



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFO
FUNCIONALES DE LOS PECES
DULCEACUÍCOLAS DE LOS RÍOS ATACAMES Y
SUA DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADA EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

AUTORA

María Emilia Navarro Párraga

ASESOR

Ph.D. PEDRO JIMÉNEZ PRADO

ESMERALDAS, AGOSTO 2020

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el Reglamento de Grado de la PUCE-E, previo a la obtención del título de Licenciada en Gestión Ambiental.

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Rubén Vinueza

Lector 1

Mgt. Jon Molinero

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Ph.D Pedro Jiménez Prado

Director de Tesis

Esmeraldas...de...del 2022

AUTORIA

Yo, María Emilia Navarro Párraga, declaro que la presente investigación titulada: “Análisis de las características morfo funcionales de los peces dulceacuícolas de los ríos Atacames y Sua de la Provincia de Esmeraldas” es absolutamente original, autentica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la PUCE-Sede Esmeraldas.

María Emilia Navarro Párraga

CI: 0803194190

DEDICATORIA

“Nunca un error siempre una lección”

Quería empezar mi agradecimiento con esta frase, porque me ha marcado mucho durante 31 años, he sido una persona que he cometido muchos errores y de esos errores me han quedado lecciones de vida, porque aprendí a creer en mí, en mi potencial y en las ganas de que tengo de superarme.

Este trabajo de tesis se lo quiero dedicar a mis padres, especialmente a mi madre, la persona que a pesar de las múltiples equivocaciones que he cometido no me ha abandonado ni un solo segundo, tenemos una conexión especial que solo ella y yo entendemos, siempre quise que se sintiera orgullosa de mí, yo sé que todo el esfuerzo que me ha costado estar aquí no ha habido un solo segundo que no piense en sus palabras.

A mi hermana que es mi ejemplo a seguir, es mi segunda mamá que con sus consejos ha sabido como calmar mis angustias, para ti todo mi respeto siempre.

Este logro es para ustedes, las amo con toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios ya que me llenó de fortaleza en momentos donde veía todo perdido y puso ángeles en mi camino para que yo no desistiera de llegar a mi meta.

Gracias infinitas a mi hermana y mi mamá por darme una segunda oportunidad y volver a creer en mí, ellas han sido los ángeles que Dios me envió para que sean mi apoyo en todo este proceso y hoy en día estoy aquí es por los consejos y cariño que siempre me han brindado.

A Pedro Jiménez porque fue él quien me supo guiar con mucha paciencia y sabiduría, no solo como asesor de tesis sino también como amigo, preocupándose día a día que todo marchara bien y confiando en mí, nunca olvidaré el día que me escogió para que yo defienda uno de sus temas, me sentí muy honrada, gracias por creer en mí cuando nadie lo más hizo.

A mi amiga incondicional Nicole Zamora que desde el primer día de clases estuvo conmigo y es mi fuente de inspiración por ser una persona responsable y con muchas ganas de salir adelante, de las mejores amigas que me dejó la universidad.

A Gonzalo Alfaro Moreno porque estuvo a mi lado, me ayudó a ser una persona más positiva, alegre y optimista, recordándome día a día que cualquier obstáculo que tenga por más difícil que sea siempre lo voy a poder superar.

A la memoria de mi tío Enrique Navarro que, aunque ya no esté físicamente con nosotros yo sé que siempre me

estará cuidando, siempre estuvo en cada una de las etapas de mi vida y yo sé que cuando llegue el momento de mi exposición él estará en primera fila dándome fuerzas y sintiéndose orgulloso de mí

Quiero que sepan que los llevo en mi corazón porque llegar hasta aquí no fue fácil, pero con la ayuda de ustedes todo fue un bonito proceso, gracias por todos los momentos compartidos, las risas infinitas y gracias por hacer de mí una persona que crea en su capacidad que no importa los años que se tenga que cuando se quiera lograr una meta solo hay que tener ganas y mucha fe.

INDICE

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	ii
AUTORIA.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Presentación del Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Bases Teóricas y Científicas.....	5
2.1.1. Contaminación hídrica	5
2.1.2. Peces del ambiente de agua dulce y su conservación	5
2.1.3. Diversidad funcional	6
2.1.4. Grupos funcionales	7
2.1.5. Rasgo funcional.....	7
2.1.6. Características morfo funcionales de peces	8
2.1.7. Alimentación	8
2.2. Antecedentes	9
2.3. Marco Legal	10
3. METODOLOGIA	12
4. RESULTADOS.....	22

4.1. Descripción y agrupación morfo-funcionalmente de las especies de peces presentes en los ríos Atacames y Súa.	22
4.2. Análisis de las diferencias morfo-funcionales en los diferentes puntos de muestreo y zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.	26
4.3. Relación de los diferentes grupos funcionales con los estresores ambientales en las diferentes zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.	33
5. DISCUSIÓN.....	37
6. CONCLUSIÓN	42
7. RECOMENDACIÓN	43
8. BIBLIOGRAFÍA.....	44
9. ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Lista de mediciones obtenidas a partir de los 28 puntos homólogos de la figura 2. Origen (Punto de referencia donde inicia la medición) y Fin (Punto de referencia donde termina la medición).	14
Tabla 2 Atributos morfo-funcionales derivados de las mediciones de la tabla 1...18	
Tabla 3 Caracterización de los atributos morfofuncionales de la tabla 2	25
Tabla 4 Análisis general de los índices de diversidad funcional según las zonas de estudio	30
Tabla 5 Análisis de la varianza para los índices de diversidad funcional.....	30
Tabla 6 Comparación de medias para los índices de diversidad funcional	31
Tabla 7 Análisis general de los índices de diversidad taxonómica según las zonas de estudio	29
Tabla 8 Análisis de la varianza para los índices de diversidad taxonómica.....	29
Tabla 9 Comparación de medias de diversidad taxonómica	29
Tabla 10 Principales estresores ambientales identificados para los ríos Atacames y Súa.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Puntos de Muestreo del río Atacames y Súa	13
Figura 2. 28 puntos homólogos para la determinación de medidas de los peces en el estudio.....	15
Figura 3. Dendograma de los grupos funcionales.....	23
Figura 4. Dendograma de la riqueza funcional de las zonas de estudio	26
Figura 5. Dendograma de la equitatividad funcional de las zonas de estudio.....	26
Figura 6. Dendograma de la divergencia funcional de las zonas de estudio	27
Figura 7. Dendograma de la dispersión funcional de las zonas de estudio	27
Figura 8. Dendograma de la especialización funcional de las zonas de estudio ..	28
Figura 9. Software para análisis estadístico (infostat).....	31
Figura 10. Índice de Shannon-Weaver_B. Índice de Equitatividad (Dendograma de la diversidad taxonómica)	32
Figura 11. Relación entre los diferentes estresores ambientales y el impacto que tienen en las zonas de estudio.....	34
Figura 12. Análisis de los componentes con relación a los grupos funcionales	35
Figura 13. Análisis de correspondencia canónica entre las variables estresoras y los índices de diversidad funcional.....	35

ABREVIATURAS

COA: Código Orgánico Ambiental

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

PUCESE: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

FRic: Índice de Riqueza Funcional

FEve: Índice de Equitatividad Funcional

FDiv: Índice de Diversidad Funcional

FSpe: Índice de Especialización Funcional

FDIs: Índice de Dispersión Funcional

INFOSTAT: Software para análisis estadístico

RESUMEN

Hoy en día las actividades humanas han tenido un efecto adverso en el comportamiento de los ríos, como es la contaminación, alterando gravemente la biota, debido a que no hay un buen tratamiento de aguas residuales, vertidos agrícolas o industriales. Los ríos de Atacames y Súa de la provincia de Esmeraldas albergan una gran biodiversidad, que en muchas ocasiones se ve afectada gracias a la contaminación de los cuerpos de agua logrando que la flora y fauna se vaya perdiendo a lo largo del tiempo.

Para realizar la presente investigación se llevó a cabo con las muestras de peces dulceacuícolas del Museo de la Escuela de Gestión Ambiental que fueron tomados del río Súa y Atacames, de tal manera, para la obtención de muestras se seleccionaron 10 estaciones a lo largo del cauce del río Atacames, codificadas como A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 y S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 pertenecientes al río Súa, tomando en cuenta desde la parte baja de los cauces hacia la zona alta de los mismos. Se realizaron seis campañas de muestreo para cada lugar con carácter bimestral, que abarcaron la época seca (julio a diciembre de 2016) y lluviosa (enero a junio de 2017) (en total 114 puntos de muestreo de julio de 2016 a enero de 2017). La elección de las ubicaciones se hizo para cubrir toda la heterogeneidad del hábitat a lo largo del canal principal con diez ubicaciones en los Atacames y nueve ubicaciones en los Súa.

De todos los especímenes colectados ($n = 5356$) y después de una selección, se obtuvieron una base de datos de 1880 especies capturadas, en la cual por cada individuo se realizaron 30 mediciones lineales y continuas.

Para realizar los diferentes análisis estadísticos se usaron programas, tales como Infostat, donde se evidenció tendencias de diversidad funcional entre las zonas de muestreo, siendo así que la zona alta por ser la menos contaminada tiene más riqueza funcional que la zona media y baja debido a la acción antropogénica, alterando los valores normales los ecosistemas acuáticos.

Palabras claves: morfo-funcional, contaminación, riqueza funcional.

ABSTRACT

Human activities have had an adverse effect on the behavior of rivers, such as pollution, seriously altering the biota, due to the lack of proper treatment of wastewater, agricultural or industrial discharges. The Atacames and Sua rivers in the province of Esmeraldas are home to a great biodiversity, which is often affected thanks to the contamination of water bodies, causing the flora and fauna to be lost over time.

To carry out the present investigation, it was carried out with samples of freshwater fish from the Museum of the School of Environmental Management that were taken from the Sua and Atacames rivers, in such a way, to obtain samples, 10 stations along the channel were selected. of the Atacames River, coded as A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 and S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 belonging to the Sua River, taking into account from the lower part of the channels to the upper area of the themselves. Six bimonthly sampling campaigns were carried out for each place, covering the dry season (July to December 2016) and rainy season (January to June 2017) (a total of 114 sampling points from July 2016 to January 2017). The choice of locations was made to cover all the habitat heterogeneity along the main channel with ten locations in the Atacames and nine locations in the Sua.

From all the specimens collected ($n = 5356$) and after a selection, a database of 1880 captured species was obtained, in which 30 linear and continuous measurements were made for each individual.

To carry out the different statistical analyses, programs such as Infostat were used, it was possible to show trends between the sampling zones, being that the high zone, being the least polluted, has more functional richness than the middle and low zone due to anthropogenic action, altering the normal values of aquatic ecosystems.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación del Tema de Investigación

Desde la antigüedad los humanos siempre se han beneficiado de los servicios que ofrecen las fuentes hídricas y así tienen contacto directo con el recurso. Hoy en día estamos en un mundo que crece demográficamente a pasos agigantados, las actividades humanas han tenido un efecto adverso en el comportamiento de los ríos, como es la contaminación, alterando gravemente la biota, muchas de las veces con mutaciones en los especímenes, debido a que no hay un buen tratamiento de aguas residuales, vertidos agrícolas o industriales. Los ríos de Atacames y Súa de la provincia de Esmeraldas albergan una gran biodiversidad, que en muchas ocasiones se ve afectada gracias a la contaminación de los cuerpos de agua logrando que la fauna se pierda poco a poco; en ecología una especie puede definirse como un conjunto de individuos con rasgos fenotípicos y de comportamiento que determinan cuándo y dónde sobreviven, y cómo interactúan con individuos de otras especies(1). Esta visión de las especies es la base de la diversidad funcional clave para entender la relación entre la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas(2). El análisis de la diversidad morfo funcional de una comunidad consiste en identificar los rasgos funcionales los cuales son rasgos biológicos que influyen en el desempeño de los organismos, los cuales pueden estar relacionados con los procesos ecosistémicos, siendo así se puede entender los patrones que surgen en las comunidades y cómo cambian con respecto a las variaciones ambientales(3).

Dentro de este contexto los cambios de la diversidad en el tiempo y en el espacio se basan en el análisis de abundancia y riqueza. Los diferentes estudios de características morfo funcionales de los peces dulceacuícolas proporcionan información apropiada para poder determinar las características morfofuncionales de las especies del río Súa y Atacames, y así reconocer e interpretar la diversidad de los seres vivos, en conjunto con la identificación de las unidades biológicas se

da el paso a toda iniciativa de conservación o manejo de la biodiversidad(4), y es necesario que, en Esmeraldas, las investigaciones sobre biodiversidad de peces de agua dulce tengan un enfoque ecosistémico. En efecto J. S. Gray, hace una revisión general de las necesidades de investigación en el campo de la biodiversidad de peces dulceacuícolas y establece que a nivel global uno de los estudios necesarios está referido a la diversidad funcional(5). Por ello se tomaron 30 medidas relacionados con los caracteres funcionales los cuales se agruparon para identificar las variables ambientales.

1.2. Planteamiento del Problema

Las características morfo funcionales de los peces en estudios de los últimos años han logrado que se asocien diferentes especies gracias a la similitud que tienen sus rasgos morfo funcionales, así como también su estilo de vida, por lo cual se puede distinguir las diferentes funciones que tienen los peces dentro del ecosistema (6). En Esmeraldas en los ríos Atacames y Sua poseen problemas ambientales que básicamente se encuentran relacionados con el inadecuado tratamiento de residuos sólidos, el cual aporta con la proliferación de vectores y por ende el aumento de enfermedades, lo cual va a producir que haya un desequilibrio en el estado natural del ecosistema, sin embargo se encuentra una diversidad de especies por lo que se quiere constatar la manera de que estas interaccionan entre sí según las características morfofuncionales de los peces dulceacuícolas que van a permitir entender la dinámica funcional entre un ambiente acuático y las personas que los explotan, cuyos recursos son importantes para el ambiente, a pesar de que exista contaminación.

Los diferentes estudios de características morfofuncionales de los peces proporcionan información extensa y apropiada, para poder reconocer e interpretar la diversidad de los seres vivos. Sin embargo, se hace una revisión general de las necesidades de investigación en el campo de la biodiversidad de peces dulceacuícolas y establece que a nivel global uno de los estudios necesarios está

referido a la diversidad morfofuncional, lo que contribuiría a responder a las necesidades de conservación(7).

En este sentido, un análisis de las características morfofuncionales permitirá relacionarse con procesos ecológicos junto con la dinámica funcional y así proporcionar una base para conocer las implicaciones ecológicas que puede tener en la actividad pesquera.

1.3. Justificación

La provincia de Esmeraldas cuenta con el río Atacames y Súa, los mismos que son aprovechados para realizar varias actividades como es la pesca, pero esto se ve opacado gracias a la falta de conciencia ambiental de los seres humanos, llegando a tal punto de contaminarlo. Estas causas favorecen a las poblaciones asentadas en sus riveras, los cuales proveen de agua y alimento. A partir de esto, se pueden esclarecer las diferencias que rigen los cambios en composición y estructura local considerando las diferentes características morfo funcionales que mantienen por jerarquía las especies de peces que integran estas comunidades.

En este contexto, el presente estudio pretende complementar y ampliar el conocimiento de la ecología en estos ambientes, utilizando índices de diversidad taxonómica y funcional para caracterizar la variación de la comunidad de peces en este tipo de hábitats. Un análisis de las características funcionales de las diferentes especies que se encuentran en los ríos antes mencionados va a ayudar a comprender el comportamiento de las especies, lo cual permitirá registrarlos y relacionarlos con procesos ecológicos y así proporcionar una base para conocer su dinámica funcional dentro del ecosistema.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar las características morfofuncionales de las comunidades de peces dulceacuícolas en los ríos Atacames y Súa de la provincia de Esmeraldas, a lo largo de los tramos alto, medio y bajo, para entender la dinámica funcional relacionada con la calidad del ambiente acuático.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir y agrupar morfo-funcionalmente a las especies de peces presentes en los ríos Atacames y Súa.
- Analizar las diferencias morfo-funcionales en los diferentes puntos de muestreo y zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.
- Relacionar los diferentes grupos funcionales con los estresores ambientales en las diferentes zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.

2. MARCO TEORICO

2.1. Bases Teóricas y Científicas

2.1.1. Contaminación hídrica

El incremento de contaminación ha ocasionado que se pierda la biodiversidad dejando como resultado un desequilibrio en los ecosistemas, de esta forma, mediante el análisis de diversidad funcional se puede analizar con los rasgos de los diferentes ejemplares para analizar cuales se podrían encontrar en retroceso y cuales han desarrollado al haber un alza en la contaminación por el motivo de adaptación y así se podrá tomar medidas viables para lograr una conservación de las especies(8).

2.1.2. Peces del ambiente de agua dulce y su conservación

La diversidad de peces de agua dulce es elevada si se considera que se estima la existencia de 32.500 especies de peces a nivel mundial y que el agua dulce en estado líquido existente en el planeta (ríos y lagos) no superaría el 1% del agua existente en todas sus formas. A pesar de que existen un mayor número de especies marinas, las comunidades de peces de agua dulce son mucho más ricas por unidad de volumen de hábitat, ascendiendo a una especie por cada 15Km³ de agua dulce contra una especie por cada 100.000km³ de agua marina. De acuerdo al grupo de especialistas de peces de agua dulce (FFSG) de IUCN, las mayores amenazas que enfrentan la biodiversidad de agua dulce y por ende los peces, incluyen a: la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats, la introducción de especies invasivas, la sobreexplotación pesquera, la contaminación ambiental, las prácticas forestales, la pérdida de continuidad ecológica en los ríos y el cambio climático, estimaron que el 20% de los peces de agua dulce del mundo estaban en categoría vulnerable, en peligro o extinta (9).

2.1.3. Diversidad funcional

La diversidad se mide comúnmente a partir de índices basados únicamente en la riqueza de especies y sus abundancias relativas (10). Algunos de los índices más usados son, por ejemplo, índice de Shannon y Simpson(11). Estos indicadores miden la diversidad de un punto de vista netamente taxonómico. El análisis mediante rasgos funcionales es fundamental para entender la adaptación de los distintos organismos en un determinado ecosistema, así como en las agrupaciones de especies dentro de la comunidad(12). Se ha demostrado que la diversidad funcional es un excelente indicador de la producción de un hábitat determinado, así como de la vulnerabilidad de determinadas especies(13). Se han utilizado los siguientes índices de diversidad funcional:

- La riqueza funcional (índice Fric) Es la cantidad de espacio funcional que ocupan las especies en una comunidad, independientemente de su abundancia. Por lo tanto, una baja riqueza de funciones indica que algunos recursos potencialmente disponibles no se explotan.
- La equitatividad funcional (índice FEve) Es la homogeneidad de las distribuciones de abundancia de especies comunitarias en el espacio funcional. La baja equidad significa que partes de un nicho funcional se están llenando, pero subutilizando. Esto puede reducir la productividad y aumentar las posibilidades de que se establezcan intrusos potenciales.
- La divergencia funcional (índice FDiv) Es una medida de similitud funcional entre especies dominantes en una comunidad. Por lo tanto, las diferencias de altura reflejan una gran diferenciación de nicho de las especies dominantes, lo que puede reducir la competencia debido a un uso más eficiente de los recursos. La diferencia disminuye a medida que la proporción de biomasa se acerca al centro de gravedad del espacio funcional comunitario.
- La especialización funcional (índice FSpe) mide la diferencia global entre especies, independientemente de su abundancia. Cuanto más lejos está una

especie del centro de gravedad de la comunidad regional, más especializada funciona.

- La dispersión funcional (índice FDis) es aquella que permite la combinación de la equitatividad y la divergencia; es dependiente de la abundancia, pero independiente de la riqueza de especies, por lo cual si la dispersión funcional va en aumento es probable que indique que las especies que son más abundantes dentro de una comunidad van a tener rasgos funcionales distintos.

2.1.4. Grupos funcionales

En la caracterización de grupos funcionales lo más común es usar el rango de rasgos vitales que presenta cada especie en un determinado hábitat (14), como, por ejemplo, longitud, altura, tamaño de las aletas caudales, pélvicas, anales, pectorales, así como también el tamaño del pedúnculo. La diversidad funcional mide el rango y distribución de estos rasgos vitales de los organismos en una comunidad, es decir las funciones de los distintos organismos en un determinado ecosistema.

2.1.5. Rasgo funcional

Es una expresión fenotípica que pueden ser morfológica, fisiológica, de comportamiento, hábitat, entre otras, y que represente un impacto sobre el organismo en relación a su supervivencia, alimentación, crecimiento o reproducción. Estos análisis comparativos en la diversidad funcional podrían llevarse a cabo incluso entre organismos de una misma especie, ya que organismos de distintas áreas geográficas o de distinta edad podrían tener valores de rasgos distintos. Estos análisis resultarán ser más objetivos puesto que eliminarán la necesidad de la incorporación de las distintas especies en grupos funcionales concretos(15).

2.1.6. Características morfo funcionales de peces

Han sido 28 rasgos usados, los cuales se los puede agrupar en morfología, alimentación y locomoción. La forma del cuerpo o estructura morfológica influye en su velocidad de desplazamiento y en muchos casos determina el método de obtención de alimento ya sea de captura en aguas libres, emboscada, entre otros (14).

2.1.7. Alimentación

La alimentación de los diferentes individuos es un factor determinante dentro del ecosistema, puesto que en gran medida direcciona las cadenas tróficas existentes, así como el tipo de alimentación de cada especie. Este es un factor muy importante en términos de supervivencia de una determinada especie, sobre todo en situaciones y hábitats muy heterogéneos y cambiantes (16).

2.1.8. Locomoción

Los peces exhiben una variedad de movimientos, que se pueden dividir en natatorios y no natatorios (17). Este último incluye acciones específicas como saltar, excavar, volar, deslizarse, lanzarse, etc. Hay dos tipos de movimientos de natación:

- Natación periódica o constante, caracterizada por repeticiones periódicas de un movimiento sostenible. Esta natación periódica es utilizada por los peces para viajar largas distancias a una velocidad más o menos constante.
- Natación momentánea o inestable, incluidos arranques rápidos, maniobras de escape y giros. Los movimientos transitorios duran unos pocos milisegundos y generalmente se usan para capturar presas o evitar a los depredadores.

2.2. Antecedentes

El estudio de la diversidad funcional de los peces dulceacuícolas en la provincia de Esmeraldas tiene un porcentaje muy bajo es por esto que se ha tomado trabajos de otros países, para poder conceptualizar el tema. El concepto de carácter funcional ha sido considerado de diferentes maneras, por ejemplo, González JA, Díaz S, Castro I. lo definen como una característica del organismo que es considerada relevante por su respuesta al medioambiente y sus efectos en el funcionamiento del ecosistema (18). También ha sido considerado por su influencia o impacto sobre el funcionamiento del organismo o en el estado físico de los organismos. Después de una revisión de los conceptos de carácter funcional definidos en otras investigaciones, sin embargo, definen a un carácter funcional como aquel rasgo morfológico, fisiológico o fenológico que puede ser medido en un organismo, y el cual se encuentra relacionado con un efecto sobre uno o más procesos ecológicos o con una respuesta a uno o más factores ambientales (18). Los caracteres funcionales de los organismos influyen en las propiedades del ecosistema y en su respuesta ante las condiciones ambientales

En el año 2015 Córdova-Tapia realizó un análisis de “La diversidad funcional en la ecología de comunidades” donde recalca la comprensión de la definición de diversidad funcional, así como también de las características funcionales y como estas infieren a la hora de asociarse en el ecosistema(10).

En México, año 2016, se realizó un análisis de “La Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre” donde se evaluó las estructuras de las comunidades de peces y a partir de la similitud de características funcionales se los asoció en grupos, y el que más resaltó fue el rasgo reproductivo(19)

Salgado Negret B, realizó una revisión de los rasgos funcionales para peces dulceacuícolas y estableció protocolos para su cuantificación (6). Además,

menciona que este tipo de mediciones o conteos en peces vivos puede resultar complicado y con frecuencia imprecisa, de manera que disponer de ejemplares en colecciones biológicas es muy acertado para asegurar una medición precisa. De acuerdo con Mason NWH la diversidad funcional estará mejor representada cuando se estime cada uno de sus componentes independientemente(20). Al realizar las mediciones de cada uno de los individuos se puede analizar con mayor precisión la relación que existe entre la dinámica funcional de los ecosistemas y la diversidad.

2.3. Marco Legal

En la constitución del Ecuador podemos encontrar muchos artículos referentes a la protección de los derechos de la naturaleza así mismo nuestro país está regido por convenios internacionales, de tal manera que garantizan la conservación y uso sustentable de los recursos naturales, tal es el caso de los ríos que son ecosistemas que abarcan un sinnúmero de biodiversidad, que en muchas ocasiones sirven de sustento alimenticio y económico para las poblaciones asentadas en las riberas, hoy en día esto se ve opacado gracias a la contaminación de los sistemas fluviales y la conciencia ambiental de los seres humanos.

De acuerdo a la Constitución del Ecuador, en el capítulo segundo sobre el derecho del buen vivir y sección primera sobre agua y alimentación y sección segunda sobre Ambiente sano.

Art. 12 menciona que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14 se refiere a que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

En el Convenio de Diversidad Biológica, en la sección de Diversidad Biológica de las Aguas Continentales, promueve el buen uso del agua ya que el agua dulce es el recurso con mayor importancia para el planeta y al ser mal usado es una de las

principales causas por el cual el recurso tienda a disminuir su biomasa algo que provocaría la afectación, disminuyendo el desarrollo habitual de los organismos dentro de los ecosistemas, creando un gran desequilibrio que en el peor escenario se produciría una extinción.

En el caso del COA en el Art. 10 da a conocer que toda persona natural o jurídica, así como los pueblos y comunidades deberá responder ante la obligación jurídica en caso de generar daños ambientales que hayan causado al medio ambiente.

El Art. 225 del COA menciona que las instituciones del Estado deben fortalecer la educación ambiental, así como la participación ciudadana y una mayor conciencia en base al buen manejo de los residuos y desechos.

En la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, en su artículo 79 nos menciona los objetivos de prevención y conservación del agua, haciendo énfasis en su literal e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.

De tal manera que, el artículo 411 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

3. METODOLOGIA

El trabajo de campo de la presente investigación se llevó a cabo con las muestras de peces dulceacuícolas del Museo de la Escuela de Gestión Ambiental que fueron tomados del río Súa y Atacames, de la provincia de Esmeraldas. El cantón Atacames cuenta con tres fuentes hidrográficas las cuales nacen sus vertientes desde las montañas de Muisne al sur de la provincia de Esmeraldas y desemboca en el océano Pacífico junto a las poblaciones de sus mismos nombres, cruzan las parroquias a una altitud de 6 msnm y con un clima lluvioso tropical de 25°C en promedio, cuentan con una precipitación de 1500mm/año. Tanto el río Atacames como Súa son considerados ríos de tercer orden, los cuales tienen una desembocadura de sus aguas en el océano Pacífico en dirección Sur-Norte y sus principales afluentes son los esteros Cacao, Cascajal, La Angostura, Portugués y Muchin (21). La cuenca del río Atacames abriga una superficie de 22.608,93 ha, y la cuenca del río Súa abarca una longitud de 28.205 metros, se los puede dividir en tres estratos para la toma de muestras: la parte alta o cabeceras que presentan un mejor estado de conservación del bosque primario; la parte media que presenta grandes extensiones de tierras agrícolas y agroforestales, en las cuales se desarrollan cultivos semi intensivos y por último, la parte baja donde se encuentran los asentamientos que concentra la mayor cantidad de actividades antrópicas y por ende contaminación (22). Para las tomas de muestras se seleccionaron 10 estaciones a lo largo del cauce del río Atacames, codificadas como A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 y S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 pertenecientes al río Súa, tomando en cuenta desde la parte baja de los cauces hacia la zona alta de los mismos (Fig. 2).

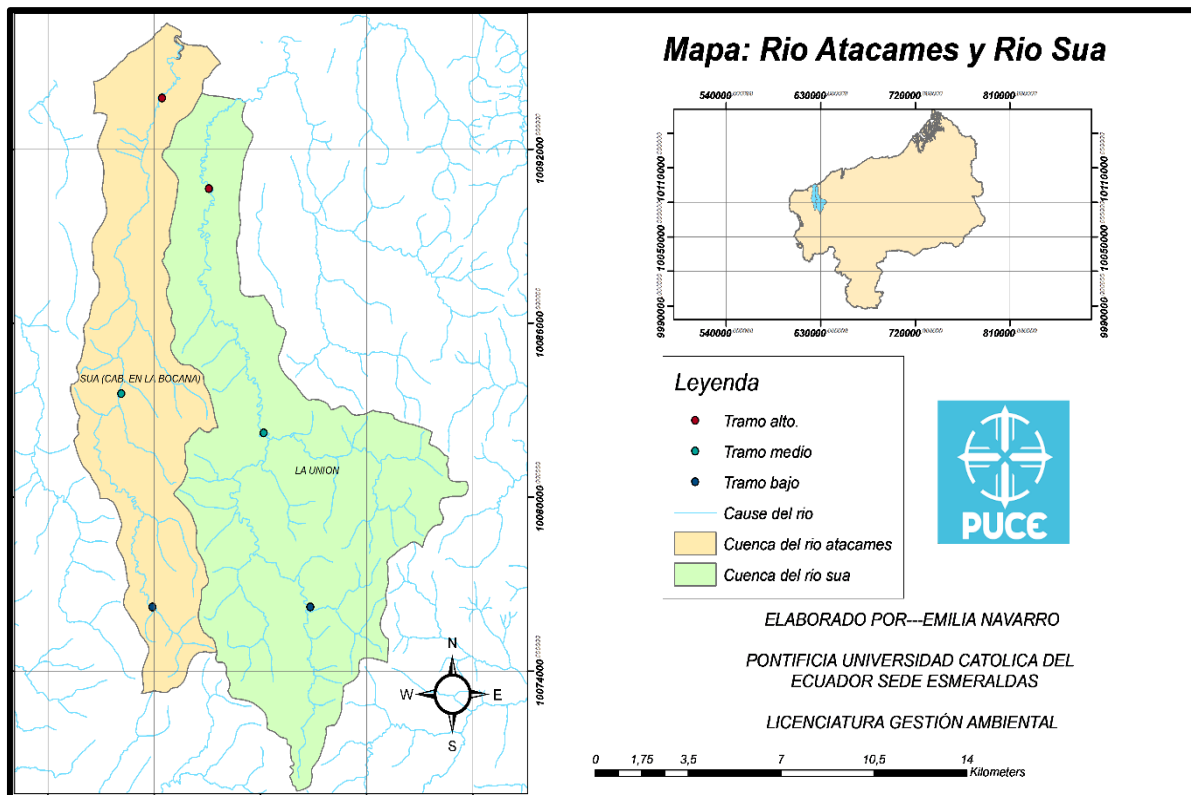


Figura 1. Mapa de Puntos de Muestreo del río Atacames y Súa

Fuente: Elaboración propia

3.1. Recolección de muestras

Se realizaron seis campañas de muestreo para cada lugar con carácter bimestral, que abarcaron la época seca (julio a diciembre de 2016) y lluviosa (enero a junio de 2017) (en total 114 puntos de muestreo de julio de 2016 a enero de 2017). La elección de las ubicaciones se hizo para cubrir toda la heterogeneidad del hábitat a lo largo del canal principal con diez ubicaciones en los Atacames y nueve ubicaciones en los Súa. Las muestras fueron tomadas desde la cuenca baja, denominada como zona A, pasando por la cuenca media, identificada como zona B y finalmente, la cuenca alta, como zona C. El muestreo se realizó en las orillas de los cauces, alternando lugares, para los de poca profundidad se usó red de arrastre para la pesca y en las estaciones con presencia visible de peces con atarraya.

Una vez tomadas las muestras en las diferentes estaciones se procede a colocarlos en unos envases plásticos de 1,5 litros con alcohol al 100% para poder conservar su forma y posteriormente poder medir sus rasgos, luego se etiqueta debidamente con fecha y el lugar donde fue tomada la muestra.

En el laboratorio de la Escuela de Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCESE) se realizó la limpieza de cada muestra, retirando restos de hojas, palos o basura que habían salido al momento de la captura, se procedió a colocar el contenido de cada envase de plástico en bandejas para su debido etiquetado y con la ayuda de claves dicotómicas, los especímenes fueron identificados y contabilizados para cada estación de análisis, obteniéndose una base de datos de especies capturadas.

3.2. Describir y agrupar morfo-funcionalmente a las especies de peces presentes en los ríos Atacames y Súa

Tabla 1

Lista de mediciones obtenidas a partir de los 28 puntos homólogos de la figura 2. Origen (Punto de referencia donde inicia la medición) y Fin (Punto de referencia donde termina la medición).

Código	Medida	Origen	Fin
M1:	Longitud estándar	1	26
M2:	Altura de la boca	1	6
M3:	Longitud de la cabeza	1	11
M4:	Longitud de la maxila	1	2
M5:	Longitud del hocico	1	3
M6:	Altura de la aleta dorsal	16	29
M7:	Longitud de la aleta dorsal	16	28
M8:	Altura del cuerpo	13	15
M9:	Altura de la cabeza (1)	10	12
M10:	Altura de la cabeza (2)	8	9
M11:	Altura de la cabeza (3)	4	6

M12:	Altura del ojo	5	6
M13:	Longitud de la mejilla	7	11
M14:	Diámetro del ojo	3	7
M15:	Base de la boca	2	6
M16:	Inserción de la pectoral	13	14
M17:	Longitud de la aleta pectoral	14	21
M18:	Altura del cuerpo pectoral	13	15
M19:	Longitud de la aleta pélvica	17	18
M20:	Altura de la aleta pélvica	18	19
M21:	Altura de la aleta anal	22	23
M22:	Longitud de la aleta anal	22	24
M23:	Altura del pedúnculo caudal	25	27
M24:	Longitud del pedúnculo caudal	26	28
M25:	Altura de la aleta pectoral	20	21
M26:	Inserción de la aleta dorsal	1	16
M27:	Inserción de la aleta pectoral	1	14
M28:	Inserción de la aleta pélvica	1	17
M29:	Inserción de la aleta anal	1	22
M30:	Pectoral vs Pélvica	13	14

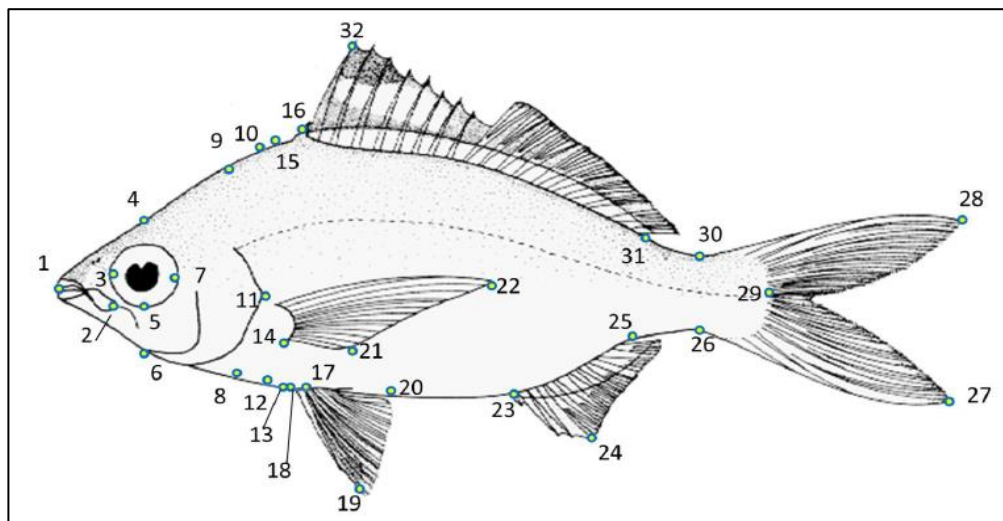


Figura 2. 28 puntos homologos para la determinación de medidas de los peces en el estudio

Para entender la diversidad funcional de una comunidad es fundamental elegir los rasgos funcionales que serán objeto de estudio, en este caso fueron 28; pero establecer cuáles son los más apropiados para entender la función de una especie dentro de un ecosistema requiere de mucho trabajo ya que algunos pueden ser redundantes. En este sentido, existen investigadores que proponen la necesidad de diferenciar entre rasgos funcionales, denominados como “duros” y rasgos funcionales llamados “suaves”(23). Los primeros identifican una función de interés y normalmente están asociados a la biología de los organismos, un ejemplo es su posición en estructura trófica (24); los segundos valoran esas funciones, de manera indirecta, a través de mediciones sencillas y rápidos, un ejemplo son las particularidades morfológicas y que pueden utilizarse como indicadores de la función de los organismos con respecto al uso de los recursos (25), obviamente para utilizar este tipo de rasgos suaves se debe utilizar características morfológicas con relevancia funcional, fáciles de medir (26)

Grupos funcionales

Los grupos funcionales ayudan a reconocer la semejanza entre especies dentro de una comunidad tomando en cuenta argumentos de diferente naturaleza biológica, diferenciando grupos de especies cuyas características funcionales y estrategias para la obtención de algún recurso son similares (27). Obviamente son grupos de organismos que tienen respuestas similares ante elementos ambientales (28).

Una vez eliminadas las variables redundantes, se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos, cuyo objetivo es generar una partición de las especies de acuerdo a rasgos de interés y como no requiere de suposiciones de agrupamiento a priori, se usó para realizar clasificaciones con variables continuas (24).

Si bien el enfoque de grupos funcionales que analiza el nivel al cual las diferencias interespecíficas son funcionalmente significativas es arbitrario, se asume también que las especies de un mismo grupo son funcionalmente iguales (es decir que las

especies dentro de un mismo grupo terminan siendo redundantes) y también que todos los pares de especies de diferentes grupos son diferentes. Dicho de otra manera, al agregar una especie de un nuevo grupo funcional a una comunidad, aumenta la riqueza funcional de dicha comunidad (29).

3.3. Analizar las diferencias morfo-funcionales en los diferentes puntos de muestreo y zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.

Tabla 2

Atributos morfo-funcionales derivados de las mediciones de la tabla 1

Variabl e	Nombre	Fórmula	Característica	Referencia	Atributo
D1	Posición de la apertura bucal	M2/M11	Alimentación	Villéger et al., 2010; Elleouet et al., 2014	Valores altos indican apertura bucal inferior, propio de peces bentónicos que aprovechan recursos del sustrato
D2	Posición del ojo	M12/M11	Hábitat	Elleouet et al., 2014; Lefcheck et al 2014	Valores altos indican peces con ojos orientados hacia la parte superior, bentónicos o bentopelágicos
D3	Tamaño del ojo I	M14/M11	Alimentación	Elleouet et al., 2014; Lefcheck et al 2015	Valores bajos implican uso visual mínimo (ojo pequeño) en la captura de presas y en la movilización
D4	Altura relativa del cuerpo	M18 / M1	Hábitat	Reecht et al., 2013; Elleouet et al, 2014	Valores bajos indican peces de cuerpo bajo o muy relacionados con el bento; valores altos peces mayoritariamente nadadores pelágicos
D5	Posición de la aleta pectoral	M16/M18	Maniobrabilidad	Elleouet et al., 2014; Lefcheck et al., 2014	Valores bajos indican un cuerpo poco alto y alargado, por lo tanto, con pectoral menos útiles en la maniobrabilidad.
D6	Aspecto de la aleta anal	M21 / M22	Maniobrabilidad/propulsión	Breda, 2005; Soares et al., 2013	Valores altos implica que la aleta anal es corta pero alta, útil en la maniobrabilidad; contrario a valores bajos donde la aleta anal es larga pero poco alta, útil en la propulsión.
D7	Longitud relativa de la aleta pectoral	M17 / M1	Maniobrabilidad/propulsión	Lefcheck et al., 2014	Valores altos implican una mayor propulsión sobre maniobrabilidad
D8	Proporción de la aleta pectoral	M25/ M17	Maniobrabilidad	Payan-Alcacio J. 2016	Valores altos implican mayor maniobrabilidad menor potencia

D9	Propulsión del pedúnculo caudal	M23/ M24	Propulsión	Webb, 1984; Elleouet et al., 2014	Valores bajos indican mayor potencia y maniobrabilidad en la propulsión del cuerpo, que normalmente son muy alargados
D10	Longitud relativa del pedúnculo caudal	M24 / M1	Propulsión	Winemiller, 1991; Soares et al., 2013	Valores altos (pedúnculos largos) indican peces bentónicos o bentopelágicos, cuya característica es una fuerte propulsión caudal
D11	Longitud de la mandíbula	M4 / M3	Alimentación	Sibbing & Nagelkerke, 2001; Lefcheck et al., 2014	Valores altos pueden indicar peces con capacidad de comer presas grandes
D12	Altura relativa de la cabeza	M9 / M8	Alimentación	Willis et al., 2005; Soares et al., 2013	Valores mayores se encuentran en peces que se alimentan de peces de mayor tamaño (depredadores)
D13	Tamaño de la cabeza	M3 / M1	Alimentación	Pouilly et al., 2003; Soares et al., 2013	Valores altos implican una mayor capacidad de captura de presas; en hábitats bentopelágicos
D14	Altura relativa de la boca	M2 / M1	Hábitat	Willis et al., 2005; Soares et al., 2013	Valores altos (boca grande) pueden indicar peces con capacidad de comer presas grandes, principalmente desde abajo hacia arriba en la columna de agua
D15	Aspecto de la boca	M4 / M5	Alimentación	Payan-Alcacio J. 2016	Valores altos indican una boca superior y grande (largos maxilares), importantes en la captura de presas; de hábitat bentopelágicos y pelágicos.
D16	Tamaño del ojo II	M14/M3	Alimentación	Payan-Alcacio J. 2016	Valores altos implica mayor uso de vista (ojos grandes) en la búsqueda de presas
D17	Proporción de las aletas de dirección	M22/ M7	Maniobrabilidad	Payan-Alcacio J. 2016	Cero es la ausencia de alguna de las aletas. Valores altos son propios de peces bentopelágicos y pelágicos, que utilizan más la aleta anal (que es más larga que la dorsal) como estabilización en el nado rápido y la maniobrabilidad.
NT	Nivel Trófico	-		Froese et al., 1992.	Valores bajos tienen al vegetarianismo, intermedios al omnivorismo y los altos al carnivorismo

En este sentido, se han reconocido al menos dos funciones clave: la obtención de alimento y la locomoción(12). Cada una de estas funciones es explicada por varios rasgos funcionales que a su vez se calculan utilizando medidas morfo-funcionales. Este concepto, además es también usado en la determinación de modelos poblacionales y comunitarios ante la presencia de disturbios ambientales (30).

Para este estudio fueron identificados 28 puntos homólogos para todos los peces analizados (Figura 1); a partir de estos puntos, se tomaron 30 mediciones (Tabla 1). Con estas medidas se realizaron las fórmulas de atributos ecomorfológicos, obtenidas de diferente bibliografía, logrando Variables D_x (Tabla 2); a estos rasgos funcionales suaves se adicionó uno duro, que es el nivel trófico (31). Mediante un análisis de correlación de Pearson, se excluyeron del análisis aquellas variables (D_x) cuyo valor generó un coeficiente mayor a 0.5, todos aquellos con valor superior, fueron considerados como redundantes y por lo tanto fueron eliminados del estudio (32).

Una vez obtenidos los diferentes índices de diversidad funcional se procedió a realizar análisis correlacionales con los diferentes puntos de muestreo (10 en el río Atacames y 9 en el río Súa), para poder establecer diferencias a diferentes escalas: río (Atacames Vs, Súa), Zona (A Vs M Vs B) y puntos (A10 a A1; S9 a S1).

Otra forma de interpretar la diversidad funcional en los ecosistemas, son los índices de diversidad funcional (29).

3.4. Relacionar los diferentes grupos funcionales con los estresores ambientales en las diferentes zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.

Se cuantificaron y estandarizaron todas las variables (anexo 3 – Tabla 1), luego se hizo una correlación de Pearson entre todas (Anexo 1), de tal manera que no exista redundancia en la información; luego se realizó una correlación que permita establecer una alta relación entre las variables que quedaban y las zonas de mayor estrés ambiental, determinado desde la mayor alteración en las zonas bajas hacia la menor alteración en las zonas altas, segregando aquellas variables con una correlación superior a 0,5. Finalmente, con las variables que quedaban se realizaron análisis multivariantes para establecer su efecto sobre los grupos funcionales (Anexo 4).

Se analizaron los componentes principales entre las variables estresoras con su nivel de impacto a lo largo de las diferentes zonas del río; entre los índices de diversidad con su nivel de impacto en los tramos de muestreo antes mencionados. Finalmente, se realizó un análisis de correspondencia canónica entre las variables estresoras, los índices de diversidad funcional y las diferentes zonas del río.

4. RESULTADOS

4.1. Descripción y agrupación morfo-funcionalmente de las especies de peces presentes en los ríos Atacames y Súa.

En este estudio se identificaron 13 especies: *Eretmobrycon ecuadorensis*, *Rhoadsia altipinna*, *Andinoacara blombergi*, *Pseudopoecilia fría*, *Poecilia reticulata*, *Trychomycterus taenia*, *Oreochromis niloticus*, *Eleotris picta*, *Gobiomorus maculatus*, *Agonostomus monticulata*, *Dormitator latifrons*, *Awaous transandeanus* y *Sicydium hildebrandi*, de los cuales se seleccionaron 1880 especímenes que cumplían con los parámetros de mediciones para realizar morfología funcional, de tal manera que se descartaron 15 especímenes de diferentes familias porque no inferían en la estadística morfo funcional, debido a que eran muy pocos y variados.

Para el análisis de conglomerados jerárquicos, se seleccionan métodos o algoritmos de enlace y medidas de distancia o similitud, a partir de la matriz o distancia entre los sujetos, objetos o variables que queremos agrupar (33). En este caso se utilizó el método de Ward, que es un procedimiento general en el que el criterio para seleccionar pares de conglomerados a mezclar en cada paso se basa en el valor óptimo de la función objetivo. Esta función objetivo puede ser "cualquier función que refleje el propósito del investigador", analizando la información de covarianza entre rasgos funcionales, resultando en grupos más discriminativos, al minimizar la varianza dentro de los grupos y maximizar la varianza entre ellos; además de la distancia de Mahalanobis que tiene como objetivo determinar la semejanza entre dos variables aleatorias multidimensionales, mediante el cual las características consideradas, por ser indicadores cuantitativos de organismos con simetría, están altamente correlacionadas (11).

Se utilizó, a la zona y a los años, como factores de condición; se ingresaron todas las variables, menos la D9 y D16, por ser redundantes; las frecuencias como pesos y las localidades como unidades de muestreo. Se usó la distancia euclídea para la matriz de distancias. Para la comparación de medias de los diferentes índices de diversidad funcional, se utilizó la técnica multivariada del análisis de conglomerados (encadenamiento promedio) sobre una matriz de distancia, denominada DGC (34).

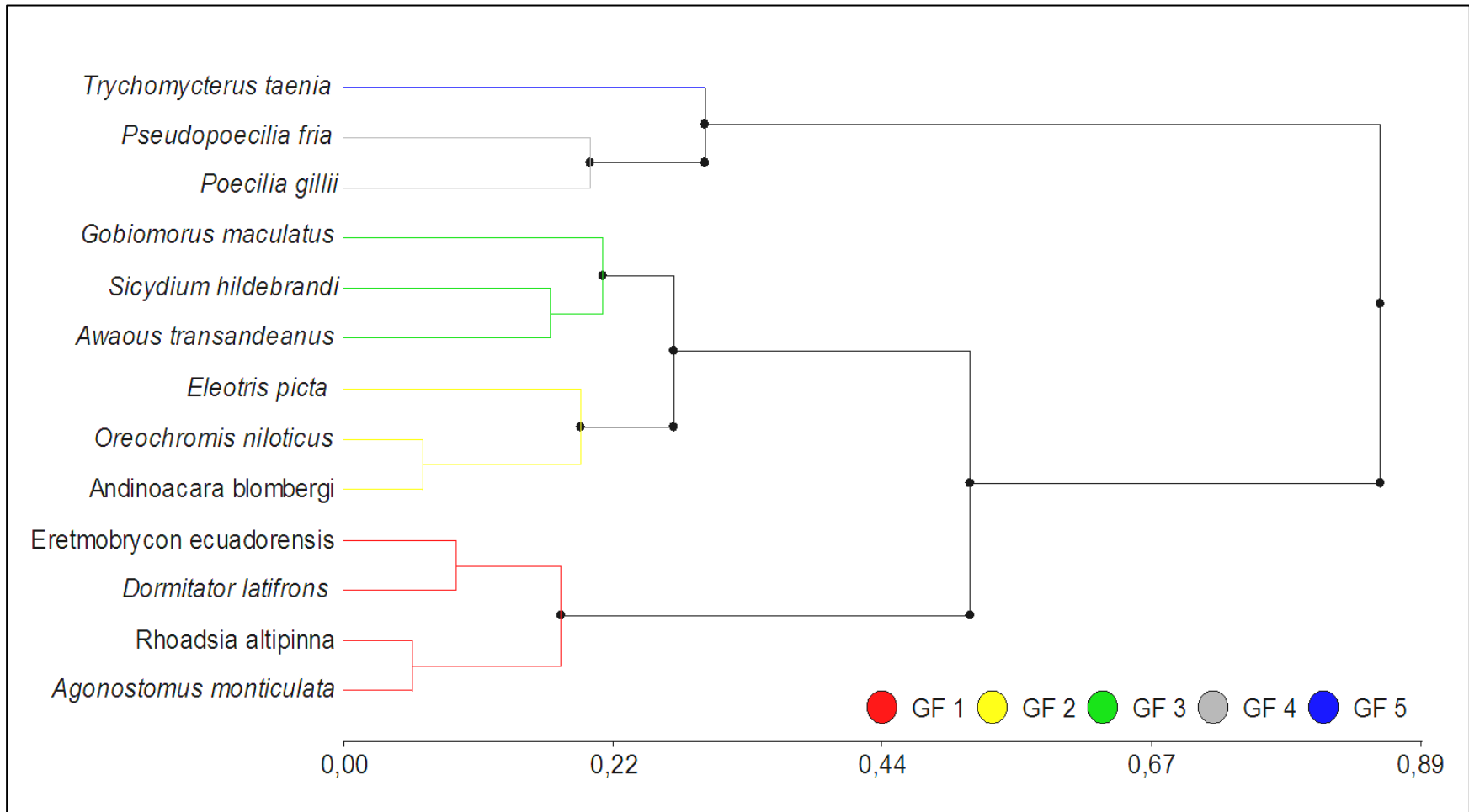


Figura 3. Dendrograma de los grupos funcionales

A partir del resultado del análisis de conglomerado se obtiene un árbol binario en el cual puede observarse la secuencia jerárquica de formación de conglomerados con cinco grupos funcionales; por lo tanto, se designa como Q a la distancia entre el origen y el nodo raíz del árbol (aquel en el cual se unen todas las medias), para montar una prueba con nivel de significación α . Las medias (o grupos de medias) unidas en nodos que están por encima de Q , se pueden considerar estadísticamente diferentes para el nivel de significación α ; con este análisis se puede lograr identificar tendencias, cuando el análisis de las varianzas no refleja diferencias significativas (11).

Las especies que se asociaron por rasgos similares fueron: grupo funcional 1 (*Eretmobrycon ecuadorensis*, *Dormitator latifrons*, *Rhoadsia altipinna* y *Agonostomus monticulata*), grupo funcional 2 (*Eleotris picta*, *Oreotromis latifrons* y *Andinoacara blombergi*) y el grupo funcional 3 (*Gobiomorus maculatus*, *Sicydium hildebrandi* y *Awaous transandeanus*), están siendo afectados en consideración a mayor cantidad de fosfatos, conductividad, materia orgánica, turbidez y densidad de la madera, de igual modo el grupo funcional 4 (*Pseudopoecilia fría* y *Poecilia gillii*) tiene como característica fundamental mayor densidad de la madera en las zonas medias-altas, a diferencia del grupo funcional 5 (*Trychomycterus taenia*)

Tabla 3*Caracterización de los atributos morfofuncionales de la tabla 2*

Grupo Funcional	Familias	Atributo
1	Eretmobycon ecuadorensis, Rhoadsia altipinna, Agonostomus monticulata, Dormitator latifrons	Boca de tamaño moderado, ojos pequeños y orientados hacia el frente; bentopelágicos a pelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia vegetal.
2	Eleotris picta, Oreochromis niloticus, Andinoacara blombergi	Boca grande, ojos de tamaño mediano y orientado hacia el frente, bentopelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia animal.
3	Gobiomorus maculatus, Sicydium hildebrandi, Awaous trasandeanus	Boca muy grande, ojos de tamaño mediano a grande y orientado hacia arriba, bentopelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia animal y al carnivorismo.
4	Pseudopoecilia fria, Poecilia gillii	Boca pequeña, ojos de tamaño grande y orientado hacia arriba, bentopelágicos, omnívoros con preferencia por materia animal.
5	Trichomycterus taenia	Boca moderada y dirigida hacia abajo, ojos de tamaño pequeño y orientado hacia arriba, bentónicos, omnívoros con preferencia por materia animal.

4.2. Análisis de las diferencias morfo-funcionales en los diferentes puntos de muestreo y zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.

La riqueza funcional (Índice FRic)

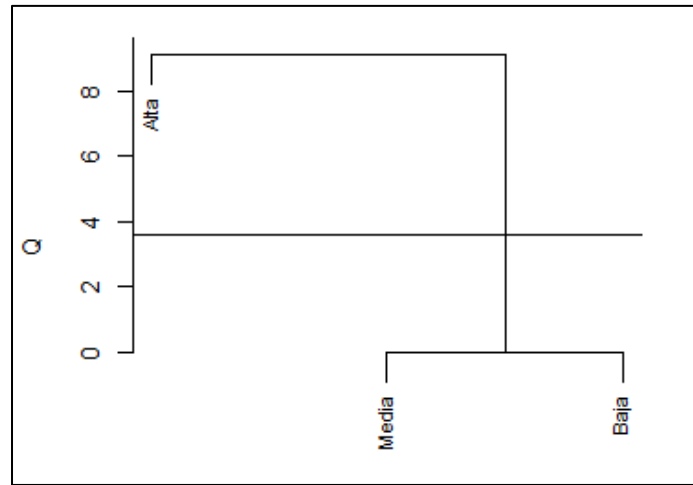


Figura 4. Dendograma de la riqueza funcional de las zonas de estudio

La equitatividad funcional (Índice de FEve)

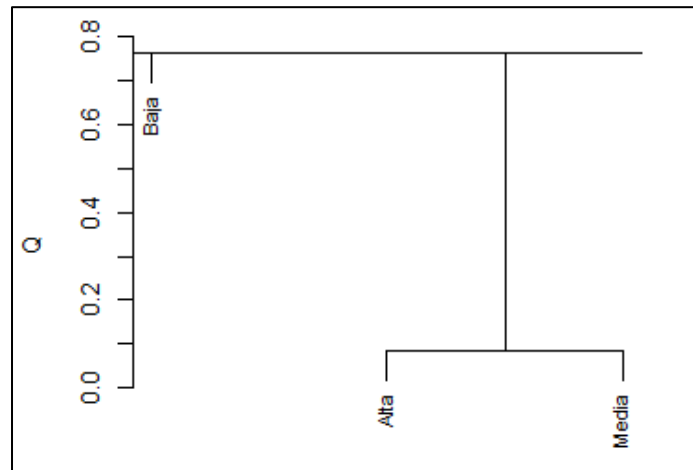


Figura 5. Dendrograma de la equitatividad funcional de las zonas de estudio

La divergencia funcional (FDiv)

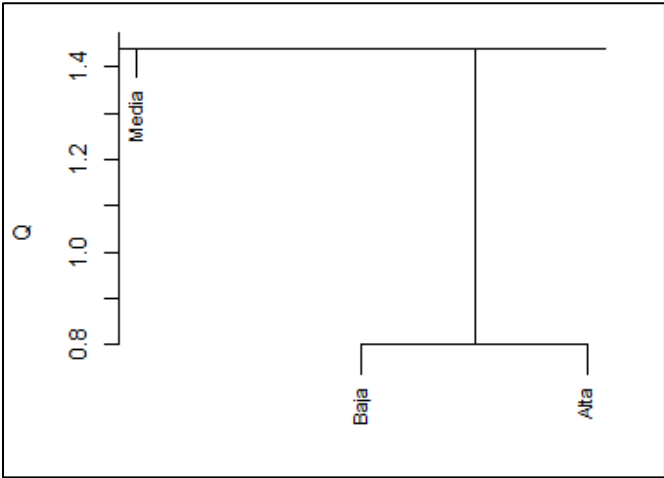


Figura 6. Dendrograma de la divergencia funcional de las zonas de estudio

La dispersión funcional (FDis)

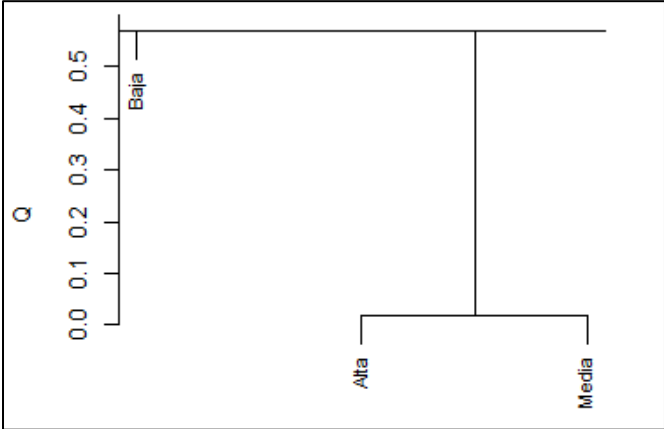


Figura 7. Dendrograma de la dispersión funcional de las zonas de estudio

La especialización funcional (FSpe)

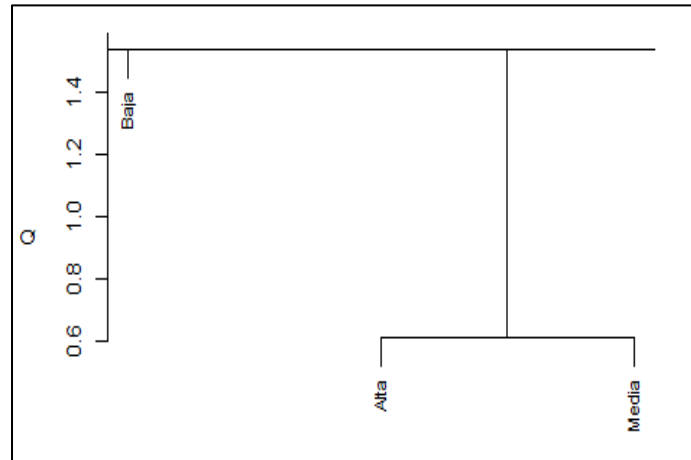


Figura 8. Dendrograma de la especialización funcional de las zonas de estudio

Si analizamos los 5 índices de diversidad funcional podemos ver una tendencia bien marcada, donde la parte baja es menos especializada y la dispersión y equitatividad es menor, es decir en la parte alta existen la posibilidad de que haya mayor cantidad de nichos ecológicos. En cuanto a riqueza funcional (Figura 4), existe mucha diferencia haciendo que la parte alta sea funcionalmente más rica. La equitatividad funcional (Figura 5), muestra similitud entre las diferentes zonas (media/baja), pero con una mayor equidad con respecto a las áreas altas, similar a lo que sucede con la dispersión funcional (Figura 7). La divergencia funcional (Figura 6) al igual que la especialización y dispersión, no presenta mayor diferencia en las partes medias y bajas, sin embargo, en la parte alta al igual que la equidad es mayor. Finalmente, la especialización funcional (Figura 8), es mayor en las zonas altas, esto quiere decir que hay más nichos ecológicos y esto infiere porque en la parte alta hay menos contaminación y por ende no tienen que adaptarse al medio como es en la parte media y baja, perdiendo su funcionalidad.

Tabla 4*Análisis general de los índices de diversidad taxonómica según las zonas de estudio*

Río	Zona	Riqueza Funcional	Shannon-Weaver	Evenness	Simpson
Atacames	Alta	5.00	1.34	0.84	0.71
	Media	8.00	1.36	0.66	0.69
	Baja	7.00	1.21	0.62	0.6
Súa	Alta	4.00	1.27	0.92	0.69
	Media	7.00	1.17	0.6	0.64
	Baja	9.00	1.34	0.61	0.65

Tabla 5*Análisis de la varianza para los índices de diversidad taxonómica*

Índice de Diversidad Taxonómica	Resultado	Diferencia	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr(>F)
Shannon-Weaver	Zona	2	1.80E-03	8.80E-04	0.09	0.9159
	Residuales	3	0.03	0.01		
Evenness (H/Hmax))	Zona	2	0.09	0.04	26.7	0.0123
	Residuales	3	4.80E-03	1.60E-03		

Tabla 6*Comparación de medias de diversidad taxonómica*

Índice de Diversidad Taxonómica	Zona	Promedio	S.E.	Cuadrado medio	DGC (alfa=0,05)
Shannon-Weaver	Alta	1.31	0.07	A	
	Media	1.27	0.07	A	
	Baja	1.28	0.07	A	
Evenness (H/Hmax))	Alta	0.88	0.03	A	
	Media	0.63	0.03		B
	Baja	0.62	0.03		B

Tabla 7*Análisis general de los índices de diversidad funcional según las zonas de estudio*

Río	Zona	FRic	FEve	FDiv	FDis	FSpe
Atacames	Alta	0.08	0.34	0.61	0.73	1.04
	Media	7.00E-06	0.5	0.93	0.75	0.96
	Baja	1.60E-04	0.48	0.76	0.98	1.15
Súa	Alta	0.1	0.46	0.72	0.61	0.97
	Media	2.80E-04	0.28	0.74	0.58	0.98
	Baja	8.90E-06	0.47	0.71	0.57	1.02

Tabla 8*Análisis de la varianza para los índices de diversidad funcional*

Índice de Diversidad Funcional	Resultado	Diferencia	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	P valor
Riqueza Funcional		2	0.01	0.01	55.58	0.0043
	Residuales	3	2.90E-04	9.80E-05		
Equitatividad Funcional		2	1.00E-02	4.20E-03	0.39	0.7044
	Residuales	3	0.03	0.01		
Divergencia Funcional		2	0.03	0.01	1.7	0.3203
	Residuales	3	3.00E-02	1.00E-02		
Dispersión Funcional		2	0.02	1.00E-02	0.22	0.8163
	Residuales	3	1.10E-01	4.00E-02		
Especialización Funcional		2	0.01	0.01	1.77	0.3113
	Residuales	3	0.01	3.60E-03		

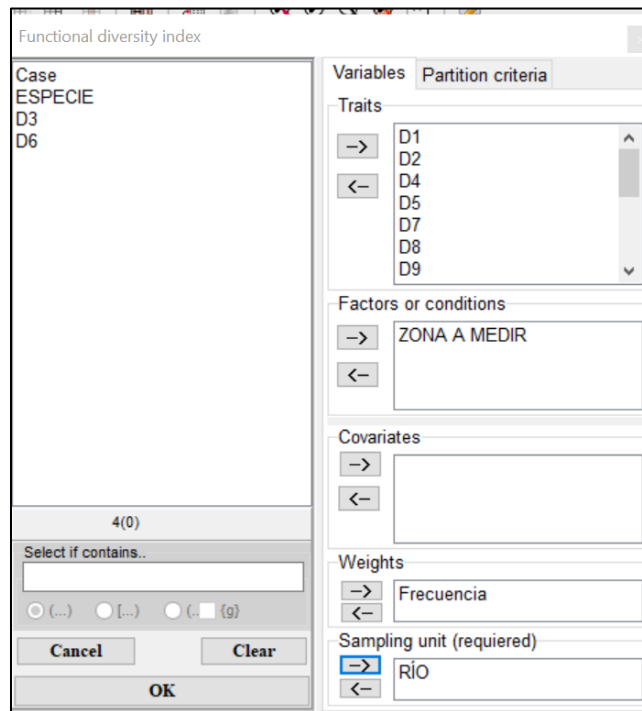


Figura 9. Software para análisis estadístico (Infostat)

Tabla 9

Comparación de medias para los índices de diversidad funcional

Índice de Diversidad Funcional	Zona	Promedio	S.E.	DGC (alfa=0,05)
Riqueza Funcional	Alta	0.09	0.01	A
	Media	1.40E-04	0.01	B
	Baja	8.40E-05	0.01	B
Equitatividad Funcional	Alta	0.4	0.07	B
	Media	0.39	0.07	B
	Baja	0.48	0.07	A
Divergencia Funcional	Alta	0.66	0.07	B
	Media	0.84	0.07	A
	Baja	0.74	0.07	B
Dispersión Funcional	Alta	0.67	0.13	B
	Media	0.67	0.13	B
	Baja	0.78	0.13	A
Especialización Funcional	Alta	1.01	0.04	B
	Media	0.97	0.04	B
	Baja	1.08	0.04	A

En la Diversidad de especies existe menor riqueza de especies en la zona alta y es comparable estadísticamente con la zona baja, pero en la zona media no es estadísticamente diferente (tabla 6) ya que los valores se solapan y es similar la zona media con la zona alta y la zona baja.

En cuanto a la equitatividad funcional son significativamente diferentes en la zona alta donde su valor es mayor a diferencia de la zona media y zona baja, es decir que no existe una dominancia de especies y están más equilibradas, por lo cual marcaría una tendencia donde la zona alta es menos contaminada y está mejor conservada que la zona media y baja (tabla 8)

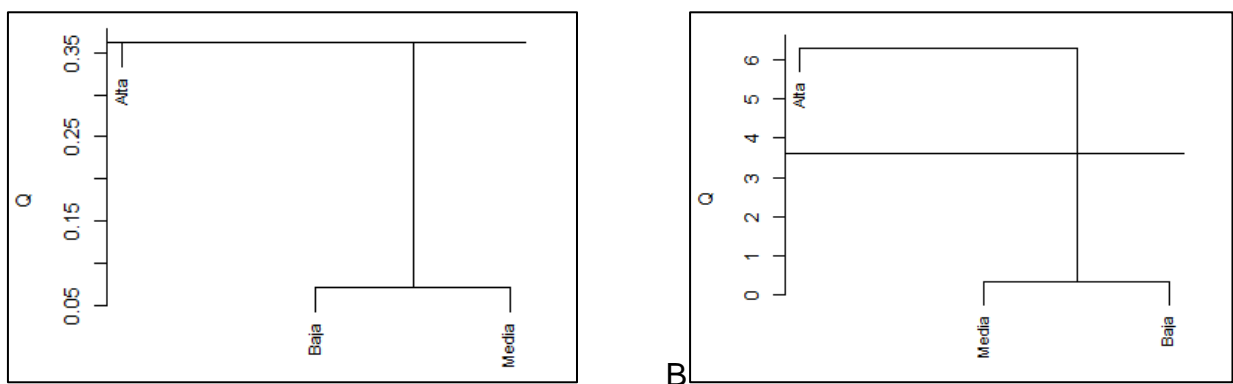


Figura 10. Índice de Shannon-Weaver_B. Índice de Equitatividad (Dendograma de la diversidad taxonómica)

Teniendo en cuenta que la riqueza de especies en la zona alta es comparable estadísticamente con la zona baja, pero con la zona media no es estadísticamente diferente porque los valores se solapan de manera que la zona media es similar con la zona alta y la zona baja. En cuanto a la equitatividad de especies son significativamente diferentes en la zona alta donde su valor es mayor a diferencia de la zona media y zona baja, es decir que no existe una dominancia de especies y están más equilibradas en la zona alta.

Por ende, si la riqueza de especies es menor en la zona alta y la equitatividad es mayor en la zona alta marca una tendencia que haya mayor riqueza funcional. Si de diversidad funcional hablamos es baja en las zonas altas y va aumentando hacia las zonas medias y bajas, mientras más ancho es el lecho del río más alta es la diversidad funcional,

comparado con la dispersión que en la zona alta y baja tienden a ser mayores y aumenta en la zona baja.

En términos de funcionalidad, la riqueza funcional caracteriza a la zona alta, la diversidad funcional a la zona media y la equitatividad y dispersión a la zona baja.

4.3. Relación de los diferentes grupos funcionales con los estresores ambientales en las diferentes zonas a lo largo del cauce de los ríos Atacames y Súa.

De todos los parámetros físico-químicos, geomorfológicos y relacionados, se lograron identificar seis variables, consideradas como las estresoras ambientales en estos ríos (tabla 10)

Tabla 4

Principales estresores ambientales identificados para los ríos Atacames y Súa

Zona	Resumen	Conductividad (μ s)	Turbidez (FAU)	Fosfato (mg/l)	Bosque ripario (%)	Materia orgánica	Densidad de madera (m3/ha)
Baja	Media	769,9	14,4	1,2	22,4	27,2	20,8
	D.E.	94,3	6,2	0,4	10,1	15,6	28,1
	Mín.	649,2	8,9	0,7	12,4	0,0	0,3
	Máx.	869,5	26,3	1,6	33,0	40,0	74,6
Media	Media	618,1	11,5	0,9	25,9	12,9	15,6
	D.E.	80,3	6,4	0,2	9,9	11,8	14,4
	Mín.	540,7	4,2	0,6	13,8	1,2	1,7
	Máx.	792,3	22,8	1,2	37,6	35,5	42,9
Alta	Media	532,8	6,4	0,7	25,0	29,2	28,6
	D.E.	36,6	2,5	0,2	22,9	16,8	38,4
	Mín.	494,5	4,8	0,5	11,7	14,1	2,2
	Máx.	567,3	9,3	0,8	51,5	47,3	72,7

D.E. = Desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = Valor máximo.

De acuerdo a los estresores ambientales encontrados en estos ríos (tabla 10), se determinó que la conductividad, turbidez y los fosfatos aumentan a medida que se va

cambiando de zona, en el caso del porcentaje de bosque ripario en la zona alta y zona media tiene valores altos, es decir que conservan la vegetación que se encuentra al lado de los ríos, sin embargo en los valores de materia orgánica en la zona media y baja son casi similares por el hecho de que el ancho del río hace que se disuelvan y sea casi imposible poder diferenciar de las demás zonas, en cuanto a la densidad de la madera son casi tan altos como en la zona alta y la zona media y en la zona baja los valores son menores por el hecho que se acumulan a diferencia que en la zona alta que son mayores debido a la tala de los árboles.

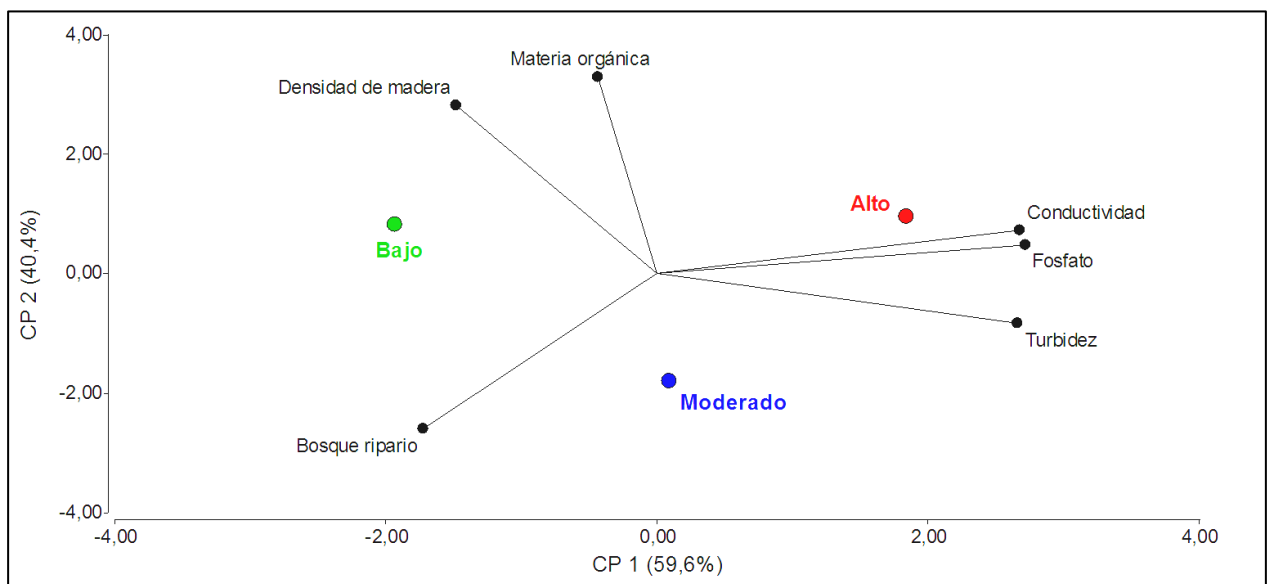


Figura 11. Relación entre los diferentes estresores ambientales y el impacto que tienen en las zonas de estudio.

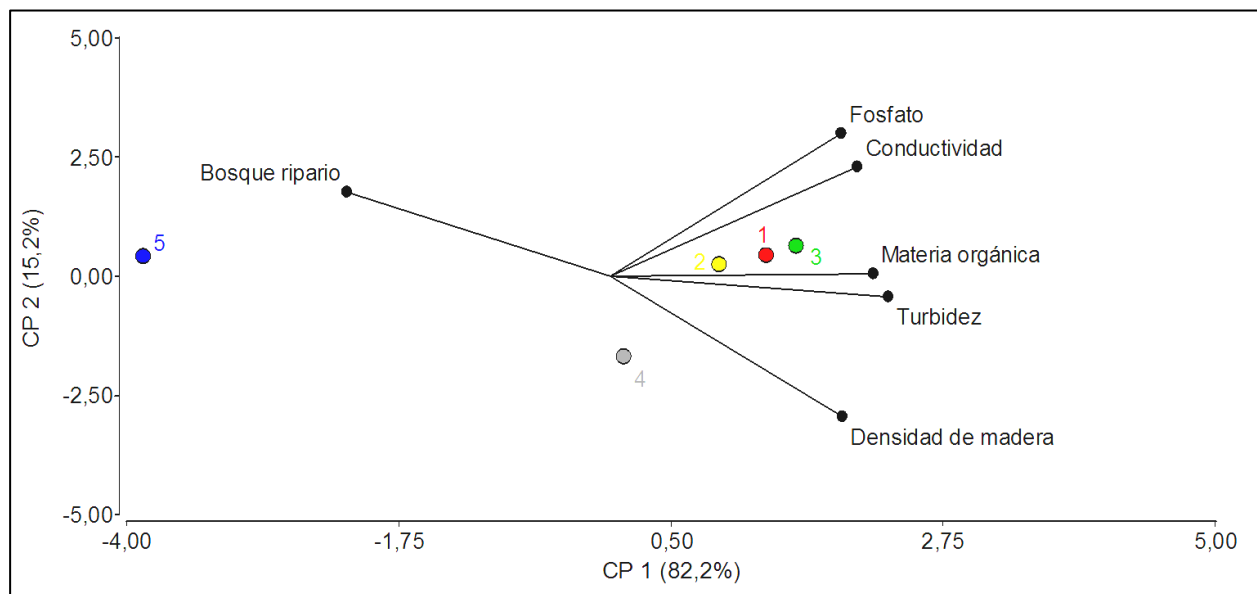


Figura 12. Análisis de los componentes con relación a los grupos funcionales

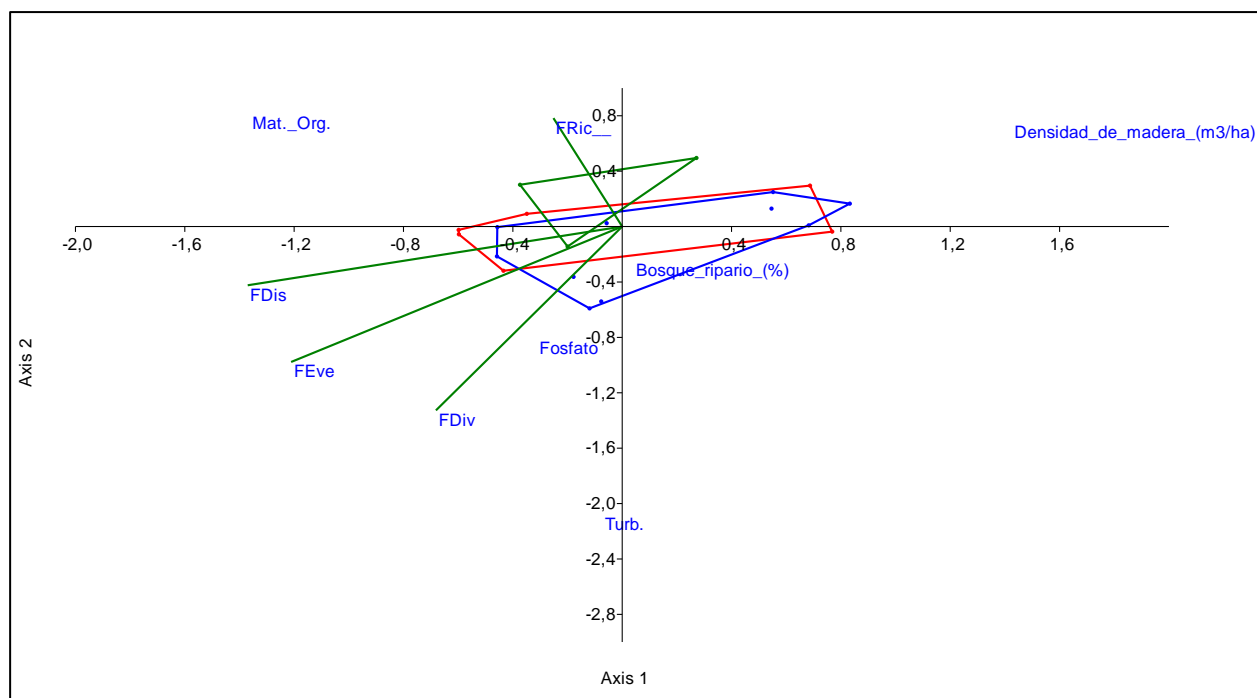


Figura 13. Análisis de correspondencia canónica entre las variables estresoras y los índices de diversidad funcional

El análisis de componentes principales entre los estresores y las zonas de impacto bajo (figura 11), que es la parte alta del río, zona de impacto alto que corresponde a las zonas más bajas del río y una zona de impacto moderado que tiene relación con las zonas intermedias de los ríos, se determinó que la conductividad, turbidez y fosfatos de alto impacto son mucho más altas que las de bajo impacto, sin embargo la densidad de la madera, la materia orgánica es un poco mayor de las zonas de impacto tanto en la parte alta como en la parte media, lo que genera un impacto moderado y bajo. Al igual que el bosque ripario hay más en la zona alta y zona media con relación a la zona baja debido a que se genera más contaminación y esto provoca que los ecosistemas se degraden.

En cuanto al impacto que causa en los grupos funcionales (figura 12), los grupos funcionales 1 (*Eretmobrycon ecuadorensis*, *Dormitator latifrons*, *Rhoadsia altipinna* y *Agonostomus monticulata*), grupo funcional 2 (*Eleotris picta*, *Oreoctromis latifrons* y *Andinoacara blombergi*) y el grupo funcional 3 (*Gobiomorus maculatus*, *Sicydium hildebrandi* y *Awaous transandeanus*), están siendo afectados en consideración a mayor cantidad de fosfatos, conductividad, materia orgánica, turbidez y densidad de la madera, de igual modo el grupo funcional 4 (*Pseudopoecilia fría* y *Poecilia gillii*) tiene como característica fundamental mayor densidad de la madera en las zonas medias-altas, a diferencia del grupo funcional 5 (*Trychomycterus taenia*) que se encuentra en la parte alta y coincide con la presencia de mayor bosque ripario y con valores menores de fosfatos, conductividad, materia orgánica, turbidez y densidad de la madera, que por consiguiente corresponde a la zona menos contaminada.

En el análisis de correspondencia canónica (figura 13), se determinó que los factores determinantes que la zona alta del río tiene menor impacto es decir con baja turbidez y fosfato por ende va a tener más riqueza funcional, la zona intermedia con impacto moderado y la zona baja con mayor impacto debido a la utilización de productos agrícolas e industriales y estos a su vez son vertidos de manera directa a las fuentes hídricas provocando contaminación

5. DISCUSIÓN

Los ríos de Atacames y Sua de donde fueron tomadas las muestras para esta investigación nacen sus vertientes desde las montañas de Muisne al sur de la provincia de Esmeraldas y desemboca en el océano Pacífico junto a las poblaciones de sus mismos nombres. Los puntos de muestreo se los dividió en tres zonas para la toma de muestras: la parte alta o cabeceras que presentan un mejor estado de conservación del bosque primario; la parte media que presenta grandes extensiones de tierras agrícolas y agroforestales, en las cuales se desarrollan cultivos semi intensivos y, por último, la parte baja donde se encuentran los asentamientos que concentra la mayor cantidad de actividades antrópicas y por ende contaminación.

En el presente estudio se planteó como objetivo determinar las características morfofuncionales de las comunidades de peces dulceacuícolas en los ríos Atacames y Sua de la provincia de Esmeraldas, a lo largo de los tramos alto, medio y bajo, para entender la dinámica funcional relacionada con la calidad del ambiente acuático.

El enfoque ecosistémico que se da dentro de las investigaciones de morfología funcional tiene relación directa con la biodiversidad y funcionamiento, siendo representados por especies en comunidades naturales, facilitando el análisis comparativo entre las mismas. En este contexto, el estudio de la diversidad funcional se define como el número de grupos funcionales formados por rasgos morfológicos, fisiológicos o fenológicos denominados rasgos funcionales, asociados a uno o más procesos ecológicos y diferentes respuestas a factores ambientales (35), de la misma manera en el presente estudio se asoció a las especies en diferentes grupos funcionales según sus atributos; grupo funcional 1 (*Eretmobrycon ecuadorensis*, *Dormitator latifrons*, *Rhoadsia altipinna* y *Agonostomus monticulata*), boca de tamaño moderado, ojos pequeños y orientados hacia el frente; bentopelágicos a pelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia vegetal. Grupo funcional 2 (*Eleotris picta*, *Oreoctromis latifrons* y *Andinoacara blombergi*), son peces de boca grande, ojos de tamaño mediano y orientado hacia el frente, bentopelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia animal. Grupo funcional 3 (*Gobiomorus maculatus*, *Sicydium hildebrandi* y *Awaous*

transandeanus) tienen las siguientes características, poseen boca muy grande, ojos de tamaño mediano a grande y orientado hacia arriba, bentopelágicos, principalmente omnívoros con preferencia por materia animal y carnívoros. En cuanto al grupo funcional 4 (*Pseudopoecilia fría* y *Poecilia gillii*) tienen boca pequeña, ojos de tamaño grande y orientado hacia arriba, bentopelágicos, omnívoros con preferencia por materia animal y finalmente el grupo funcional 5 (*Trychomycterus taenia*) con boca moderada y dirigida hacia abajo, ojos de tamaño pequeño y orientado hacia arriba, bentónicos, omnívoros con preferencia por materia animal, por lo cual podemos analizar que domina la locomoción y la forma de alimentarse.

Córdova-Tapia (10) en su estudio contextualizó una perspectiva general de diversidad funcional y su aplicación en el estudio de la ecología comunitaria, este estudio examina los conceptos de rasgos funcionales, nicho funcional y redundancia funcional, y analiza el rango taxonómico de los rasgos funcionales. Especies en grupos funcionales, relación entre diversidad taxonómica y diversidad funcional, aplicación de la diversidad funcional y examinó las reglas de montaje, mismo que utilizó el concepto de diversidad funcional con sus componentes, como son: especialización, riqueza, equitatividad, divergencia y dispersión, reflejando que la riqueza funcional y la especialización es de vital importancia para poder entender la incidencia que tiene el número de especies dentro de los procesos ecosistémicos, a partir de esta información la investigación que se realizó en los ríos de Atacames y Sua reflejó que pese a la importancia de esta relación muchas de las veces la teoría ecológica de comunidades pone a prueba las reglas de ensamblaje a diferentes escalas ya sea temporales o espaciales y por lo tanto los resultados de este estudio exponen que cuando hay mayor abundancia de especies tienen menor superposición de nichos.

Esto sugiere que la asociación de nichos es un factor determinante en la estructura de estas comunidades, limitando la competencia de tener abundancia de especies con nichos funcionales similares. Con base en estos resultados, se marcó una tendencia donde la zona media y baja tiene un menor número de especialización, teniendo en cuenta que de la dispersión y equitatividad en la zona media y baja se mantienen iguales a diferencia de la zona alta donde la equitatividad y dispersión es mayor.

En el caso de Jiménez Alcántara, analiza diversidad funcional de la comunidad de peces pelágicos, seleccionando 15 caracteres funcionales en base a su relación con la función de cada especie en el ecosistema y cómo las variaciones de estas características diferencian a las especies (16). Según la clasificación proporcionada por Salgado-Negrete, las características funcionales se dividen en dos tipos: morfométricas y de historia de vida. Muchos rasgos morfológicos son los mismos que los utilizados en la identificación taxonómica, dependiendo de la especie, asociándolos a grupos funcionales basados en similitudes en atributos funcionales. Así, describió nueve características funcionales relacionadas con la morfología (longitud estándar, diámetro de los ojos, ancho de la boca, apertura de la boca, forma de la boca, tamaño corporal, tipo de aleta caudal, tipo de dientes y tentáculos o apéndices labiales) y cuatro relacionadas con la historia característica funcional. Peces (hábitos de alimentación, hábitat, tipo de estrategia y migración); por lo tanto, relaciona especies en grupos funcionales con funciones ecológicas similares (15).

En la asociación de conglomerados se pudo identificar semejanzas entre las especies presentes en la investigación por lo cual dieron como resultado 5 grupos funcionales relacionados estrechamente con la locomoción y la alimentación. Córdova Tapia analiza de modo que se pueda entender los ensamblajes, lo cual es importante porque permite relacionar la diversidad funcional con determinados atributos que van asociarse entre sí por sus rasgos fenotípicos(12)

No obstante la investigación no evidenció diferencias estadísticas pero si se pudo marcar una tendencia en las diferentes zonas de muestreo es así como la zona alta está caracterizada por tener mayor riqueza funcional y mayor equitatividad de especies y esto va directamente relacionado a la conservación del ecosistema, debido a que la parte alta hay menos degradación de la biota a diferencia de la zona media y zona baja que corresponde a la parte donde hay más degradación del ecosistema por la intervención antrópica , por lo cual provoca cambios en sus funciones, obligando a las especies a adaptarse bajo el estresor ambiental que sean sometidas en este caso presencia de

fosfatos, materia orgánica, densidad de madera, turbidez, conductividad y bosque ripario tornándose perjudicial para las personas que se benefician de estas fuentes hídricas.

En el caso de los índices de diversidad funcional, como la equitatividad y la divergencia son menores en la zona baja debido a que los porcentajes de los estresores ambientales a los que son sometidos son mayores, según Cordero y Segura, si el fosfato está en altos niveles contribuye a la proliferación de algas, ocasionando que se cree una película en la superficie de los ríos y esta a su vez no de paso que la luz del sol ingrese dificultando la fotosíntesis de las plantas acuáticas y disminuyendo la presencia de oxígeno, por tal motivo esta situación conlleva una mayor tasa de descomposición y en última instancia a un proceso de eutrofización pronunciado (36).

En efecto, la zona alta que es la parte menos contaminada y la que más se diferencia del resto de zonas, evidenció una tendencia que por ser la zona más conservada hay mayor riqueza funcional y mayor equitatividad, sin embargo, la zona media y baja como está estrechamente ligada con los estresores ambientales se puede mostrar una pérdida continua de diversidad funcional. De manera semejante Conti, G., Enrico, L., Jaureguiberry, P., Cuchiatti, A., Lipoma, M. L., & Cabrol, D. realizó un estudio particular con el objetivo de analizar la importancia del estudio de la diversidad funcional en relación con los procesos ecosistémicos, la orientación del mismo estuvo basada en que los componentes de la diversidad funcional como la equitatividad y riqueza van reduciéndose a mitad que aumenta la intervención del manejo del ecosistema, teniendo como resultado un déficit de riqueza funcional a medida que va cambiando de zona es decir desde la zona alta hasta la zona baja que es aquella que tiene más contaminación (37). En tal sentido el presente estudio también se procedió a determinar las características morfofuncionales de las comunidades de peces dulceacuícolas, a lo largo de los tramos alto, medio y bajo, para entender la dinámica funcional relacionada con la calidad del ambiente acuático, misma que reflejó que en el análisis de los 5 índices de diversidad funcional podemos ver una tendencia bien marcada, donde la parte baja es menos con menor dispersión equitatividad, es decir en la parte alta que es la zona mejor conservada hay mayor riqueza funcional y equitatividad diferenciándose de las demás zonas, en

cuanto a la especialización y dispersión, no presenta mayor diferencia en las partes medias y bajas.

En términos generales el presente estudio no evidenció diferencias estadísticas entre las 3 zonas de muestreo, pero sí marcó una tendencia clara por lo cual se pudo diferenciar la zona alta que es caracterizada por la riqueza funcional y mayor equitatividad de especies, lo que quiere decir es que en la zona alta hay menos contaminación y por ende las especies no tienen que adaptarse al medio como es en la parte media y baja donde pierden funcionalidad.

6. CONCLUSIÓN

- Se pueden evidenciar tendencias entre las tres zonas de estudio, siendo así que la zona alta por ser la menos contaminada tiene más riqueza funcional que la zona media y zona baja debido a la acción antropogénica, alterando los valores normales los ecosistemas acuáticos.
- En términos de diversidad la zona media y baja mayor número de especies, pero menos equitatividad funcional y menos riqueza si funcionalmente hablamos.
- La zona alta que está más asociada a los bosques primarios está menos contaminada que la zona media y zona baja que están estrechamente relacionadas con las actividades agrícolas e industriales que vierten los residuos directamente al río.

7. RECOMENDACIÓN

- Sugerir investigaciones futuras con nuevas muestras para poder realizar una diferenciación de años y si las especies que se encontraron siguen agrupándose de la misma manera o existe alguna variabilidad, así como también poder constatar si desarrollaron otros atributos adicionales a los ya descritos en este estudio.
- Debido a la contaminación que existe en los ríos Atacames y Sua de la provincia de Esmeraldas se puede evidenciar que los especímenes que se encuentran en la zona media y baja han desarrollado técnicas de supervivencia, adaptándose a la contaminación y muchas de las veces creando mutaciones, en la toma de medidas se constató que en algunos individuos no tenían aleta pectoral por tal motivo se los descartaba. La norma de calidad ambiental y descarga de efluentes deberían ser aplicadas para controlar los límites permisibles, ya que muchos de ellos saquen su sustento de estas fuentes hídricas, siendo así que consumen los recursos contaminados que les brindan los efluentes por lo cual les podría causar daño en la salud.
- Plantear proyectos que sugieran técnicas de conservación que pueda ser socializado con miembros de las comunidades cercanas a las zonas media y baja para poder prevenir la degradación de los recursos hídricos que son ocasionadas por las actividades agrícolas e industriales y sociales.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. McGill BJ, Enquist BJ, Weiher E, Westoby M. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol Evol.* 2006;21(4):178–85.
2. Tilman D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004;101(30):10854–61.
3. Rosselló A. Comparación de diversidad funcional en comunidades de peces de plataforma de dos ecosistemas del Mediterráneo Occidental. 2017;77.
4. Iriundo Alegría J. Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. *Port Acta Biol.* 2000;19(1):1–7.
5. J. S. Gray. Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biodivers Conserv.* 1997;6:153–75.
6. Salgado Negret B. La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. *La Ecol Func como aproximación al Estud manejo y Conserv la Biodivers Protoc y Apl.* 2015;12–35.
7. Salgado-Garciglia R, Estela Serrato Barajas B, Rodríguez Narciso C. NEEM (*Azadirachta indica*, A. Juss): OBTENCIÓN DE EXTRACTOS Y SU EVALUACIÓN ANTIBACTERIANA E INSECTICIDA. Memoria Técnica No. 1. 2001.
8. Cernansky R. The biodiversity revolution. *Nature.* 2017;546(7656):22–4.
9. Anggraini AR, Oliver J. GUIA DE PECES PARA AGUAS CONTINENTALES EN LA VERTIENTE OCCIDENTAL DEL ECUADOR. Vol. 53, *Journal of Chemical Information and Modeling.* 2019. 1689–1699 p.
10. Córdova-Tapia F, Zambrano L. Functional diversity in community ecology. *Ecosistemas.* 2015;24(3):78–87.
11. Casanoves F, Pla LE, Di Rienzo JA. FDiversity: an Integrated Tool to Estimate

and Analyze Functional Diversity. *Bull Ecol Soc Am.* 2011;92(2):147–52.

12. Córdova-Tapia F. Comunidades De Peces En Humedales Tropicales. 2016;(October):60.
13. Terrestre DEE. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. 2015;24(3):78–87.
14. Juan Angel Payana Alcacio. De Manglar En La Bahía De La Paz ., 2015;
15. Salgado-Negrete BE. Documento De Protocolo Y Mapa De Diversidad Funcional. *Inst Investig Recur Biológicos Alexander von Humboldt.* 2015;014.
16. Quispe B, Eleazar O. (Universidad del Perú , DECANA DE AMÉRICA). 2018;
17. El desplazamiento ondulatorio de los peces: analogía con el pandeo de columnas sólidas y fluidas. *Ing Mecánica Tecnol y Desarro.* 2004;1(5):151–8.
18. González JA, Díaz S, Castro I. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas.* 2007;16(3):68–79.
19. Villéger S, Miranda JR, Hernández DF, Mouillot D. Contrasting changes in taxonomie vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecol Appl.* 2010;20(6):1512–22.
20. Mason NWH, Lanoiselée C, Mouillot D, Irz P, Argillier C. Functional characters combined with null models reveal inconsistency in mechanisms of species turnover in lacustrine fish communities. *Oecologia.* 2007;153(2):441–52.
21. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Atacames. 2012;233.
22. Jiménez P. Contaminación del río Atacames y su impacto en la comunidad de peces. *Anu Investig y Desarro.* 2012;2(January 2012):14.
23. Gómez-Ortiz Y, Moreno CE. Functional diversity in animal communities: A review with emphasizes on vertebrates. *Anim Biodivers Conserv.* 2017;40(2):165–74.
24. Casanoves F, Pla L, Di Rienzo JA. Diversidad funcional Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. 2011. 105 p.

25. Ricklefs RE, Travis J. A morphological approach to the study of avian community organization. *Auk*. 1980;97(2):321–38.
26. Mouillot D, Dumay O, Tomasini JA. Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities. *Estuar Coast Shelf Sci*. 2007;71(3–4):443–56.
27. Dumay O, Tari PS, Tomasini JA, Mouillot D. Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, southern France. *J Fish Biol*. 2004;64(4):970–83.
28. Díaz S, Cabido M. Vive la différence: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol Evol*. 2001;16(11):646–55.
29. Petchey OL, Gaston KJ. Functional diversity: Back to basics and looking forward. *Ecol Lett*. 2006;9(6):741–58.
30. Laliberté E, Wells JA, Declerck F, Metcalfe DJ, Catterall CP, Queiroz C, et al. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. *Ecol Lett*. 2010;13(1):76–86.
31. Pauly D. Draft User ' s Manual of Fi s hB as e A Biological Database on Fish Draft User ' s Manual of A Biological Database on Fish. 1992;(861).
32. Soares BE, Ruffeil TOB, Montag LF de A. Ecomorphological patterns of the fishes inhabiting the tide pools of the Amazonian coastal zone, Brazil. *Neotrop Ichthyol*. 2013;11(4):845–58.
33. López AM. Análisis de Conglomerados (Cluster Analysis). Area Metodol las ciencias del comportamiento. 2012;
34. Balzarini, M. G., Gonzalez, L. A., Tablada, E. M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., Robledo CW. *InfoStat Manual del Usuario*. 2008;(January):334.
35. Herrera-valdivia E, López-martínez J, Vargasmachuca SC. Herrera-valdivia, et. al 2016. 2016;64(June):587–602.

36. Bolaños-Alfaro JD, Cordero-Castro G, Segura-Araya G. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Rev Tecnol en Marcha*. 2017;30(4):15.
37. Conti G, Enrico L, Jaureguiberry P, Cuchiatti A, Lipoma ML, Cabrol D. El rol de la diversidad funcional en la provisión de múltiples servicios ecosistémicos: Un análisis empírico en el Chaco seco de Córdoba, Argentina central: . *Ecosistemas* [Internet]. 2018 Oct 15;27(3 SE-):60–74. Available from: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1491>

9. ANEXOS

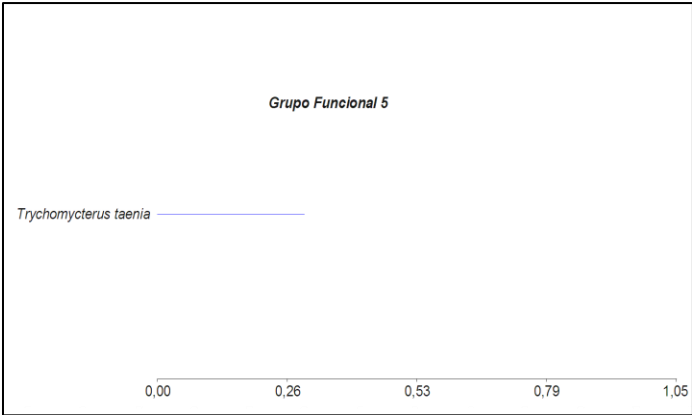
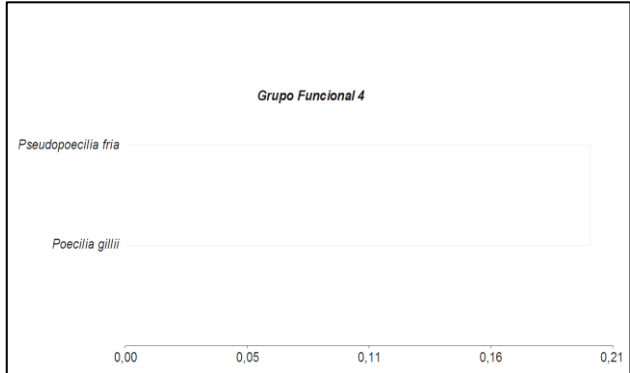
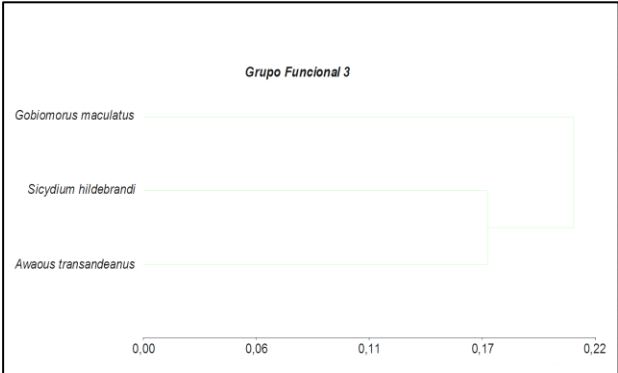
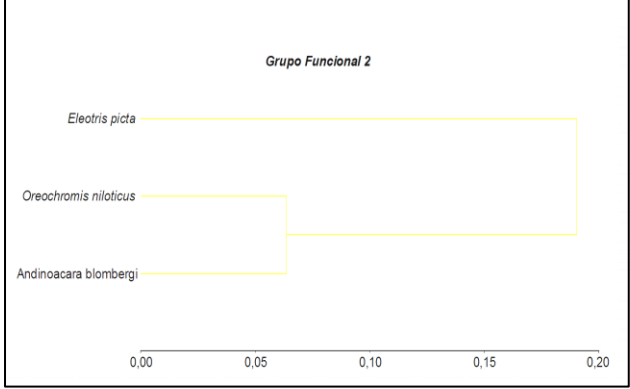
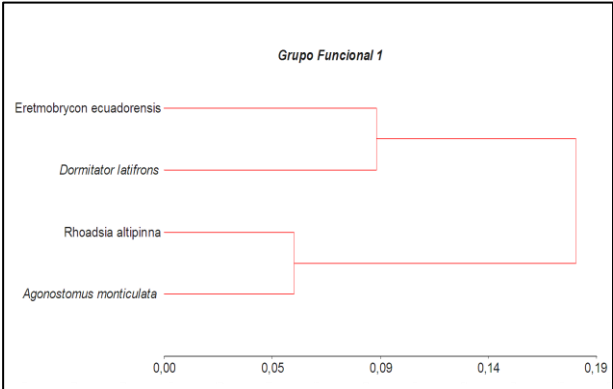
Anexo1

Correlaciones de Pearson

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
D1	1																
D2	0.05	1															
D3	-0.23	0.48	1														
D4	-0.36	-0.41	0.29	1													
D5	-0.27	0.41	-0.16	-0.46	1												
D6	-2.40E-03	0.06	-0.17	-0.07	-0.1	1											
D7	0.09	-0.06	0.07	0.23	-0.65	0.47	1										
D8	-0.19	0.41	0.3	-0.05	0.43	-0.15	-0.46	1									
D9	-0.29	-0.37	0.24	0.73	-0.26	-0.25	-0.13	0.21	1								
D10	0.05	0.38	0.08	-0.34	0.1	0.46	0.49	-0.23	-0.78	1							
D11	0.36	0.55	0.2	-0.41	0.07	-0.26	-0.13	0.59	-0.26	0.05	1						
D12	0.18	0.6	0.14	-0.71	0.23	0.13	0.08	0.11	-0.6	0.5	0.5	1					
D13	0.02	-0.39	-0.2	0.34	-0.21	0.54	0.43	-0.52	0.04	0.26	-0.68	-0.5	1				
D14	0.71	-0.37	-0.26	0.26	-0.45	0.06	0.21	-0.24	0.26	-0.24	-0.07	-0.45	0.47	1			
D15	0.36	0.52	-0.15	-0.6	0.49	-0.37	-0.39	0.38	-0.45	0.11	0.73	0.56	-0.68	-0.16	1		
D16	-0.33	0.43	0.92	0.43	-0.1	-0.32	-0.06	0.48	0.43	-0.16	0.28	0.02	-0.38	-0.28	-0.04	1	
D17	-0.19	-0.39	0.12	0.3	0.01	-0.84	-0.47	0.03	0.42	-0.51	-0.09	-0.26	-0.4	-0.11	0.08	0.28	1

Anexo 2

Análisis de los dendogramas por grupos funcionales



Anexo 3

Tabla 1. – Parámetros físico-químicos registrados en el área de estudio.

Atacames	Zone	Valor	pH	Temperatura (C°)	Conduct. (µS)	Turbidez (FAU)	Oxg.Dis. (mg/l)	Dureza (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)
Atacames	Zona alta	Median	8,15	24,02	551,92	7,25	7,68	3,56	0,77	0,18
		Mediana	8,15	24,05	560,50	6,00	7,89	3,01	0,81	0,16
		Mín	7,91	23,10	383,00	1,00	6,50	1,43	0,45	0,03
		Máx	8,43	24,50	737,00	19,00	8,60	6,46	1,17	0,45
		Des.Vest.	0,17	0,50	118,53	5,38	0,76	1,41	0,22	0,14
	Zona media	Median	8,10	27,03	584,27	16,42	7,97	3,03	1,04	0,06
		Mediana	8,14	26,80	650,50	5,50	7,90	2,94	1,07	0,02
		Mín	7,66	25,70	342,00	0,00	4,10	0,47	0,47	0,00
		Máx	8,51	28,40	785,00	99,00	10,99	6,24	1,50	0,32
		Des.Vest.	0,22	1,10	144,77	24,66	1,38	1,44	0,28	0,09
	Zona baja	Median	7,83	27,17	695,44	12,00	6,16	3,31	1,48	0,03
		Mediana	7,81	27,30	717,00	10,00	5,80	2,96	1,53	0,03
		Mín	7,51	25,20	452,00	3,00	5,20	0,38	0,87	0,00
		Máx	8,20	28,70	947,00	25,00	7,39	7,58	1,91	0,11
		Des.Vest.	0,20	1,17	134,71	6,40	0,75	1,83	0,26	0,03
Súa	Zona alta	Median	7,96	24,18	494,50	4,83	7,17	1,78	0,50	0,13
		Mediana	7,93	24,05	495,00	2,50	7,20	1,59	0,48	0,13
		Mín	7,66	22,90	369,00	0,00	6,10	0,05	0,26	0,00
		Máx	8,31	25,80	595,00	20,00	8,19	4,37	0,92	0,29
		Des.Vest.	0,29	1,29	88,04	7,60	0,75	1,74	0,23	0,11
	Zona media	Median	8,15	25,73	651,83	6,62	7,81	2,80	0,76	0,02
		Mediana	8,14	25,70	644,00	5,25	7,60	2,52	0,72	0,00
		Mín	7,57	24,70	359,00	0,00	5,60	0,05	0,14	0,00
		Máx	8,56	26,90	1040,00	25,00	9,80	10,47	1,99	0,31
		Des.Vest.	0,25	0,77	164,37	5,40	1,23	2,10	0,34	0,08
	Zona baja	Median	7,94	26,20	844,28	16,69	6,95	3,34	0,83	0,02
		Mediana	7,92	26,30	841,50	4,50	6,75	3,01	0,90	0,02
		Mín	7,69	25,20	478,00	1,00	5,70	1,03	0,15	0,00
		Máx	8,47	27,30	1144,00	120,00	9,26	8,38	1,31	0,15
		Des.Vest.	0,19	0,79	215,02	29,46	0,89	2,01	0,35	0,03

Tabla 2. – Geomorfología (General, pozas, lecho).

Río	Estación	zona	Orden del río	Área de drenaje (Km2)	GENERALES				POZAS				LECHO										
					Bosque (%)	Bosque ripario (%)	Pendiente (m/m)	Ancho del Río (m)	Pozas (/100 m)	Profundidad max (cm)	Profundidad (cm)	Longitud pozas (m)	D25 (mm)	D50 (mm)	D75 (mm)	Lecho Rocoso	Arena/Limo	Grava	Cantos	Rocas	Madera	Mat. Org.	Macrof.
Atacames	A1	Baja	4	117,608	34,80290456	30,43208561	0,0009	8,05	1,00	165	45	174,00	2,0	2,0	38,8	0,0	57,7	35,7	3,0	3,6	2,38	34,52	0,00
Atacames	A2	Baja	4	112,953	35,15975671	31,28630025	0,0009	9,4	2,00	90	77,25	122,75	2,0	2,0	2,0	0,0	84,0	10,2	0,0	5,9	13,37	38,50	0,00
Atacames	A3	Baja	4	104,76	37,50190913	33,01779734	0,0009	10,84	1,50	170	159,33	200	2,0	2,0	2,0	0,0	94,9	4,2	0,5	0,5	12,09	40,00	0,00
Atacames	A4	Media	4	92,374	40,42046463	34,45571474	0,0009	13,46	1,50	182	147,33	191,00	2,0	2,0	30,8	0,4	62,0	33,2	4,8	0,0	10,29	31,99	1,47
Atacames	A5	Media	4	83,992	40,95390037	36,56509273	0,0016	16,03	1,50	77	68	162,8	2,0	2,0	44,3	0,0	51,7	39,5	4,1	4,7	6,27	11,29	3,13
Atacames	A6	Media	4	78,943	41,38175646	37,6125834	0,0016	16,465	2,00	90	81,25	174,50	2,0	2,0	49,1	0,0	51,9	35,6	12,5	0,0	3,40	35,47	5,28
Atacames	A7	Media	3	39,931	44,8974481	31,64648339	0,0016	16,9	1,50	110	73,67	200,00	10,5	54,0	69,5	4,6	20,7	47,4	30,1	1,8	2,03	12,17	3,48
Atacames	A8	Media	3	36,187	48,60032608	34,81362356	0,0016	15,55	1,50	80	58,67	191,00	15,9	58,8	78,9	2,2	12,4	43,8	33,3	10,5	1,28	7,03	10,86
Atacames	A9	Alta	2	4,591	60,94532782	51,45373737	0,0132	7,92	1,00	43	32,5	27,70	36,5	53,8	76,1	3,4	7,6	59,0	11,8	21,5	0,67	14,09	0,67
Atacames	A10	Alta	1	0,73	28,35616438	11,89342105	0,0237	4,28	5,00	44	29,81	64,1	47,0	67,0	303,3	36,6	0,0	45,8	28,8	25,4	0,00	47,31	0,00
Sua	S1	Baja	3	63,712715	25,82643825	14,08673988	0,0017	7,78	2,00	145	103	174,2	2,0	2,0	31,5	0,0	62,7	31,7	1,2	4,3	6,83	32,92	1,24
Sua	S2	Baja	3	59,559807	22,92225191	12,44026683	0,0017	10,05	1,00	188	173	200	2,0	2,0	500,0	0,0	50,5	13,1	3,4	33,0	5,34	16,99	0,97
Sua	S3	Baja	3	51,804389	22,7842915	13,2701015	0,0017	10,43	1,50	195	158	194,20	2,0	2,0	10,0	0,0	71,8	25,2	3,0	0,0	0,00	0,00	0,00
Sua	S4	Media	3	45,377855	23,90775192	13,76737309	0,0017	8,73	1,50	90	77,33	177,80	2,0	10,0	47,5	0,0	44,7	46,6	7,5	1,2	8,70	1,24	26,71
Sua	S5	Media	3	36,356493	27,57764617	16,60724718	0,0017	13,69	2,00	102	65	154,64	2,0	2,0	22,0	1,1	65,9	26,8	2,9	4,3	7,89	5,38	0,36
Sua	S6	Media	3	30,759784	30,72580744	18,6932525	0,011	14,052	2,50	53,00	45,4	173,62	2,0	2,0	35,9	0,0	53,0	34,1	2,8	10,1	2,44	7,32	2,79
Sua	S7	Media	3	16,646433	28,47568605	20,09490365	0,0032	10,89	3,50	50	39	173,30	10,0	10,0	49,5	10,8	10,6	74,4	2,5	12,6	2,24	15,25	0,90
Sua	S8	Media	2	10,427278	28,64521307	14,3882035	0,0055	8,86	3,00	73	56,67	186,90	10,0	40,5	64,0	1,7	14,0	62,0	2,9	21,1	1,72	2,30	2,87
Sua	S9	Alta	2	3,489001	37,34174911	11,7183047	0,0073	4,9	4,50	41	29,84	40,60	33,8	53,5	68,8	11,2	10,5	54,7	30,5	4,2	2,80	26,17	0,00

Tabla 3. – Presencia de troncos en el lecho y usos del suelo.

Río	Estación	zona	TRONCOS						USOS				
			Número de troncos en el tramo	Densidad de madera (m3/ha)	Longitud (cm)	Diamtro (cm)	Volúmen (dm3)	Densidad de la madera	Forestales	Minería	Agri/Gana	Recreativo	Población
Atacames	A1	Baja	7	0,248	148,29	7,32	6,19	0,248	2	2	1	1	1
Atacames	A2	Baja	9	1,266	244,67	10,74	26,45	1,266	2	2	1	1	1
Atacames	A3	Baja	17	13,762	604,82	18,00	175,51	13,762	2	2	1	1	1
Atacames	A4	Media	14	4,234	510,86	13,49	81,41	4,234	2	2	1	2	1
Atacames	A5	Media	29	6,927	311,34	15,97	76,58	6,927	2	2	1	2	1
Atacames	A6	Media	10	2,874	290,20	15,28	94,65	2,874	2	2	1	2	2
Atacames	A7	Media	18	3,953	174,00	16,68	74,23	3,953	2	2	1	2	1
Atacames	A8	Media	20	1,730	202,25	11,32	26,91	1,730	2	2	1	2	1
Atacames	A9	Alta	4	2,177	430,00	14,03	86,21	2,177	2	2	1	2	2
Atacames	A10	Alta	24	72,656	310,46	19,46	259,14	72,656	2	2	1	2	2
Sua	S1	Baja	16	7,669	306,19	16,00	74,59	7,669	1	2	1	1	1
Sua	S2	Baja	35	74,560	388,40	27,50	428,19	74,560	1	2	2	2	1
Sua	S3	Baja	26	27,237	333,85	24,87	218,53	27,237	1	2	1	2	2
Sua	S4	Media	29	23,683	475,55	17,66	142,59	23,683	1	2	1	2	1
Sua	S5	Media	27	26,204	657,11	21,37	265,73	26,204	1	2	1	2	1
Sua	S6	Media	21	30,616	657,10	17,75	409,67	30,616	1	2	1	2	1
Sua	S7	Media	16	12,328	431,63	21,00	167,81	12,328	1	2	1	2	1
Sua	S8	Media	25	42,935	501,64	20,03	304,33	42,935	1	2	1	2	1
Sua	S9	Alta	12	10,883	344,08	71,38	88,88	10,883	1	2	2	2	2

Anexo 4. Análisis multivariado de la varianza para los grupos funcionales (MANOVA)

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	3.70E-11	120.73	120	34	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	3.98	69.45	120	44	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	3355.85	181.78	120	26	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	2356.55	864.07	30	11	<0,0001

Grupos funcionales	n				
5	6	A			
4	6		B		
3	11			C	
2	1				D
1	18				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)