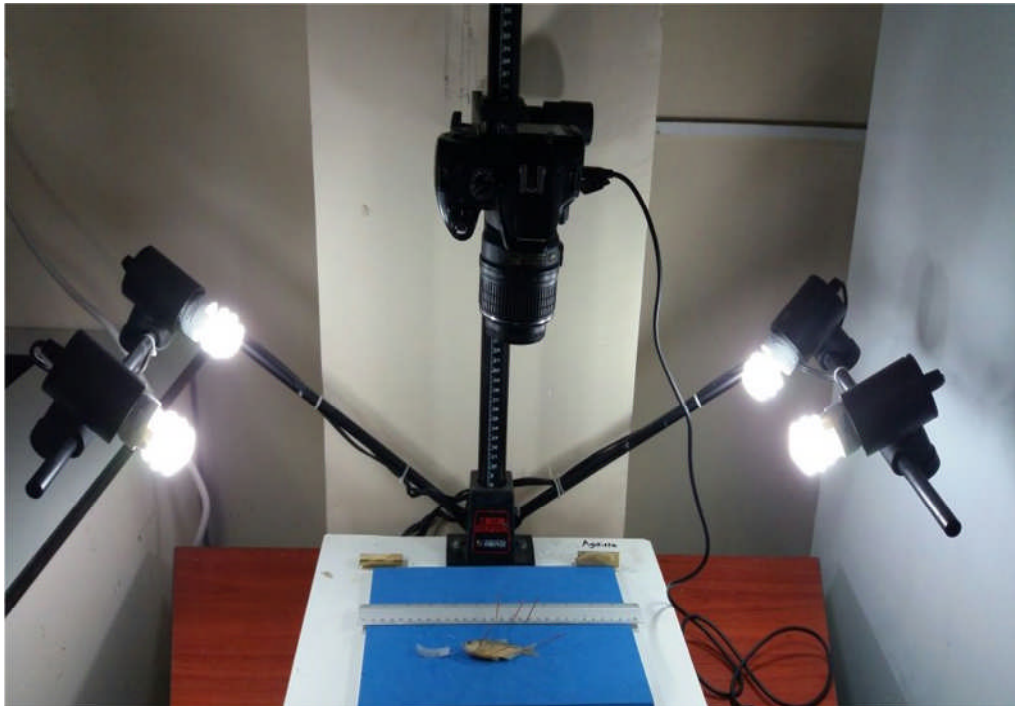
Secado y Fijación de peces capturados



Análisis por Colorimetría de muestras de agua



Selección de hitos anatómicos con alfileres.



Toma de Fotos Digitalizada



Población de Eretmobrycon ecuadorensis