

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Escuela Profesional Ingeniería Ambiental

**EVALUACIÓN DE LA ECOLOGÍA FUNCIONAL DEL ENSAMBLE
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LA CALIDAD
ECOLÓGICA DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO OLIA,
CHACHAPOYAS, AMAZONAS, 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA:

Bach. Patricia Jhuliana Vargas Lucero

Asesor: Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Co-Asesor: Ing. Damaris Leiva Tafur

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**EVALUACIÓN DE LA ECOLOGÍA FUNCIONAL DEL ENSAMBLE
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LA CALIDAD
ECOLÓGICA DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO OLIA,
CHACHAPOYAS, AMAZONAS, 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA:

Bach. Patricia Jhuliana Vargas Lucero

Asesor: Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Co-Asesor: Ing. Damaris Leiva Tafur

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por la existencia, a mis padres, que son mi inspiración de superación y de lucha constante en mis estudios, quienes estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera y por su apoyo incondicional durante mi época universitaria, hoy puedo ver alcanzada mi meta. A mis hermanos quienes me demostraron que nada es imposible y que todo se puede lograr con mucha dedicación.

AGRADECIMIENTO

Al quipo de trabajadores del proyecto “Determinación de impacto de la actividad ganadera en la calidad del agua y establecimiento de medidas de prevención y mitigación ante la contaminación en las principales microcuencas de la región Amazonas” – PREMIGA Contrato N° 027 - 2016 – INIA - PNIA, INDES-CES, quienes nos brindaron su apoyo para la ejecución del proyecto de tesis.

Al Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, a la Ing. Damaris Leiva Tafur y el Blgo. Jesús Rascón Barrios, por toda la colaboración brindada y el asesoramiento, durante la elaboración de esta tesis.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

DECLARACION JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **Patricia Jhuliana Vargas Lucero**, identificado con DNI 48276497 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada “Evaluación de la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olia, Chachapoyas, Amazonas, 2018”. La misma que presento para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual sean respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Así mismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado a los que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y las sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Chachapoyas, 14 de agosto de 2018.

JURADO EVALUADOR



Dra. Cástula Alvarado Chuqui

Presidenta



M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Secretario



M.Sc. Jaris Emmanuel Veneros Guevara

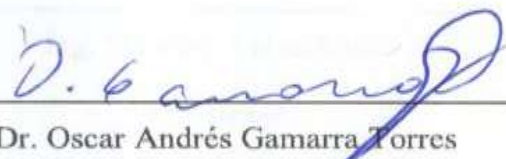
Vocal

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, **Oscar Andrés Gamarra Torres**, docente de la UNTRM-A, hago constar que he asesorado la ejecución de la tesis titulada "**Evaluación de la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olia, Chachapoyas, Amazonas, 2018**", elaborado por la tesista **Patricia Jhuliana Vargas Lucero**, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional Ingeniería Ambiental.

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el **Visto Bueno** al informe final de la tesis mencionada.

Chachapoyas 14 de agosto del 2018.



Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Asesor

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

Yo, **Damaris Leiva Tafur**, docente de la UNTRM-A, hago constar que he asesorado la ejecución de la tesis titulada "**Evaluación de la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olia, Chachapoyas, Amazonas, 2018**", elaborado por la tesista **Patricia Jhuliana Vargas Lucero**, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional Ingeniería Ambiental.

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el **Visto Bueno** al informe final de la tesis mencionada.

Chachapoyas 14 de agosto del 2018.



Ing. Damaris Leiva Tafur

Co-asesor

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
DECLARACION JURADA DE NO PLAGIO.....	iv
JURADO EVALUADOR.....	¡Error! Marcador no definido.
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	¡Error! Marcador no definido.
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Antecedentes de la investigación.....	4
3.2. Bases teóricas.....	6
3.2.1. Ecología funcional.....	6
3.2.2. Grupos funcionales.....	6
3.2.3. Indicadores biológicos.....	8
3.2.4. Macroinvertebrados bentónicos.....	10
3.2.5. Calidad ecológica del agua.....	11
3.3. Definición de términos.....	11
3.3.1. Microcuenca.....	11
3.3.2. Comunidades bióticas.....	11
3.3.3. Medio ambiente.....	12
3.3.4. Aguas superficiales.....	12
3.3.5. Ecosistema.....	12
3.3.6. Ecosistemas acuáticos.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Área de estudio.....	13

4.2. Métodos	16
4.2.1. Delimitación del área de estudio	16
4.2.2. Ubicación y selección de las estaciones de muestreo.....	16
4.2.3. Colecta de macroinvertebrados	16
4.2.4. Identificación taxonómica y grupos funcionales alimentarios (GFA) de los macroinvertebrados	17
4.2.5. Determinación de los índices de biodiversidad.....	17
4.2.6. Determinación de la Valoración de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua	18
4.2.7. Análisis datos	18
V. RESULTADOS	19
VI. DISCUSIÓN.....	33
VII. CONCLUSIONES.....	36
VIII. RECOMENDACIONES	37
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col.....	9
Tabla 2. Lista y densidad (ind.m ⁻²) de las especies de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en las 27 EM en la Microcuenca Olia.	21
Tabla 3. Riqueza de Taxones (S) de la microcuenca del río Olia.....	25
Tabla 4. Clasificación en grupos funcionales alimentarios encontrados en la microcuenca del río Olia.....	28
Tabla 5. Riqueza de grupos funcionales alimentarios.	30
Tabla 6. Calidad ecológica del agua en las 27 estaciones de muestreo de la microcuenca del río Olia según el índice BMWP/Col.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Olia.....	14
Figura 2. Puntos de muestreo en la Microcuenca del río Olia.....	15
Figura 3. Riqueza de taxones por cada orden de macroinvertebrados, presentes en la microcuenca del río Olia.	19
Figura 4. Densidad total de las familias más representativas encontradas en la Microcuenca del río Olia.....	20
Figura 5. (A). Clasificación de los macroinvertebrados bentónicos, (B). Visualización del ensamble de macroinvertebrados mediante dendograma y escalamiento no métrico multidimensional (NMDS).	27
Figura 6. Abundancia relativa de los grupos funcionales tróficos en la microcuenca del río Olia.....	31
Figura 7. Relación de los grupos funcionales alimentarios con el tipo hábitat.	31

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olia, Chachapoyas, Amazonas. Para esto se muestreó con una red Surber en 27 estaciones de muestreo (EM), en cuatro microhábitats distintas (hojarasca, roca, sedimento y musgo), abarcando desde la cabecera de la microcuenca hasta su desembocadura en el río Sonche durante los meses de enero-febrero. En este estudio se registraron 54 taxones, las cuales estuvieron categorizadas en 14 órdenes y 52 familias, con 25765 macroinvertebrados colectados. Los grupos con mayor riqueza fueron Coleoptera (14 taxa), Diptera (12 taxa) y Trichoptera (8 taxa). Respecto de la abundancia, Leptoceridae, Glossosomatidae y Baetidae fueron las familias más abundantes del área de estudio. Se determinaron seis grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados bentónicos (colector-recolector, colector-filtrado, detritívoro, fragmentador, raspador-ramoneador y depredador), el grupo de los colectores-recolectores y detritívoros fueron los más representativo en 23 de las 27 estaciones muestreadas. Para determinar la calidad ecológica del agua se empleó el Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia (BMWP/Col), los valores obtenidos en las veintisiete EM tienen un puntaje > 101 , lo que corresponde a una calidad buena (aguas muy limpias a limpias).

Palabras claves: *Grupos funcionales alimentarios, calidad de ecológica de agua, macroinvertebrados acuáticos.*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the functional ecology of the benthic macroinvertebrate assembly and the ecological quality of the water in the Olia river watershed, Chachapoyas, Amazonas. For this purpose, a Surber network was sampled at 27 sampling stations (MS) in four different microhabitats (litter, rock, sediment and moss), ranging from the headwaters of the watershed to its mouth in the Sonche River during the months of January and February. In this study, 54 taxa were recorded, which were categorized into 14 orders and 52 families, with 25765 macroinvertebrates collected. The richest groups were Coleoptera (14 taxa), Diptera (12 taxa) and Trichoptera (8 taxa). Regarding abundance, Leptoceridae, Glossosomatidae and Baetidae were the most abundant families in the study area. Six functional food groups were identified (collector-collector, collector-filter, detrievorous, fragmenter, scraper-ramper and predator), the group of collector-collectors and detrievorous were the most representative in 23 of 27 sampled stations. To determine the ecological quality of the water, the modified Biological Monitoring Working Party Index for Colombia (BMWP/Col) was used, the values obtained in the 27 MS have a score of > 101 , which corresponds to good quality (very clean to clean water).

Keywords: *Functional food groups, ecological water quality, aquatic macroinvertebrates.*

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el agua representa un recurso esencial de nuestro patrimonio natural (Ladrera, Rieradevall y Prat, 2013). Sin embargo, en la actualidad es alarmante el deterioro ecológico que viene sufriendo, a causa de las diferentes actividades antropogénico (Guevara-Mora, Pedreros, Urrutia y Figueroa, 2016). Siendo la ganadería, agricultura, minería, derrame de hidrocarburos, descarga de aguas servidas entre otros, los que impactan directamente a fuentes hídricas (Barrantes y Alfaro, 2016). Como resultado de este deterioro, la disponibilidad de agua de buena calidad para consumo humano se hace cada vez más escasa (Bernal, Sierra, Angulo, y Onaindia, 2009).

El interés por conocer y proteger los recursos hídricos en la cual encontramos ecosistemas acuáticos, que son impactadas por la actividad antropogénicas ha conllevado a realizar un análisis general del estado de las cuencas hídricas y a la vez establecer juicios para el análisis de la calidad de agua (Girardo, Chará, Zúñiga, Chará y Pedraza, 2014). Los estudios que viene realizando para determinar la calidad de agua están enfocados a medir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Almazán, Almazán, Carreto y Hernández, 2016); sin embargo, es necesario evaluar la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica y microbiología debido que forman parte del estado ecológico del agua.

La biota acuática está conformada por familias de macroinvertebrado (Girardo *et al.*, 2014). Los cuales cumplen funciones importantes, tales como: la descomposición de la materia orgánica, tiene un rol fundamental dentro de la cadena trófica, sirviendo de alimento a los peces, así como a las aves y anfibios asociados al medio acuático (von Schiller *et al.*, 2017). Son indicadores de calidad de agua e importantes para normal funcionamiento de los ecosistemas dulceacuícolas (Barba-Álvarez, De La Lanza, Contreras y Mora, 2013; Bundschuh *et al.*, 2016). Además, los macroinvertebrados emplean diferentes estrategias para sobrevivir a los cambios estacionales, aunque en nuestro medio se desconoce cómo reaccionan las comunidades biológicas a sucesos antrópicos y factores naturales. Es así que agrupan en grupos funcionales, conjunto de especies que poseen atributos (morfológicos,

fisiológicos, conductuales o de historia de vida) que son semejantes y desempeñan papeles ecológicos equivalentes (Merritt & Cummins, 1996).

En los últimos años a causa del deterioro del hábitat, la calidad del agua y el funcionamiento de las comunidades asociadas que están siendo amenazadas, por tanto se vienen realizando diversos estudios sobre la utilización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en ríos, (Ladrera *et al.*, 2013), así también es uno de los métodos más usados para la evaluación de los impactos antropogénicos; que afectan los ecosistemas acuáticos (Roldán, 1999), llegando a causar la extinción de especies acuáticas nativas de una región.

Por lo expuesto anteriormente la investigación se enmarca en evaluar la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olia, Distrito Cheto, Provincia Chachapoyas, Región Amazonas, debido a que la ganadería es la principal actividad en la zona de estudio.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la ecología funcional del ensamble de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la Microcuenca del río Olia, Chachapoyas, Amazonas, 2018.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos de la Microcuenca del río Olia.
- Clasificar los grupos funcionales alimentarios del ensamble de macroinvertebrados bentónicos.
- Caracterizar la calidad ecológica del agua mediante Índice BMWP/Col.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

La investigación realizada por Ferrú y Fierro (2015), fue evaluar la estructura de macroinvertebrados acuáticos y grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama, Arica y Parinacota, Chile. En este estudio se registraron 66 taxa de macroinvertebrados, correspondiendo en su mayoría a larvas de insectos (46). Los grupos con mayor riqueza fueron Diptera (20 taxa), Coleoptera y Trichoptera (ambos con 7 taxa). Respecto de la abundancia, Chironomidae fue la familia más abundante del área de estudio. El grupo de los colectores-recolectores fue el más representativo en 10 de estaciones, mientras que el grupo de los ramoneadores dominaron en las dos estaciones más cercanas a la desembocadura. Nuestros resultados son los primeros en describir la fauna de macroinvertebrado dulce acuáticos en la cuenca más extrema del norte de Chile, conteniendo una riqueza faunística mucho mayor que otras cuencas desérticas. Además, la gran representatividad de los colectores-recolectores que se alimentan de fragmentos orgánicos menores a 1 mm depositados en el fondo, demuestran la importancia de este recurso alimentario en ríos del desierto de Atacama.

Estudios realizados por Díaz, Corredor, Fernández y Riaño (2016) fue determinar la estructura y los grupos funcionales alimenticios de los macroinvertebrados, en la quebrada La Chapa, Colombia. En tres tramos de la quebrada, en las épocas de lluvia y sequía, se midieron características físicas y químicas. Mediante red Surber, se obtuvieron muestras en cada tramo, para estimar la abundancia y la biomasa de macroinvertebrados. Respecto a los macroinvertebrados, se hallaron 35 taxones, con mayor riqueza en efemerópteros y dípteros, con 8 y 7 taxones, respectivamente. En época de lluvias predominaron, en abundancia, los organismos colectores-recolectores y colectores- filtradores, como *Thraulodes* sp. y *Simulium* sp., mientras que en época seca fueron los raspadores, como *Helycopsyche* sp. En cuanto a la biomasa, en la época de lluvia predominaron los perforadores-carnívoros, como

Limnocois sp., mientras en la época seca fueron los raspadores, como Hydrobiidae.

El trabajo realizado por Rosado, Bolívar, Yanez, Pablo, Zambrano, Carolina, y Cabezas (2017), tuvo como objetivos caracterizar las condiciones físico-químicas del agua, identificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y determinar la calidad hídrica en dos sitios urbanos de monitoreo del río en la ciudad de Quevedo, Ecuador. Los muestreos se realizaron desde septiembre a noviembre del 2015, en sitios influenciados por descargas de efluentes residenciales (ER) y agrícolas-industriales (EAI). Los valores de los parámetros físicoquímicos no presentaron diferencias entre ER y EAI. La familia *Tubificidae* mostró la mayor abundancia total con 4574 individuos (90.48%), para ER 3918 individuos (93%) y EAI 656 (76%). La diversidad H en ER y EAI fue baja 0.49 ± 0.22 ; 1.009 ± 0.21 respectivamente, y difirieron significativamente. La dominancia más alta la presentó ER (0.78 ± 0.1), y difirió de EAI (0.58 ± 0.096). El índice BMWP-Col indicó que ER registró calidad de agua “crítica” (20 ± 7.52), en comparación a EAI calidad de agua “dudosa” (37 ± 6.27). El cuerpo hídrico que atraviesa la zona urbana de Quevedo se encontró fuertemente contaminado a causa del urbanismo y las actividades agrícolas e industriales lo que influye negativamente en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Estudios realizados por Gamarra, Cruz, Chuquizuta, Lopez, Meza, Royler (2016), en la Región Amazonas se determinó la calidad ecológica del agua en la Microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca -Lindapa, Amazonas. Se establecieron 12 estaciones de muestreo en la Microcuenca Chido, tres en la quebrada Allpachaca y dos en la quebrada Lindapa. Se emplearon índices biológicos tales como el Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia (BMWP/Col), e índices de entorno como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino (QBR-And). El Chido un total de 10 539 individuos representados en 45 familias y 10 órdenes, 969 individuos en la quebrada Allpachaca representados en 26 familias y 9 órdenes, y 851 individuos distribuidos en 25 familias y 7 órdenes en la quebrada Lindapa. Los resultados

de la evaluación determinaron que la calidad ecológica de la quebrada El Chido y la Quebrada Allpachaca es buena, mientras que en la quebrada Lindapa disminuye a la categoría de regular. La calidad biológica determinó que las fuentes de agua en las tres quebradas son buenas o muy buenas.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Ecología funcional

La ecología funcional es una herramienta para analizar la biodiversidad, entender la función de los organismos en el ecosistema, rasgos fenotípicos y de comportamiento que determinan cuándo y dónde sobreviven, cómo interactúan con individuos de otras especies, el desempeño de los organismos y que pueden estar relacionados con los procesos ecosistémicos (flujo de materia y energía), la estabilidad de los ecosistemas (resistencia y resiliencia), las interacciones biológicas (intra e interespecíficas) y/o la modificación del hábitat y obtención de alimento (Córdova y Zambrano, 2015).

3.2.2. Grupos funcionales

Los grupos funcionales pueden identificarse por sus efectos sobre las propiedades de las comunidades bióticas y de los ecosistemas, así como por sus respuestas a cambios en el ambiente, provocados, por ejemplo, por disturbios (desastres) naturales o de origen humano (Lavorel y Garnier, 1998). El concepto de grupo funcional puede incluir el de gremio ecológico, considerando que este último, en su sentido más amplio, hace énfasis en la agrupación de especies que explotan de manera semejante un mismo recurso del ambiente.

El estudio de grupos funcionales vincula el análisis de la biodiversidad con el análisis de comunidades bióticas y ecosistemas. Explora la forma en que diferentes grupos de organismos afectan la estructura y dinámica de las comunidades bióticas y la importancia que tienen estos grupos para diferentes funciones de los ecosistemas (definidas como las actividades, procesos o propiedades del ecosistema que son influidos por la actividad de los seres vivos (Orijel *et al.*, 2008).

3.2.1.1 Grupo funcionales alimentarios

Las estrategias de alimentación son los rasgos típicos que reflejan la adaptación de las especies a las condiciones ambientales (Tomanova, Goitia, & Helešic, 2006). Entre los grupos funcionales alimenticios (Functional Feeding Groups), se han clasificado seis gremios tróficos: Colectores filtradores, Colectores-recolectores, depredadores, raspadores-ramoneador, fragmentadores y trituradores (Merritt & Cummins, 1996). Cada estrategia de Alimentación son rasgos que reflejan la adaptación de las especies y que podrían formar parte de una medida unificada en las comunidades que difieren en composición taxonómica (Statzner, Hildrew, & Resh, 2001).

- **Colectores-recolectores:** Se alimentan de materia orgánica particulada fina (MOPF), provenientes de los procesos de descomposición y, también de fragmentos de material orgánico triturado o excrementos desechados por los organismos trituradores de algas y bacterias. (Vanegas, 2004; Bouchard, 2004).
- **Colector-filtrador:** Se alimentan de la descomposición de materia orgánica particulada fina MOPF < 1mm. Hay dos tipos de colector/filtrador: pasivo y activo. Colector/filtrador pasivo, depende de la corriente para atraerles el alimento suspendido y se encuentran generalmente en aguas lólicas o corrientes. Colector/filtrador activo, crea su propia corriente de alimento suspendido transportándolo en una red o seta (Bouchard, 2004).
- **Raspadores o ramoneador:** Con adaptaciones morfológicas y etológicas para raspar el alimento generalmente se alimentan del perifiton (capa nutritiva formada por algas, protozoarios hongos y bacterias que crecen sobre sustratos duros como adoquines y grava, con flujos rápidos) (Cummins & Klug 1979), necesitan permanecer adheridos a la superficie de las rocas para alimentarse, razón por la cual presentan adaptaciones especiales, tales como cuerpos aplanados discos de succión en los somitas (segmentos) de su abdomen y uñas en el último tarso de sus patas, para sujetarse firmemente y evitar ser arrastrados por las aguas.

- **Fragmentadores:** Se alimentan mordiendo y triturando material orgánico de partícula gruesa (MOPG) > 1mm, compuesto por las hojas, pequeñas ramitas que caen dentro del ecosistema proveniente del dosel formado por la vegetación litoral. La acción fragmentadora es un paso inicial en los procesos de descomposición. Las partículas trituradas actúan luego como recurso alimenticio para pequeños macroinvertebrados y descomponedores microscópicos. Pequeños fragmentos de hojas y excrementos de algunos de estos organismos son capturados por otro grupo de estos macroinvertebrados, llamados colectores Cummins & Klug 1979).
- **Trituradores:** Se alimentan detritus (materia orgánica muerta) e incluyen los siguientes grupos funcionales. Desmenuzadores se alimentan de pedazos de hojas en descomposición los fragmentos de madera, una dieta que incluye muchos microorganismos (bacterias y hongos), lo cual aumenta el valor nutricional de las hojas. Ellos convierten estos fragmentos en partículas más finas de materia orgánica (Cummins & Klug 1979).
- **Depredadores:** Son llamados también predadores, carnívoros y desfibradores (Cummis & Kug, 1978), están adaptados para la captura de presas vivas, y son generalista, pueden dividirse en dos grupos: los taladradores, agarran sus presas y chupan sus fluidos de sus tejidos y células. Los engullidores, algunos muerden solo trozos de sus presas o los devoran completamente (Cummins & Klug, 1978; Bouchard, 2004).

3.2.3. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat. Un indicador biológico ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrecha, es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven (Morales, 2011).

Los bioindicadores miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano (Anze *et*

al., 2007). Las especies bioindicadores son aquellas que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares (Segnini, 2003).

3.2.3.1. Calificación de Macroinvertebrados acuáticos según el índice BMWP/Col

El uso del índice requiere identificar los macroinvertebrados a nivel de familia. Tras la identificación de los ejemplares capturados se elabora una lista de inventario con las familias presentes, se busca la puntuación de cada familia en la tabla BMWP/Col y se obtiene el valor del índice por la suma total de la puntuación correspondiente a cada una de ellas (Roldán, 2003). El valor obtenido se hace corresponder con una determinada clase de calidad de agua según la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	> 101	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán, 2003.

A cada clase le corresponde un color, el cual determina el mapa de calidad biológica, así, valores entre 101 y 120 o mayor de 150, color azul; valores entre 61 y 100, color verde; entre 36 y 60, color amarillo, valores; entre 16 y 35, color naranja y valores menores de 15 de color rojo.

3.2.3.2. Tipo de bioindicadores

Según Roldán (2003). Desde el punto de vista de la contaminación, los macroinvertebrados se agrupan en cinco categorías generales:

Clase I: son organismos indicadores de aguas claras, en su mayoría muy sensibles a los cambios. Entre ellos están en términos generales los grupos taxonómicos de los Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleóptera

algunos Diptera, Odonata, Neuroptera. Como ejemplos tenemos los géneros, Helicopsyche, Anacroneuria, Laclania, Nectopsyche, Baetodes, Tetraglossa, Macrelmis, Atopsyche, y Moribaetis, entre otros.

Clase II: son indicadores de aguas ligeramente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitat de poca contaminación. Dentro de este grupo tenemos algunos Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, algunos dípteros, y coleópteros como, los géneros Hetaerina (Odonata), Gerris (Hemiptera, y Smicridea (Trichoptera), Tropisternus (Coleoptera), Dixella, Probezzia, Limnophora, Limnicola (Diptera), Helisoma y Succinea (Gastropoda).

Clase III: aguas moderadamente contaminadas. son organismos tanto estenoicos como eurioicos. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Se destacan la familia Chironomidae (Diptera), el Phylum Mollusca y la clase Hirudinea como algunos caracoles (Physa, Limnaea) y sanguijuelas respectivamente.

Clase IV: son indicadores de aguas muy contaminadas por actividades antropogénicas. Por ejemplo, los grupos taxonómicos de la familia Hydrophilidae, Tipulidae y Dixidae.

Clase V: son Indicadores de aguas fuertemente contaminadas por materia orgánica. Por ejemplo, los grupos taxonómicos de la clase Annelida, con los géneros, Limnodrilus y Tubifex.

3.2.4. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas (Roldán-Pérez, 2016). Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados cuyo tamaño va de 0,5mm hasta alrededor de 5,0mm, entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, cómo los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2013).

Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de

evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016).

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas (Roldán-Pérez, 2016).

3.2.5. Calidad ecológica del agua

Es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales. Rusa (2008), sostiene que el estado ecológico de la masa de agua vendrá definido por el menor de los valores de los resultados de los indicadores biológicos y fisicoquímicos, definiéndose cinco estados: muy buen estado, buen estado, aceptable, deficiente y malo.

3.3. Definición de términos

3.3.1. Microcuenca

Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas.

La microcuenca es el ámbito lógico para planificar el uso y manejo de los recursos naturales, en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida (El Salvador, 2008).

3.3.2. Comunidades bióticas

Se llama comunidades bióticas al conjunto de poblaciones que viven en un hábitat o zona definida que puede ser amplia o reducida. Las interacciones de los diversos tipos de organismos conservan la estructura y función de la comunidad y brindan la base para la regularización ecológica de la sucesión en la misma (Alfaro, 2007).

3.3.3. Medio ambiente

El medio ambiente es el producto de la interacción dinámica de todos los elementos, objetos y seres vivos presentes en un lugar. Todos los organismos viven en medio de otros organismos vivos, objetos inanimados y elementos, sometidos a diversas influencias y acontecimientos. Este conjunto constituye su medio ambiente. Plantas y animales dependen de los componentes y características del medio para crecer y reproducirse. A lo largo de su evolución, muchas especies han desarrollado una tolerancia para resistir ciertas limitaciones. Esta tolerancia o adaptación es un proceso que les permite vivir sometidas a condiciones ambientales que pueden no ser adecuadas para otras especies (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017).

3.3.4. Aguas superficiales

Las aguas superficiales se pueden definir como todas aquellas que comprenden o integran las aguas de los ríos, lagos, lagunas, estanques, etc. Estas provienen del agua de las lluvias que caen en una determinada cuenca hidrográfica o cuenca receptora correspondiente (Rosales & Sanches, 2013)

3.3.5. Ecosistema

Sistema de organismos vivos que interactúan y su entorno físico. Los límites de lo que se puede denominar ecosistema son un poco arbitrarios, y dependen del enfoque del interés o estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar desde unas escalas espaciales muy pequeñas hasta, en último término, todo el planeta (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2001).

3.3.6. Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos son una variedad de masas de agua naturales (arroyos, ríos, llanuras inundadas, lagos, pantanos, etc.) y formadas por el hombre (embalses, arrozales, canales de irrigación, etc.). No obstante que sólo cubren alrededor del 1% del total de la superficie terrestre, en las aguas viven unas 100 000 especies acuáticas, entre las cuales, por ejemplo, 10 000, o el 40%, de todas las especies de peces (FAO, 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en Microcuenca del río Olia ubicado en el Distrito de Cheto, Provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas, en el norte del Perú. Limita por el norte con el Distrito de Molinopampa; por el sureste con la provincia de Rodríguez de Mendoza; y por el oeste con el Distrito de Soloco. Tiene una superficie de 56.97 km² y una población estimada de 686 habitantes. El último censo (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2007).

El río Olia tiene una longitud aproximada de 30km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Sonche, con una altitud de 2393 m.s.n.m.

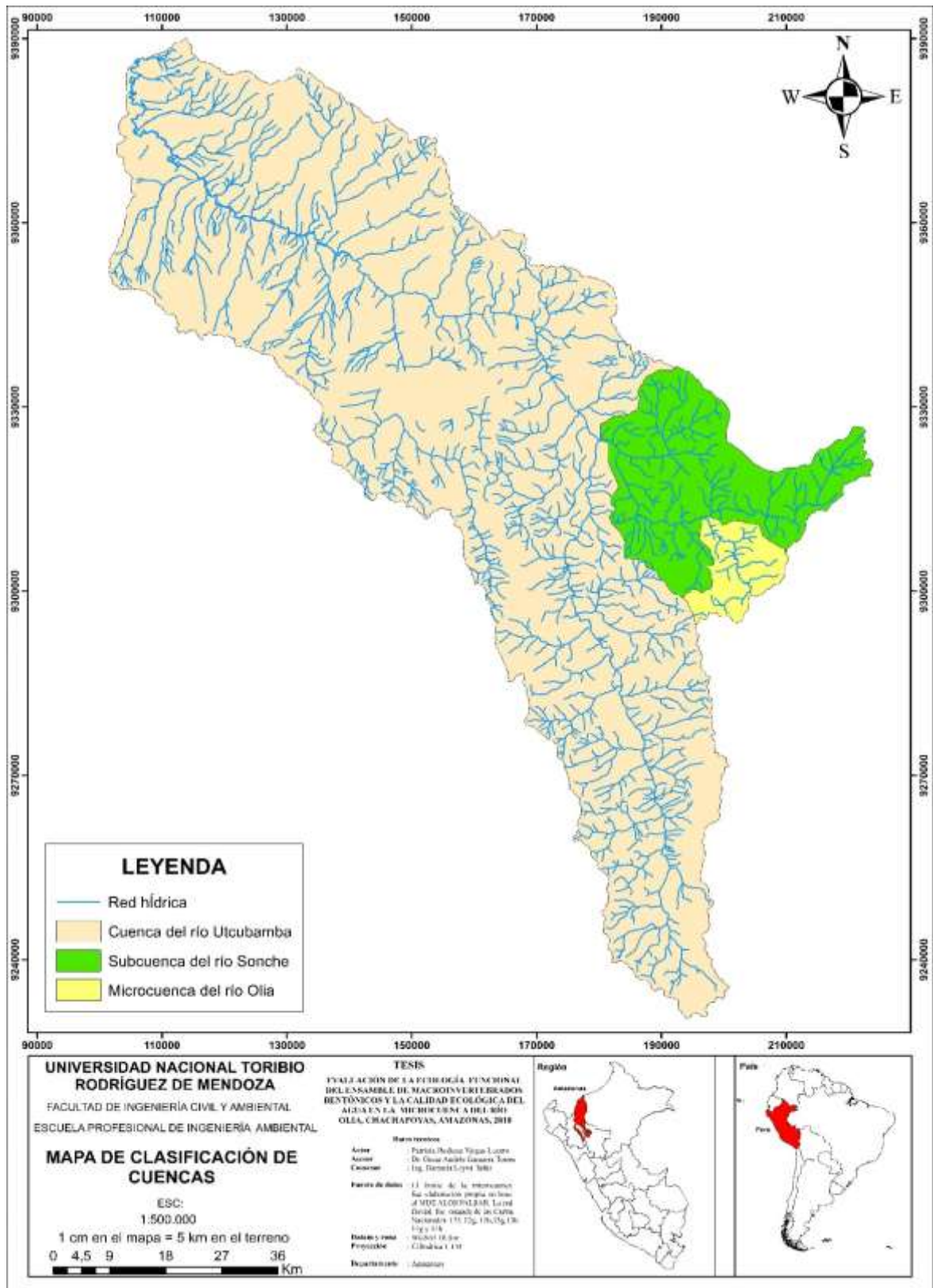


Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Olia.

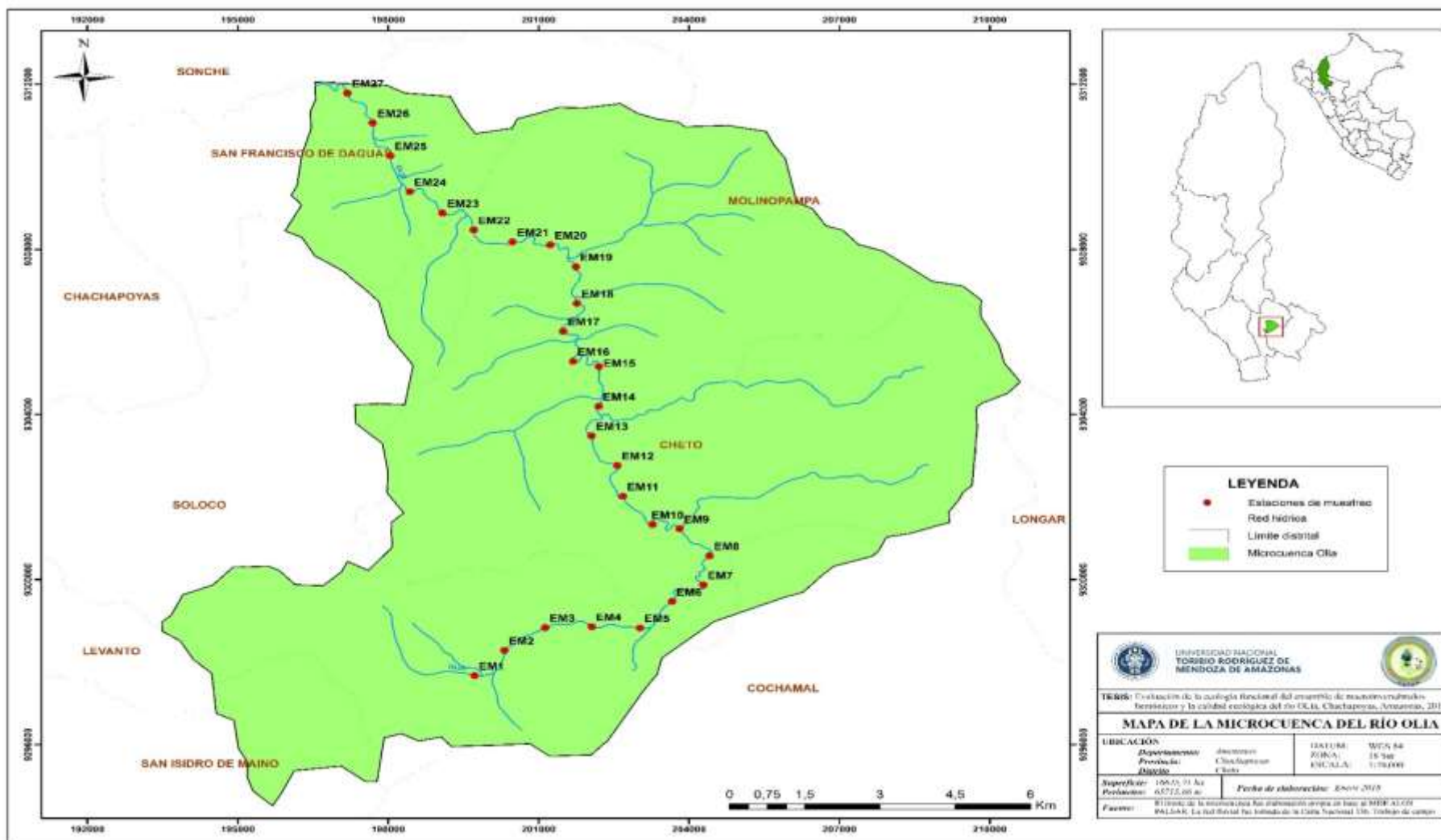


Figura 2. Puntos de muestreo en la Microcuenca del río Olla.

4.2. Métodos

4.2.1. Delimitación del área de estudio

Se delimitó la Microcuenca del río Olia en base a las líneas del *Divortium aquarum* o parte aguas (Villón, 2002), contrastando con información satelital (imágenes auxiliares del Google Earth Pro 4.3 previamente georreferenciadas) y cartográfica (cartas nacionales IGN a escala 1:100 000) de la zona de estudio. Se elaboró un mapa de la red hidrográfica actual y se proyectó mediante el empleo del programa ArcGIS v.10.5.

4.2.2. Ubicación y selección de las estaciones de muestreo

Se establecieron veintisiete estaciones de muestreo en la Microcuenca Olia (Figura 2). Para la determinación de la calidad ecológica del agua se localizaron estaciones representativas del área de estudio, para ello se utilizó la metodología de Prat *et al.*, (2012) en la cual cada estación estaba separada por 1 kilómetro, para la georeferenciación de las estaciones de muestreo se utilizó un GPS navegador (Garmin modelo Oregón 8100), cada punto de muestreo fue georeferenciado por un código para contrastar con el mapa base.

4.2.3. Colecta de macroinvertebrados

Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos se realizó según la metodología de Prat *et al.*, (2012), durante la época húmeda (enero y febrero), cuya precipitación promedio mensual es de 85 mm y el muestreo se realizó en cada microhábitat presente: hojarasca, musgo, rocas y sedimento fino (Merrit & Cummins, (1996).

Se recolectaron los macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a los procedimientos de Merrit & Cummins (1996).

1. Se estableció los puntos de muestreo cada kilómetro según Prat *et al.*, (2012).

2. Se empleó la red Surber, que consiste en un marco metálico de 30 x 30 cm² de área de superficie de muestreo al cual está unida una red cónica, esta red fue sumergida en cada punto según los microhábitats con un tiempo de 2 minutos para poder extraer la mayor cantidad de macroinvertebrados. Los

hábitats se evaluaron de forma independiente, las muestras se analizaron por separado.

3. Las muestras obtenidas fueron depositadas en una bolsa blanca, a las cuales se les incorporó alcohol al 70 % para que se conserven y etiquetadas (número de punto, tipo de hábitat y fecha), para su traslado al laboratorio y su respectivo análisis.

4.2.4. Identificación taxonómica y grupos funcionales alimentarios (GFA) de los macroinvertebrados

Primero se realizó la limpieza por microhábitat (hojarasca, roca, sedimento y musgo), para ello las muestras de macroinvertebrados acuáticos fueron colocados en una bandeja blanca, y por medio de pinzas se retiran el material abiótico (hojas, raíces, roca y material orgánico).

Segundo, las muestras de macroinvertebrados que fueron limpiados fueron colocadas en frascos translucidos de boca ancha, con alcohol al 70% para su conservación. Posteriormente, estos frascos se rotularon para la identificación taxonómica.

La identificación taxonómica de los individuos colectados fue a nivel de familia y para ello se utilizaron claves taxonómicas desarrolladas por Domínguez y Fernández (2009) y un estereoscopio binocular con cámara digital incorporada.

Posteriormente, con los macroinvertebrados ya identificados taxonómicamente, estos fueron clasificados en seis grupos funcionales alimentarios (GFA): colector -recolector, colector-filtrador, fragmentador, detritívoros, ramoneador-raspador y depredador, de acuerdo a Merrit & Cummins (1996), Tomanova *et al.*, (2006) y Chara-Serna *et al.*, (2010), cuyos autores para los GFA se basaron el tipo de alimentación y el hábitat que se encontraban los macroinvertebrados acuáticos.

4.2.5. Determinación de los índices de biodiversidad

Para estimar la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos se utilizó los Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Índice de Equidad de Pielou (J') e Índice de dominancia de Berger-Parker (d) (Ferrú y Fierro, 2015).

4.2.6. Determinación de la Valoración de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua

Para la valoración, se calculó el índice biológico de calidad, BMWP/ Col que usa los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cuantitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, las familias más sensibles reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación un puntaje de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total de BMWP/ Col, para ello se empleó la escala de severidad, que contempla un rango de <15 a >150, de acuerdo a la sensibilidad de los organismos frente a la contaminación, así tenemos: Aguas fuertemente contaminadas (< 15), Aguas muy contaminadas (16-35), Aguas moderadamente contaminadas (36-60), Aguas ligeramente contaminadas (61-100), Aguas limpias no contaminadas o poco alteradas (> 100) (Roldan, 2003).

4.2.7. Análisis datos

Para poder determinar la distribución de ensamble de macroinvertebrados se utilizaron los datos abundancia (ind.m^{-2}), estos fueron transformados mediante la fórmula logaritmo $((X + 1))$, para darles menos peso a los taxones más abundantes. Luego se construyó una matriz de similitud basándose en el índice de Bray & Curtis, la que fue analizada utilizando el procedimiento de escalamiento multidimensional (nMDS - Clarke & Gorley 2005) como método de ordenación mediante análisis de dendograma y escalamiento no métrico multidimensional (NMDS), empleado ligamiento completo como método de agrupamiento. Los grupos fueron definidos empleando el test Simproff ($P > 0,05$).

Todos estos análisis fueron llevados a cabo empleando el programa PRIMER v.6 - Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research.

V. RESULTADOS

5.1. Determinación de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca del río Olia.

Se colectó un total de 25765 individuos, distribuidos en 14 órdenes, 52 familias y 54 taxones de macroinvertebrados acuáticos bentónicos en la Microcuenca del río Olia, las familias Leptoceridae, Glossosomatidae (orden trichoptera) y Baetidae (orden Ephemeroptera) fueron los taxones que presentaron mayor densidad total y las familias con menor densidad corresponden a Coelophoridae, Cosmopterigidae, Neargyractis (orden Lepidoptera) que se observan en (Figura 3). Los órdenes que presentaron mayor riqueza de familias fueron: Coleoptera (con 14 taxa), Diptera (con 12 taxa) y Trichoptera (con 8 taxa) (Figura 2).

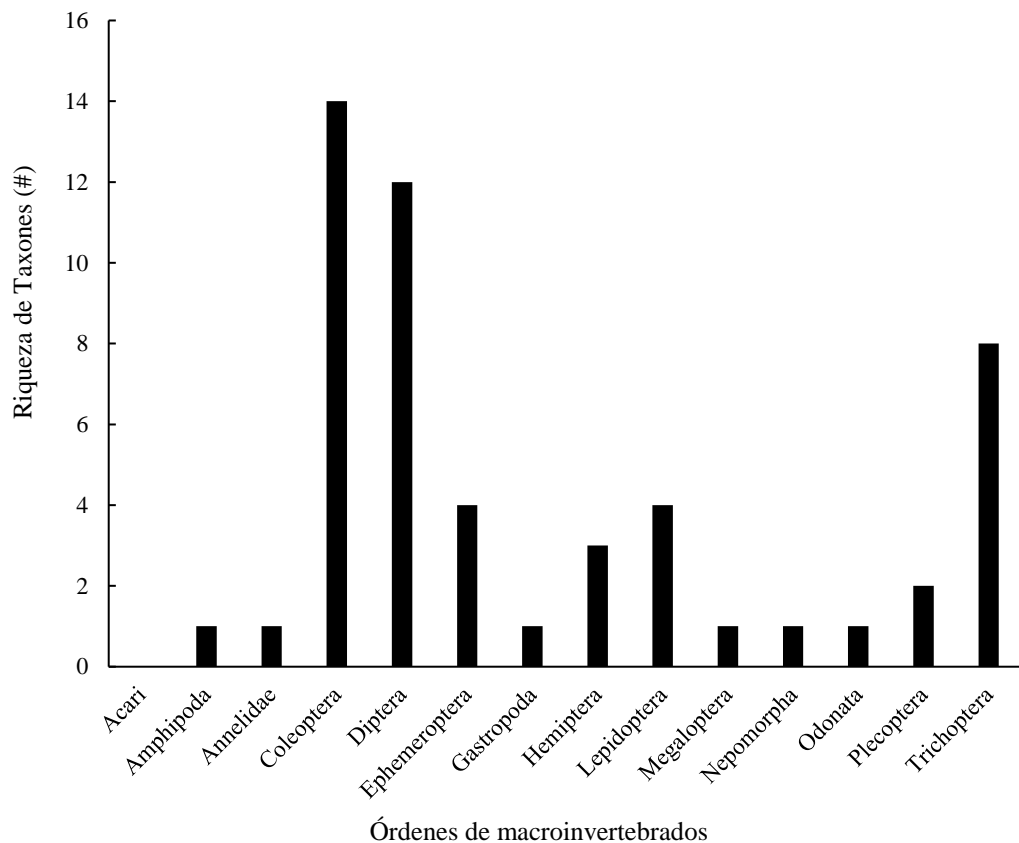


Figura 3. Riqueza de taxones por cada orden de macroinvertebrados, presentes en la microcuenca del río Olia.

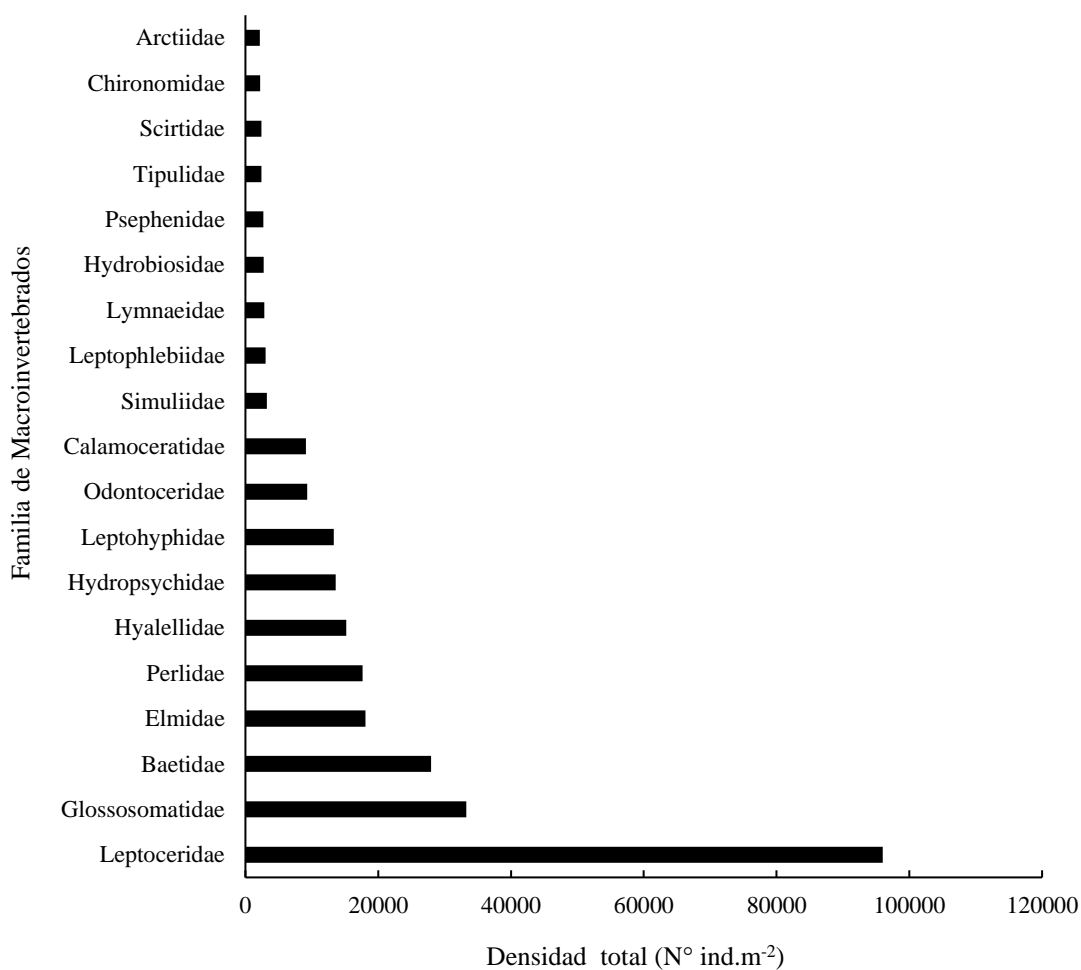


Figura 4. Densidad total de las familias más representativas encontradas en la Microcuenca del río Olia.

Para determinar la densidad de macroinvertebrados acuáticos se utilizó el número individuos encontrados por EM y el área de cada EM y para obtener el área se utilizó las dimensiones de red Surber (30 x 30 cm²).

Los resultados muestran que las estaciones de muestreo con mayores densidades de macroinvertebrados bentónicos correspondieron a la EM16 con 33044,4 ind.m⁻² y EM12 con 20288,9 ind.m⁻², mientras que la menor densidad fue la EM 24 con 1555,6 ind.m⁻² (Tabla 2). Lo que da a conocer que en un área de 0,09 m² se pudo encontrar dicha cantidad de individuos, que fueron colectados por cada EM.

Tabla 2. Lista y densidad (ind.m^{-2}) de las especies de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en las 27 EM en la Microcuenca Olía.

Taxa	Estaciones de muestreo													
	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14
Acari	0	11,1	0	0	0	11,1	0	0	0	11,1	22,2	11,1	0	0
Hyaellidae	0	0	0	0	0	11,1	11,1	0	0	66,7	0	388,9	33,3	355,6
Haplotaxida	0	0	0	0	0	0	66,7	66,7	0	11,1	111,1	122,2	11,1	11,1
Amphizoidea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0
Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1
Dytiscidae	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	22,2	22,2	0
Elmidae	311,1	388,9	611,1	322,2	444,4	466,7	533,3	144,4	200,0	1788,9	588,9	1888,9	955,6	333,3
Gyrinidae	0	0	11,1	0	0	0	11,1	0	0	0	11,1	0	33,3	0
Haliplidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	11,1	22,2	0	0	0	0	11,1	88,9	88,9	22,2	66,7	22,2
Hydrophiloidea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroscaphidae	77,8	44,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	11,1	88,9	11,1	0
Psephenidae	11,1	33,3	66,7	33,3	22,2	200,0	288,9	177,8	122,2	144,4	177,8	100,0	88,9	122,2
Ptilodactylidae	66,7	188,9	166,7	88,9	77,8	11,1	22,2	88,9	33,3	233,3	133,3	133,3	77,8	44,4
Scirtidae	0	33,3	33,3	311,1	0	0	0	11,1	100,0	166,7	111,1	1444,4	66,7	88,9
Staphylinidae	88,9	77,8	44,4	33,3	11,1	44,4	88,9	22,2	200,0	122,2	11,1	344,4	277,8	11,1
Blephariceridae	0	0	11,1	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	11,1	11,1	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0
Chironomidae	11,1	11,1	144,4	11,1	0	0	188,9	55,6	22,2	111,1	22,2	266,7	44,4	66,7
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0
Empididae	11,1	22,2	33,3	33,3	0	11,1	11,1	11,1	0	22,2	33,3	44,4	22,2	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarcophagidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	44,4	111,1	277,8	100,0	11,1	77,8	155,6	22,2	0	322,2	100,0	100,0	300,0	33,3

Tabla 2. Lista y densidad (ind.m^{-2}) de las especies de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en las 27 EM en la Microcuenca Olia.

Taxa	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	EM13	EM14
Stratiomyidae	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	44,4	122,2	66,7	44,4	55,6	11,1	100,0	100,0	144,4	100,0	55,6	66,7	44,4	66,7
Baetidae	500,0	411,1	811,1	22,2	400,0	188,9	711,1	344,4	188,9	866,7	377,8	2722,2	2255,6	2477,8
Leptohyphidae	77,8	255,6	555,6	477,8	411,1	600,0	1311,1	344,4	211,1	500,0	133,3	2033,3	511,1	255,6
Leptophlebiidae	88,9	55,6	222,2	200,0	344,4	111,1	88,9	155,6	11,1	77,8	122,2	155,6	222,2	77,8
Oligoneuriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliidae	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55,6	55,6	0
Hydromotridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	33,3	0	0	0	0	0	0	0
Arctiidae	0	0	33,3	11,1	22,2	33,3	222,2	0	22,2	322,2	44,4	355,6	277,8	144,4
Coelophoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmopterigidae	1,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neargyractis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	11,1	0	0
Belostomatidae	0	0	0	0	22,2	0	0	0	0	0	0	0	22,2	0
Aeshnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,2
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,4
Perlidae	200,0	200,0	155,6	166,7	177,8	366,7	533,3	555,6	411,1	633,3	811,1	1455,6	1133,3	788,9
Calamoceratidae	11,1	88,9	11,1	111,1	222,2	200,0	777,8	2933,3	1100,0	288,9	577,8	477,8	322,2	500,0
Glossosomatidae	44,4	22,2	266,7	11,1	22,2	22,2	0	0	11,1	155,6	1333,3	5600,0	7266,7	5966,7
Helicopsychidae	0	0	11,1	0,0	11,1	0	0	11,1	0	11,1	33,3	11,1	0	0
Hydrobiosidae	0	100,0	11,1	44,4	33,3	44,4	133,3	33,3	0	177,8	122,2	155,6	55,6	55,6
Hydroptilidae	0	188,9	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	122,2	133,3	222,2	233,3	55,6	322,2	611,1	33,3	88,9	200,0	377,8	311,1	988,9	44,4
Leptoceridae	3388,9	2422,2	14100,0	11211,1	13355,6	3611,1	5500,0	422,2	933,3	888,9	688,9	1533,3	133,3	500,0
Odontoceridae	0	44,4	166,7	33,3	522,2	566,7	922,2	922,2	955,6	1288,9	366,7	200,0	1411,1	233,3
Polycentropodidae	0	22,2	0	0	0	11,1	0	0	0	44,4	0	166,7	0	22,2

Tabla 2. Lista y densidad (ind.m^{-2}) de las especies de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en las 27 EM en la Microcuenca Olla.

Taxa	Estaciones de muestreo												
	EM15	EM16	EM17	EM18	EM19	EM20	EM21	EM22	EM23	EM24	EM25	EM26	EM27
Acari	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	22,2	0
Hyaellidae	0	0	0	55,6	0	44,4	8988,9	4644,4	311,1	155,6	100,0	44,4	0
Haplotaxida	44,4	277,8	0	77,8	0	22,2	0	166,7	100,0	22,2	22,2	11,1	11,1
Amphizoidea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	588,9	1444,4	111,1	700,0	188,9	833,3	633,3	477,8	177,8	511,1	600,0	611,1	222,2
Gyrinidae	11,1	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halplidae	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	22,2	0	0	11,1	11,1	33,3	0	0	0	0
Hydrophiloidea	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroscaphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	11,1	44,4	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0
Psephenidae	233,3	66,7	100,0	88,9	55,6	111,1	166,7	111,1	33,3	0	11,1	100,0	22,2
Ptilodactylidae	55,6	88,9	0	11,1	11,1	11,1	22,2	0	0	22,2	11,1	0	0
Scirtidae	0	33,3	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0
Staphylinidae	0	88,9	11,1	22,2	0	11,1	77,8	0	11,1	0	0	0	0
Blephariceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	11,1	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	188,9	122,2	0	66,7	33,3	166,7	111,1	244,4	44,4	0	22,2	44,4	200,0
Dixidae	0	11,1	0	33,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae	22,2	44,4	0	11,1	0	0	22,2	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	522,2
Sarcophagidae	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0
Simuliidae	122,2	122,2	0	411,1	0	88,9	133,3	133,3	411,1	0	11,1	66,7	55,6
Stratiomyidae	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Lista y densidad (ind.m^{-2}) de las especies de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en las 27 EM en la Microcuenca Olla.

Taxa	EM15	EM16	EM17	EM18	EM19	EM20	EM21	EM22	EM23	EM24	EM25	EM26	EM27
Tabanidae	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	133,3	77,8	77,8	200,0	100,0	66,7	211,1	144,4	155,6	122,2	22,2	55,6	33,3
Baetidae	2311,1	1666,7	1133,3	1300,0	2033,3	1977,8	2111,1	944,4	1244,4	33,3	222,2	300,0	388,9
Leptohyphidae	355,6	888,9	11,1	466,7	533,3	200,0	588,9	633,3	1177,8	0	111,1	77,8	588,9
Leptophlebiidae	88,9	77,8	0	11,1	166,7	44,4	77,8	388,9	188,9	0	0	33,3	11,1
Oligoneuriidae	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	11,1	11,1	55,6	88,9
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	655,6	2155,6	55,6	0	0	0	0
Veliidae	0	0	11,1	0	88,9	0	11,1	0	0	0	0	0	0
Hydromotridae	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arctiidae	55,6	111,1	11,1	88,9	44,4	111,1	155,6	44,4	22,2	11,1	0	22,2	0
Coelophoridae	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmopterigidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neargyractis	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	11,1	44,4	11,1	66,7	33,3	33,3	22,2	55,6	11,1	55,6	11,1	33,3	11,1
Belostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3	0	0	0
Aeshnidae	22,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	1844,4	1666,7	166,7	1044,4	1011,1	711,1	1266,7	477,8	188,9	255,6	711,1	377,8	355,6
Calamoceratidae	388,9	277,8	188,9	122,2	22,2	22,2	244,4	88,9	77,8	11,1	55,6	11,1	0
Glossosomatidae	833,3	2388,9	555,6	733,3	100,0	3877,8	866,7	433,3	244,4	44,4	33,3	33,3	0
Helicopsychidae	200,0	11,1	0	11,1	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	233,3	111,1	11,1	311,1	0	244,4	188,9	255,6	22,2	77,8	33,3	177,8	122,2
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	388,9	522,2	0	644,4	333,3	588,9	544,4	1977,8	988,9	133,3	744,4	877,8	0
Leptoceridae	8355,6	22488,9	577,8	922,2	122,2	1044,4	1344,4	1000,0	611,1	55,6	411,1	88,9	288,9
Odontoceridae	222,2	322,2	200,0	277,8	22,2	133,3	88,9	22,2	133,3	0	122,2	111,1	33,3
Polycentropodidae	44,4	0	0	166,7	0	66,7	200,0	44,4	0	0	133,3	44,4	0

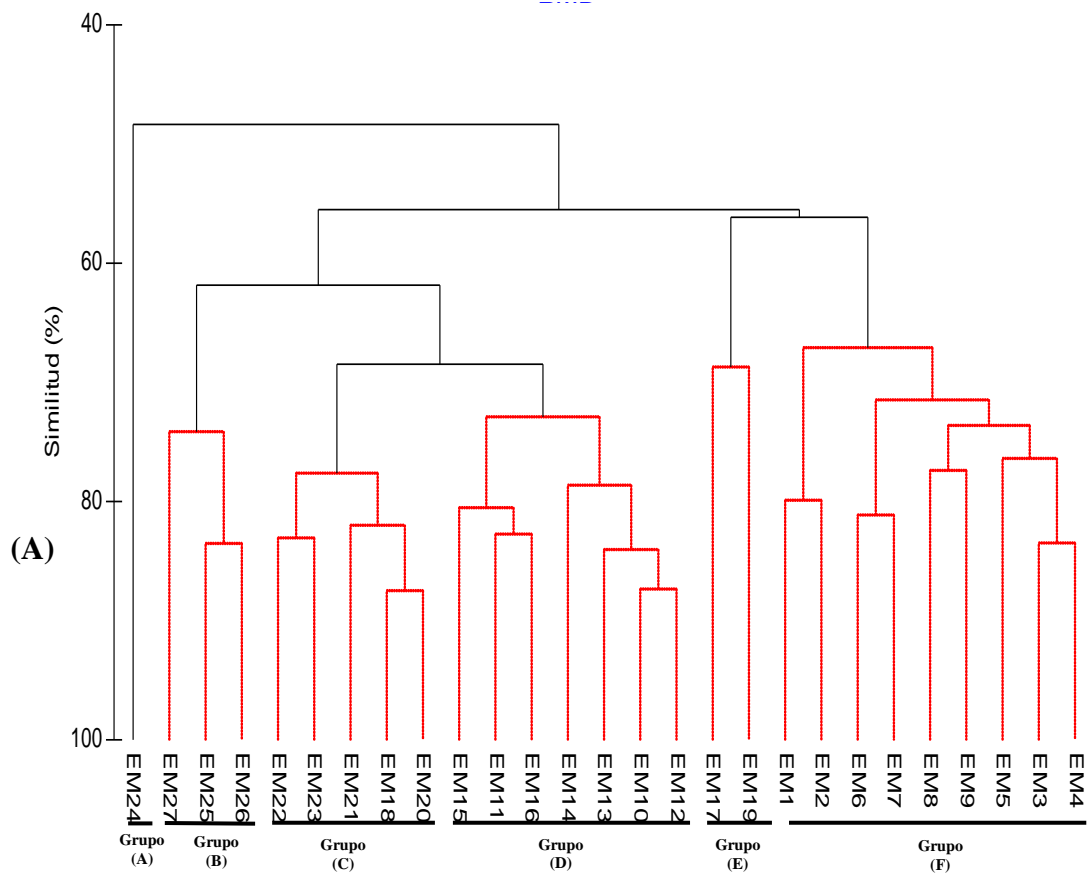
Los resultados muestran que la EM12, registro la mayor cantidad de taxones, específicamente 30 y la EM24 fue la que presentó menor cantidad de taxones. La estación que presentó mayor cantidad de abundancia $N.m^{-2}$ EM16 con 33031 y la estación que presentó menor cantidad de individuos fue EM24 con 1550. Con respecto al índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') podemos decir que la mayor diversidad estuvo en EM10 con un valor de 2,64 y la menor diversidad estuvo en la EM5 con valor de 0,88. Con respecto al índice de equidad de Pielou (J') las EM10, EM11 y EM18 presentaron una mayor equidad siendo su valor 0,80 y la EM4 fue la que evidenció menor equidad con un índice 0,28. En cuanto al índice de dominancia Berger-Parker (d) podemos señalar que la EM4 se encontró la mayor dominancia con un valor de 0,83 y menor dominancia se presentó en EM18 con un índice de dominancia de 0,17.

Tabla 3. *Riqueza de Taxones (S) de la microcuenca del río Olia.*

Estaciones de Muestreo	S	Abundancia $N.m^{-2}$	H'	J'	d
EM1	18	5104	1,4	0,48	0,66
EM2	24	4991	2,09	0,66	0,48
EM3	25	18047	1,08	0,33	0,78
EM4	24	13549	0,9	0,28	0,83
EM5	21	16238	0,88	0,29	0,82
EM6	21	6916	1,83	0,6	0,52
EM7	23	12325	2,07	0,66	0,45
EM8	20	6448	1,95	0,65	0,45
EM9	19	4773	2,22	0,75	0,23
EM10	27	8644	2,64	0,8	0,21
EM11	27	6467	2,63	0,8	0,21
EM12	30	20277	2,45	0,72	0,28
EM13	29	16710	2,07	0,62	0,43
EM14	26	12289	1,84	0,57	0,49
EM15	28	16789	1,88	0,56	0,5
EM16	29	33031	1,38	0,41	0,68
EM17	17	3195	1,95	0,69	0,35
EM18	27	7868	2,63	0,8	0,17
EM19	17	4894	1,9	0,67	0,42
EM20	22	10402	2,06	0,67	0,37
EM21	28	18766	2,02	0,61	0,48
EM22	25	14478	2,28	0,71	0,32
EM23	23	6246	2,42	0,77	0,2
EM24	16	1550	2,18	0,79	0,33
EM25	20	3396	2,21	0,74	0,22
EM26	22	3191	2,37	0,77	0,27
EM27	18	9449	2,01	0,69	0,25

Los análisis de clasificación y ordenamiento correspondiente al ensamble de macroinvertebrados se realizaron con los datos de composición de familias y abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el la Microcuenca del río Olla, permitiendo reconocer seis grupos estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) de estaciones de muestreo (A-F) (Figura 3Ay 3B).

La Figura 3B, fue obtenida a partir de los datos de la Figura 3A. Se observa que en la Figura 3A la mayor abundancia de individuos se encuentra en el Grupo D lo que corresponde a las EM10, EM11, EM12, EM13, EM14, EM15, EM16. Sin embargo, el Grupo A solo contiene EM24 por lo que se consideró como la menor abundancia de individuos.



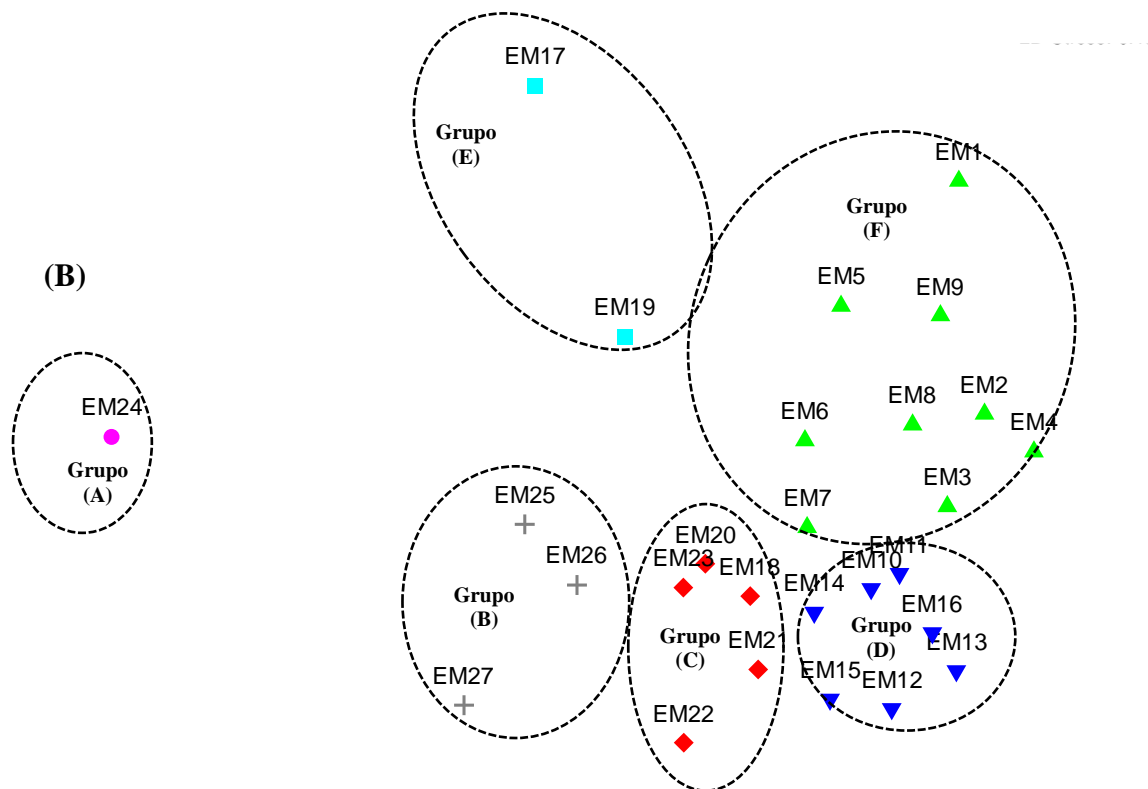


Figura 5. (A). Clasificación de los macroinvertebrados bentónicos, (B). Visualización del ensamble de macroinvertebrados mediante dendrograma y escalamiento no métrico

5.2. Clasificación de los grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados.

En la Tabla 4; se presenta la identificación taxonómica de los insectos colectados y su respectiva asignación de grupos funcionales alimentarios (GFA), 17 GFA propuesta por Chara-Serna *et al.*, (2010), 13 GFA de acuerdo con la identificación de Merrit & Cummins (1996), 6 GFA que estuvieron propuestas por Tomanova *et al.*, (2006), 8 familias GFA se determinó mediante revisión de literatura sobre el tipo de alimentación, sin embargo 10 familias fueron indeterminados.

Los seis grupos funcionales estuvieron presentes en veintiséis puntos de muestreo (Figura 6).

Los colectores-recolectores y detritívoros fueron los GFA más importantes, representando por un 32% cada uno, de la muestra total. En segundo lugar, se ubicaron los raspador-ramoneador con el 13%, los depredadores con un 9%, colectores- filtradores con un 8%, fragmentadores 5% y el grupo de individuos indeterminados 1%.

Se obtuvo que, de los 54 taxones identificados en las muestras, 14 correspondieron a depredadores, 12 a recolector- colector, 5 detritívoros, 6 a raspador- ramoneador, 4 a fragmentadores, 3 recolector- filtrador y 10 especies fueron indeterminadas. Los detritívoros dominaron la abundancia con 10334 individuos, seguidos por los colectores-recolectores con 6967 individuos, los raspador-ramoneador con 3760, los depredadores con 1969 individuos, colector-filtrador con 1515 individuos, los fragmentadores con 1000 individuos y los indeterminados con 220 individuos.

Tabla 4. Clasificación en grupos funcionales alimentarios encontrados en la microcuenca del río Olla.

<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>GFA</i>	
Acari		Depredador	
Amphipoda	Hyaellidae	Detritívoro ³	
Haplotaxida		Detritívoro ²	
Coleoptera	Amphizoidea	Indeterminado	
	Chrysomelidae	Fragmentador	
	Dytiscidae	Depredador ³	
	Elmidae	Colector-recolector ²	
	Gyrinidae	Depredador ¹	
	Haliplidae	Raspador-ramoneador	
	Hydrophilidae	Depredadores ¹	
	Hydrophiloidea	Indeterminado	
	Hydroscaphidae	Indeterminado	
	Noteridae	Depredador ¹	
	Psephenidae	Raspador-ramoneador ³	
	Ptilodactylidae	Fragmentador ³	
	Scirtidae	Detritívoro	
	Staphylinidae	Depredadores ¹	
	Diptera	Blephariceridae	Colector-filtrador
		Ceratopogonidae	Depredador ³
		Chironomidae	Colector-recolector ³
		Dixidae	Colector-recolector ¹
		Empididae	Fragmentador ¹
Psychodidae		Colector- recolector ³	
Sarcophagidae		Indeterminado	
Simuliidae		Colector-filtrador ²	
Stratiomyidae		Colector -recolector ¹	
Tabanidae		Depredadores ²	
Ephemeroptera	Tipulidae	Colector- recolector ³	
	Baetidae	Colector-recolector ¹	
	Leptohephidae	Colector -recolector ³	
	Leptophlebiidae	Colector -recolector ³	
	Oligoneuriidae	Raspador-ramoneador	

Tabla 4. Clasificación en grupos funcionales alimentarios encontrados en la microcuenca del río Olia.

Gastropoda	Lymnaeidae	Raspador-ramoneador
Hemiptera	Veliidae	Depredador ³
	Hydromotridae	Indeterminado
Lepidoptera	Naucoridae	Depredador ²
	Arctiidae	Indeterminado
	Coelophoridae	Indeterminado
	Cosmopterigidae	Indeterminado
	Neargyactis	Indeterminado
Megaloptera	Corydalidae	Depredadores ¹
Nepomorpha	Belostomatidae	Indeterminado
Odonata	Aeshnidae	Depredador ²
Plecoptera	Gripopterygidae	Detritívoro
	Perlidae	Depredador ³
Trichoptera	Calamoceratidae	Fragmentador ³
	Glossosomatidae	Raspador-ramoneador ¹
	Helicopsychidae	Colector- recolector ³
	Hydrobiosidae	Raspador-ramoneador ³
	Hydroptilidae	Colector- recolector ³
	Hydropsychidae	Colector- filtrador ³
	Leptoceridae	Detritívoro ¹
	Odontoceridae	Colector – recolector ¹
	Polycentropodidae	Depredador ¹

¹Merrit & Cummins, 1996, ²Tomanova *et al.*, 2006y ³Chará-Serna *et al.*, 2010.

Se obtuvo que la riqueza de familia estuvo conformada por siete GFA incluyendo a los indeterminados, solo en EM27 se presencié cinco GFA. La EM16 obtuvo mayores individuos (N) con 2974 y la menor cantidad de individuos EM24 con 140. Con respecto al índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') la EM11 presentó una mayor diversidad siendo su valor 1,73. La EM4 y EM 5 fue la que evidencio menor diversidad con un índice 0,62. Con respecto al índice de Índice de Equidad de Pielou (J'), podemos decir que la mayor equidad estuvo en EM11 con un valor de 0,89 y la menor diversidad estuvo en la EM4 y EM5 con valor de 0,32. En cuanto al índice de dominancia Berger-Parker(d) podemos señalar que la EM4 se encontró la mayor dominancia con un valor de 0,85 y menor dominancia se presentó en EM11 con un índice de dominancia de 0,26.

Tabla 5. *Riqueza de grupos funcionales alimentarios.*

	GFA	N	H'	J'	d
EM1	7	460	1,06	0,54	0,66
EM2	7	451	1,36	0,70	0,49
EM3	7	1625	0,77	0,39	0,78
EM4	7	1220	0,62	0,32	0,85
EM5	7	1462	0,62	0,32	0,82
EM6	7	623	1,30	0,67	0,52
EM7	7	1110	1,42	0,73	0,45
EM8	6	581	1,29	0,72	0,47
EM9	7	430	1,51	0,77	0,36
EM10	7	779	1,46	0,75	0,55
EM11	7	583	1,73	0,89	0,26
EM12	7	1826	1,53	0,79	0,36
EM13	7	1505	1,38	0,71	0,44
EM14	7	1107	1,32	0,68	0,50
EM15	7	1512	1,37	0,70	0,50
EM16	7	2974	1,05	0,54	0,69
EM17	6	288	1,37	0,76	0,48
EM18	7	709	1,61	0,83	0,39
EM19	7	441	1,09	0,56	0,63
EM20	7	937	1,42	0,73	0,41
EM21	7	1690	1,32	0,68	0,55
EM22	7	1304	1,48	0,76	0,40
EM23	7	563	1,35	0,69	0,50
EM24	7	140	1,58	0,81	0,43
EM25	6	306	1,51	0,84	0,32
EM26	7	288	1,45	0,75	0,39
EM27	5	851	1,29	0,80	0,42

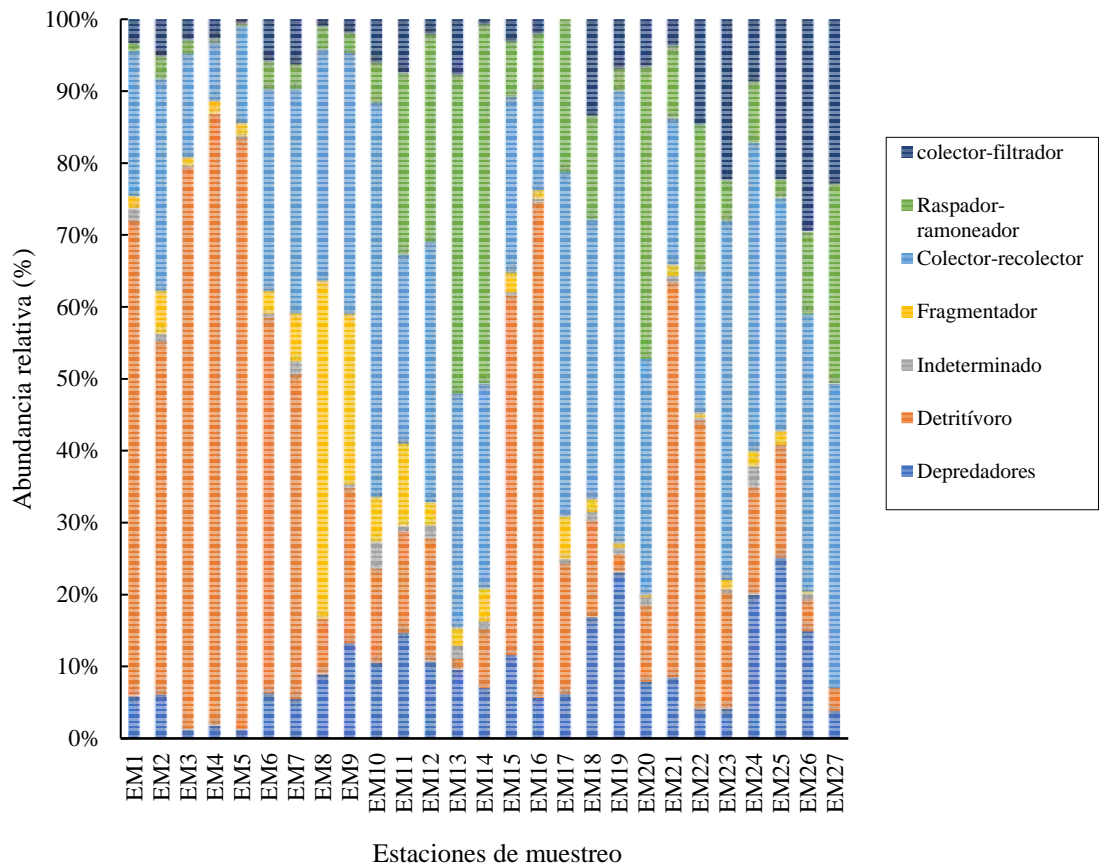


Figura 6. Abundancia relativa de los grupos funcionales tróficos en la microcuenca del río Olla.

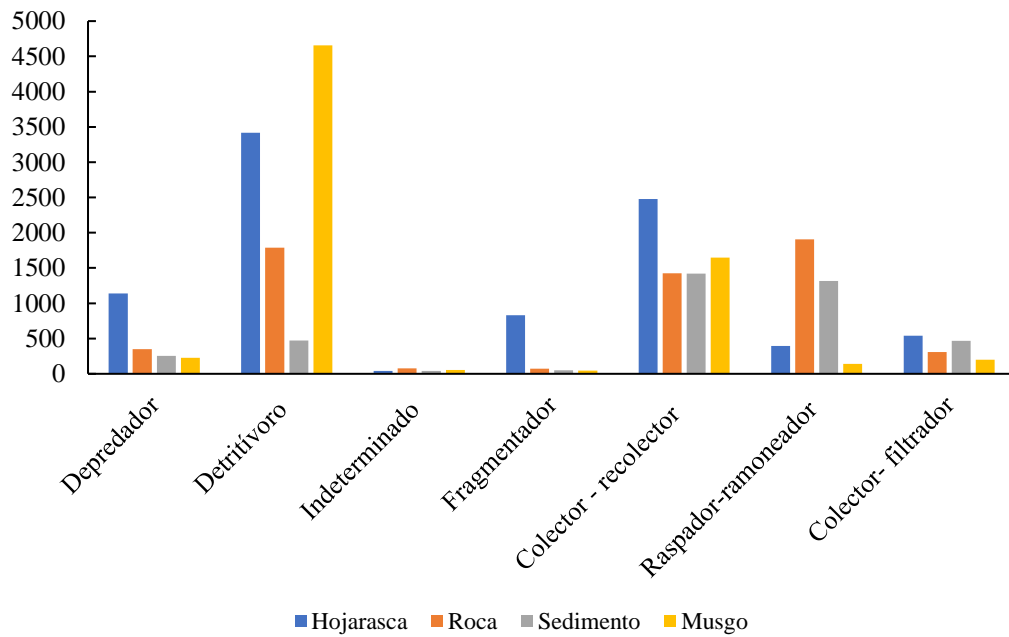


Figura 7. Relación de los grupos funcionales alimentarios con el tipo hábitat.

La relación de los GFA y los tipos hábitat (Figura 5), el grupo de los detritívoros se encuentra mayormente en musgo y hoja, los colectores- recolectores dominan el hábitat hojarasca y musgo, los fragmentadores tiene una mayor aparición el hábitat hojarasca, los raspadores- ramoneadores dominan el hábitat de roca y sedimento, los colectores-filtradores y depredadores están más presentes en el hábitat de hojarasca. Lo que existe una relación con el tipo de alimentación de cada uno de los GFA.

5.3. Caracterización de la calidad ecológica del agua mediante Índice BMWP/Col.

Con respecto a la calidad ecológica del agua los resultados muestran que en las veintisiete estaciones de muestreo tienen un puntaje > 101 según el índice BMWP/Col, lo que corresponde a la categoría I, calidad buena lo que significa aguas muy limpias a limpias (Tabla 5).

Tabla 6. Calidad ecológica del agua en las 27 estaciones de muestreo de la microcuenca del río Olia según el índice BMWP/Col.

Estaciones de Muestreo	Puntaje BMWP/Col	Calidad ecológica del agua
EM1	129	Buena
EM2	154	Buena
EM3	175	Buena
EM4	153	Buena
EM5	138	Buena
EM6	145	Buena
EM7	154	Buena
EM8	140	Buena
EM9	123	Buena
EM10	170	Buena
EM11	173	Buena
EM12	205	Buena
EM13	184	Buena
EM14	168	Buena
EM15	180	Buena
EM16	176	Buena
EM17	103	Buena
EM18	175	Buena
EM19	118	Buena
EM20	147	Buena
EM21	186	Buena
EM22	152	Buena
EM23	133	Buena
EM24	104	Buena
EM25	145	Buena
EM26	137	Buena
EM27	135	Buena

VI. DISCUSIÓN

El total de taxones registradas en la Microcuenca del río Olia fue de 54, las cuales están categorizadas en 14 órdenes y 52 familias, con 25765 macroinvertebrados colectados. La familia más abundante fueron Leptoceridae, Glossosomatidae y Baetidae, las menos representativas estuvieron representados por Amphizoidea, Haliplidae, Hydrophiloidea, Tabanidae, Sarcophagidae, Hydromotridae, Coelophoridae, Cosmopterigidae y Neargyactis. Estos resultados, en términos de abundancia de individuos resultan mayores al compararlos con los obtenidos por Rodríguez-Barrios, Ospina-Tórres y Turizo-Correa, (2011) en el río Gaira, Colombia, con 11167 individuos, sin embargo, registraron 109 taxones, distribuidos en 12 órdenes, 52 familias de macroinvertebrados, ambos estudios reflejan una gran diversidad. Las comunidades de macroinvertebrados se caracterizan por una elevada diversidad taxonómica (Alonso y Camargo, 2005). Esta alta diversidad está influenciada principalmente por la disponibilidad de alimento (Roldán, 1988). Pude deberse a que estos ríos tienen buenos mecanismos de autodepuración que permiten la supervivencia de las comunidades macroinvertebrados acuáticos (Fierro *et al.*, 2012 como se citó en Morelli y Verdi, 2014).

Las estaciones con mayores densidades de macroinvertebrados bentónicos correspondieron a la estación de muestreo16 (EM16) con 33044,4 ind.m⁻² y EM13 con 20288,9 ind.m⁻², mientras que la menor densidad fue la EM25 con 1555,6 ind.m⁻², siendo Leptoceridae la familia más abundante de la EM16 con 22488,9 ind.m⁻². Valores reportados por Gualdoni y Oberto (2012) en el río Quevedo, Ecuador, se asemejan al EM13, cuya densidad fue 20123,63 ind.m⁻², pero los grupos más abundantes pertenecieron al orden Ephemeroptera y Diptera, sin embargo lo contrario sucede con Ferrú y Fierro (2015), que obtuvo valores inferiores, la mayor densidades de macroinvertebrados correspondieron a Molinos con 19506 ind.m⁻², mientras que la menor densidad fue la estación Ancolacane con 241 ind.m⁻², la familia Chironomidae correspondió a la familia más abundante en el área de estudio.

Los seis GFA estuvieron presentes en los 27 puntos de muestre de la Microcuenca del río Olia. Bejarano (2008), mencionan que la diversidad de los grupos funcionales está influenciada por la cantidad de hábitat disponible siendo que algunos grupos explotan diversos recursos alimenticios. Tundisi, Rocha, Matsumura-Tundisi & Braga (1998) menciona que el mantenimiento de la diversidad de los hábitats es de importancia suprema para la conservación de la diversidad biológica.

Los GFA, la gran parte de la Microcuenca del río Olia estuvo representada por colectores-recolectores, dominando las 12 de las 27 estaciones de muestreo, pertenecientes a EM9, EM10, EM11, EM12, EM17, EM18, EM19, EM23, EM24, EM25, EM26 y EM27, mientras que el grupo de los detritívoros dominaron 11 las estaciones restantes EM1, EM2, EM3, EM4, EM5, EM6, EM7, EM16, EM17, EM21 y EM22, los raspadores-ramoneadores estuvieron dominando tres de las estaciones faltantes EM13, EM14 y EM20. Los resultados obtenidos por Diaz *et al.*, (2016), en la microcuenca Dalí-Otún, Colombia, en el periodo de lluvias son similares con primer GFA colectores-recolectores que domina la Microcuenca del río Olia, la dominancia de este GFA se vincula con el aumento del transporte de materia orgánica particulada fina (MOPF), lo que es habitual en época de precipitaciones. Así mismo Ferrú y Fierro (2015) cuenca del río Lluta, Chile. obtuvo que los GFA colectores-recolectores fue el más representativo en 10 de las 12 estaciones, mientras que el grupo de los ramoneadores dominaron en las dos estaciones más cercanas a la desembocadura. Por tal Chará- Serna *et al.*, (2010); Montaña, Meza y Dias (2012), sostienen que la importancia de la materia orgánica particulada (alimento de organismos colectores- recolectores) radica en ser la fuente de alimento de mayor disponibilidad para la entomofauna, asociada con ecosistemas acuáticos altoandinos. Además, el dominio de colectores-recolectores y detritívoros según Wallace & Webster (1996), es debido a que ambos interactúan para obtener sus alimentos, es decir, los detritívoros van a descomponer la materia orgánica gruesa, volviéndole en materia orgánica fina, que sirve de alimento a los colectores-recolectores e incluso a los colectores-filtradores. Sin embargo, los colectores- recolectores han sido reportados como los grupos más frecuentes en ríos del hemisferio sur (Chará-Serna *et al.*, 2010, Miserendino & Pizzolon,

2003), debido a que se alimentan de materia orgánica particulada (< 1 mm), la presencia de materia orgánica son características de una vegetación ribereña y natural siempre verde, lo que probablemente este estudio tuvo su origen en ella (Castellaro *et al.*, 2004). Por su parte, individuos con hábitos de alimentación fragmentadora estuvieron escasamente representados en este estudio. Resultados similares a los registrados en la cuenca del río Loa, Chile, por Palma *et al.*, (2013), debido posiblemente a la escasa materia orgánica gruesa (> 1 mm) importada hacia el río. La presencia de los raspadores- ramoneadores dominaron tres EM (EM13, EM14 y EM20), según Chará- Serna *et al.*, (2010) estos grupos funcionales alimentarios se ubican en las estaciones más bajas altitudinalmente, siendo su principal fuente de alimento las algas bentónicas.

En cuanto a la calidad ecológica, la Microcuenca del río Olia presentó 14 órdenes las más representativas correspondieron: 27% de Coleoptera, 23% de Diptera, 16% de Trichoptera y un 8% de Ephemeroptera. En este caso, la presencia de los órdenes Coleoptera, Diptera, Trichoptera y Ephemeroptera y es mínima o casi nula al compararla con los resultados reportados por Rosado *et al.*, (2017) en el río Quevedo, Ecuador; según Roldán (2003); Giacometti y Bersosa (2006) estos órdenes poseen familias que mayoritariamente pertenecen a la clase I de indicadores de buena calidad (de “aguas limpias”). Después de la aplicación de los índices BMWP/Col para la microcuenca del río Olia (Tabla 5) se observó que el puntaje mayor 205 en la EM12, y el menor puntaje se ubica en la EM 17 con 103, sin embargo se observa que todos los valores obtenidos en las veintisiete EM tienen un puntaje > 101 , lo que corresponde a la categoría I, calidad buena lo que significa aguas muy limpias a limpias. Resultados que coinciden con los estudios realizados por Gamarra *et al.*, (2016) en la Microcuenca El Chido y las quebradas Allpachaca y Lindapa, Amazonas, lo cual obtuvieron un puntaje promedio según índice BMWP/Col de 116, 127 y 145 respectivamente, catalogándolas aguas de buena calidad.

VII. CONCLUSIONES

- Se determinó la diversidad de macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a la Microcuenca del río Olia, la cual está compuesta con un total 54 taxones, las cuales están categorizadas en 14 órdenes y 52 familias, con 25765 macroinvertebrados acuáticos colectados. Las familias más representativas fueron: Leptoceridae, Glossosomatidae (Trichoptera), Baetidae (Ephemeroptera), Elmidae (Coleoptera) y Perlidae (Plecoptera).
- Los grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados bentónicos se clasificaron en seis, los cuales fueron: detritívoro, colector-recolector, colector-filtrador, fragmentador, raspador-ramoneador y depredador, los grupos alimentario que predominaron en las veintisiete estaciones de muestreo fueron los detritívoros y colectores- recolectores.
- Se determinó la calidad ecológica del agua de la Microcuenca del río Olia utilizando el índice BMWP/Col, perteneció a la categoría I, debido a que los valores obtenidos en las veintisiete EM tienen un puntaje > 101 , lo que corresponde a una calidad buena (aguas muy limpias a limpias).

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreo en época seca (junio-setiembre) para poder comparar con los resultados obtenidos.
- Llevar el estudio a una identificación a nivel de especie, para asegurar que la identificación es correcta.
- Tomar este estudio como una línea de base para investigaciones próximas correspondientes a la conservación de los ecosistemas acuáticos y desarrollo de la vida en un ambiente saludable.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, J. (2007). Ecología somos naturaleza. Comunidades bióticas. Recuperado de blogspot.pe.html.
- Almazán-Juárez, M. T., Almazán-Juárez, Á., Carreto-pérez, B. E., & Hernández, E. (2016). Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México Water quality and classification of uses in the lower Papagayo river basin , Guerrero , Mexico Área de Estudio. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(9), 293–305.
- Alonso, A., y Camargo, J. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*.
- Anze, R., Franke, M., Zaballa, M., Pinto, M., Zeballos, G., Cuadras, M., Canseco, Á., De La Rocha, A., Estellano, V., y Del Granado, S. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Redesma*.
- Barrantes, E., y Alfaro, A. (2016). Costa Rica demands an integral management of the water resource ;, 17(35), 1–26.
- Barba-Álvarez, R., De La Lanza-Espino, G., Contreras-Ramos, A., & González-Mora, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: Casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 381–383. Doi:10.7550/rmb.31037
- Bejarano, E. (2008). Palmar de las islas y laguna salinas de ravelo, en el parque nacional Kaa Iya Santa Cruz – Bolivia (Tesis de grado para optar el título de: Licenciada en Ciencias Biológicas). Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Facultad de Ciencias Agrícola, Bolivia.
- Bergeron, S., Boopathy, R., Nathaniel, R., Corbin, A., & LaFleur, G. (2015). Presence of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes in raw source water and treated drinking water. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 102, 370–374. Doi: 10.1016/j.ibiod.2015.04.017

- Bernal, H., Sierra, C., Angulo, M., y Onaindia, M. (2009). Amazonia y Agua: Desarrollo sostenible en el siglo XXI. Manaus Brasil: Servicio Editorial de laUnesco Etxea.
- Bouchard, R. W., Jr. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. Recuperado de <https://dep.wv.gov/WWE/getinvolved/sos/Documents/Benthic/UMW/Contents.pdf>
- Bundschuh, M., Hahn, T., Ehrlich, B., Hölting, S., Kreuzig, R., & Schulz, R. (2016). Acute Toxicity and Environmental Risks of Five Veterinary Pharmaceuticals for Aquatic Macroinvertebrates. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 96, 139–143. Doi: 10.1007/s00128-015-1656-8
- Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., Zúiga, M. del C., Pedraza, G. X., & Giraldo, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera Colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27–36. Doi:10.11144/javeriana.SC15-1.tcoa
- Castellaro, G.; Ullrich, T.; Wackwitz, B.; Raggi, A. 2004. Composición botánica de la dieta de alpacas (*Lama pacos* L.) y llamas (*Lama glama* L.) en dos estaciones del año, en praderas altiplánicas de un sector de la Provincia de Parinacota, Chile. *Agricultura Técnica*, 64(4): 353-364.
- Cummins, K. W., & Klug, M. J. (1997). Feeding ecology on stream invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10: 147-172. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2096788> .
- Córdova-Tapia, F., y Zambrano, L. (2015). a diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 24(3), 78–87. Doi: 10.7818/ECOS.2015.24-3.10
- Díaz, Á. M., Corredor, L. O., Fernández, Y. N., & Riaño, N. A. (2016). Macroinvertebrados Acuáticos en un Arroyo Tropical (Colombia), 425–433. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a19.pdf>

- Dominguez, E., y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo, 656 pp.
- Esri. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Ferrú, M., y Fierro, P. (2015). Estructura de macroinvertebrados acuáticos y grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama, Arica y Parinacota, Chile. *Idesia*, 33(4), 47–54. Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000400007>
- Gamarra, O., Yalta, J., Salas, R., Alvarado, Ll., & Oliva, M. (2016). Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca. *Revista UNTRM. Amazonas - Perú*. Disponible en formato digital en <https://www.google.com.pe/search>
- Girardo, L. P., Chará, J., Zúñiga, M., Chará, A. M., y Pedraza, G. (2014). Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 203–219. Doi:10.15517/rbt.v62i0.15788
- Giacometti, J.C., y F. Bersosa. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2: 17-32.*
- Gualdoni, C. M., y Oberto, A. M. (2012). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados del arroyo Achiras (Córdoba, Argentina): análisis previo a la construcción de una presa, 102(2), 177–186
- Guevara-mora, M., Pedreros, P., Urrutia, R., & Figueroa, R. (2016). Effects of agricultural water withdrawal in the fluvial habitat of benthic macroinvertebrates in Chile, 26(3), 373–382. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00373.pdf>

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001). IPCC. Anexo B. Glosario de términos. Informe de Síntesis - Cambio Climático 2001. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/taripcc-terms-sp.pdf>
- Ladrera, R., Rieradevall, M., y Prat, N. (2013). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. *Revista de Didáctica 11*, (2013), 19. Recuperado de http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- Lavorel, S., & Garnier, E. (1998). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545–556. Doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x
- El Salvador, M. (2008). La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales, 10. Recuperado de: <http://www.fao.org/climatechange/3032907fbeat2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins, 1996. Trophic Relationships of Macroinvertebrates. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.
- Miserendino M.L., & Pizzolon, L.A. (2003). Distribution of macroinvertebrate assemblages in the Azul-Quemquemtreu river basin, Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37(3): 525-539.
- Montaño, M., Meza, A., y Dias, L. 2012. La colección entomológica CE- BUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 16 (2): 173-184
- Morales, (2011). ¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Leticia, Colombia.
- Morelli, E., y Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1160–1170. Doi:10.7550/rmb.45419

- Orijel, R. G., Ortuño, I. S., Levy, P. B., Miguel, A., Baqueiro, F., & Martorell, C. (2008). Grupos funcionales. *Capital Natural de México, I*, 365–412. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n131>
- Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). FAO. Ecología y enseñanza rural. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s09.htm#TopOfPage>
- Palma, A.; González-Barrientos, J.; Reyes, C.; Ramos-Jiliberto, R. 2013. Biodiversidad y estructura comunitaria de ríos en las zonas árida, semiárida y mediterránea-norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86(1): 1-14.
- Prat, N., M. Rieradevall, y P. Fortuño. (2012). Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos Mediterráneos. Barcelona: Universidad de Barcelona Recuperado de http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/fem_%20prot_cast_2012.pdf
- Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Tórres, R., & Turizo-Correa, R. (2011). Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), pp.1537–1552.
- Roldan, P. G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia.
- Roldan, (1998). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23(88): 375-387.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP/Col. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&dq=calidad+del+agua&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi9_4jo8pDNAhWM6CYKHSX4CsAQ6AEIQDAC#v=onepage&q&f=false
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista*

de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales, 40(155), 254. Doi:10.18257/raccefyn.335

- Rosado, Á. Y., Bolívar, Á., Yanez, Y., Pablo, J., Zambrano, U., Carolina, D., & Cabezas, M. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador, 10, 27–34.
- Ruza Rodríguez, J. (15 de octubre de 2008). El concepto de Estado ecológico: Indicadores biológicos utilizados. Recuperado de ocw: <http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/lectura-obligatoria-1/leccion12/ruza-rodriguez-j-2008.pdf>
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición biológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*. Vol.; 16. N° 2, 45-63.
- Statzner, B., Hildrew, A. G., & Resh, V. H. (2001). Species traits and environmental constraints: entomological research and the history of ecological theory. *Annual Review of Entomology*, 46(1), 291-316.
- Silva Ramírez, B. (Coord.) y Juárez Aguilar, J. (2013): Manual del modelo de documentación de la Asociación de Psicología Americana (APA) en su sexta edición: México, Puebla: Centro de Lengua y Pensamiento Crítico UPAP.
- Tomanova, S., Goitia, E., & Helešic, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556(1), 251–264. Doi: 10.1007/s10750-005-1255-5
- Tundisi, J., O. Rocha, T. Matsumura-Tundisi & B. Braga. 1998. Reservoir management in South America. *Water Resource Development*, 14: 141-155
- Vanegas, W. Y G. 2004. Aspectos tróficos y ecológicos de los macroinvertebrados acuáticos. *Ecological Explores*. Vol.1 N° 1. Recuperado de <http://pima.webpin.com/imagesnew2/0/0/0/1/0/5/6/3/7/9/Capitulo%20Macroinvertebrados%201.pdf>
- von Schiller, D., Acuña, V., Aristi, I., Arroita, M., Basaguren, A., Bellin, A., ... Elosegi, A. (2017). River ecosystem processes: A synthesis of approaches,

criteria of use and sensitivity to environmental stressors. *Science of the Total Environment*, 596-597, 465-480. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.081

Villon, M. (2002). Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Lima (Perú).

Wallace, J.B. & J.R. Webster. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 41: 115-139

ANEXOS

ANEXO N° 1. Formulario de recolección de datos en campo

HOJA DE CAMPO		<i>Grupo F.E.M.</i>	
Fecha:	Hora:	río:	Estación:
Operario:			
Tipos de microhábitat			
Hojarasca			
Roca			
Sedimento			
Musgo			
Descripción visual del punto de muestreo			
Parámetros físicos			
pH:	Oxígeno Disuelto (mg/L):	T°:	
Conductividad eléctrica (S/m):	Profundidad (cm):	Caudal(L/s):	
Vel (cm/s):			
Coord.s GPS:			

ANEXO N°2. Familias de macroinvertebrados acuáticos por el índice BMWP/Col

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae.	10
Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae. Lymnessiidae, Odontoceridae,	
Ollgoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae,	9
Leptophlebiidae. Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae,	8
Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae. Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae,	7
Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohephidae,	
Naucoridae, Notonectidae, Planariidae. Psychodidae, Scirtidae	
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnolibidae, Lutrochidae,	6
Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae.	5
Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae,	4
Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae	
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophillidae, Physidae, Tiplidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae. Sciomyzidae	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldan 2003

ANEXO N° 3. Clasificación de grupos funcionales alimentarios según Merrit & Cummins (1996)

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN GENERAL PARA RELACIONES TRÓFICAS DE INSECTOS ACUÁTICOS				
Grupo Funcional (Categoría general basada en el mecanismo de alimentación)	Subdivisión del Grupo Funcional		Ejemplo de los taxones	Tamaño general de partículas gama de alimentos
	Comida dominante	Mecanismo de alimentación		
Detritívoros	<ul style="list-style-type: none"> - Tejido vegetal hidrofítico vascular viviente - Descomposición de tejidos vegetales vasculares y madera - materia orgánica en partículas gruesas (CPOM) 	<ul style="list-style-type: none"> -Herbívoros: masticadores y mineros de macrófitos vivos. -Detritívoros: masticadores, perforadores de madera y gougers. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trichoptera:</i> <i>Phryganeidae</i>, <i>Leptoceridae</i> - <i>Plecoptera:</i> <i>Nemouridae</i>, <i>Peltoperlidae</i> - <i>Diptera:</i> <i>Tipulidae</i>, - <i>Trichoptera:</i> <i>Limnephilidae</i>, <i>Lepidostomatidae</i> -<i>Amphipoda</i> 	>1
Colectores <ul style="list-style-type: none"> - Colectores filtradores - Colectores recolectores 	Descomposición de partículas finas de materia orgánica (FPOM)	<ul style="list-style-type: none"> -Detritívoros: filtros o suspensores -Detritívoros, recolectores o depósitos (sedimentos) alimentadores (incluye alimentadores de película de superficie). 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trichoptera:</i> <i>Hydropsychidae</i>, - <i>Diptera:</i> <i>Simuliidae</i> - <i>Ephemeroptera:</i> <i>Ephemeridae</i> -<i>Diptera:</i> <i>Chironominae</i> 	<1
Raspadores-Ramoneador	Periphyton: algas adheridas y material asociado	Herbívoros - raspadores de pastoreo de superficies minerales y orgánicas. Chupan los contenidos de las células de algas	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trichoptera:</i> <i>Glossosomatidae</i> - <i>Coleoptera:</i> <i>Psephenidae</i> -<i>Ephemeroptera:</i> <i>Heptageniidae</i> 	<1
Fragmentadores - Herbívoro		Herbívoros: fragmentan en partículas más gruesas los maderas, hojas.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trichoptera:</i> <i>Hydroptilidae</i> 	>1
Depredadores	Tejido animal vivo	<ul style="list-style-type: none"> - Los carnívoros atacan presas, perforan tejidos y células y chupan fluidos - Carnívoros: ingiere animales enteros (o partes). 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Hemiptera:</i> <i>Belostomatidae</i> <i>Naucoridae</i> - <i>Odonata</i>, - <i>Plecoptera:</i> <i>Perlidae</i> -<i>Megaloptera:</i> <i>Corydalidae</i> <i>Sialidae</i> 	>1

ANEXO N° 4. Clasificación de GFA por literatura de apoyo

Orden	Familia	Autor	GFA
Acari		Roldan, 1998	Depredador
Amphipoda	Hyalellidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Detritívoro
Haplotoxida		Tomanova <i>et al.</i> , 2006	detritívoro
	Amphizoidea		Indeterminado
	Chrysomelidae	Fernández y Domínguez, 2010	Fragmentador
	Dytiscidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Depredadores
	Elmidae	Tomanova <i>et al.</i> , 2006	Colector-recolector
	Gyrinidae	Merrit & Cummins, 1996	Depredador
			Raspador-ramoneador
	Haliplidae	Escudero Oscoz, 2009	Depredadores
Coleoptera	Hydrophilidae	Merrit & Cummins, 1996	Indeterminado
	Hydrophiloidea		Indeterminado
	Hydroscaphidae		Indeterminado
	Noteridae	Merrit & Cummins, 1996	Depredadores
			Raspador-ramoneador
	Psephenidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Fragmentador
			-herbívoro
	Ptilodactylidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Detritívoro
	Scirtidae	Escudero Oscoz, 2009	Detritívoro
	Staphylinidae	Merrit & Cummins, 1996	Depredadores
			Colector-filtrador
	Blephariceridae	Roldan, 1998	Depredadores
	Ceratopogonidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector-recolector
	Chironomidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector-recolector
			Colector-recolector
	Dixidae	Merrit & Cummins, 1996	Fragmentador
	Empididae	Merrit & Cummins, 1996	Colector-recolector
Diptera	Psychodidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Indeterminado
	Sarcophagidae		Colector-filtrador
			Colector - recolector
	Simuliidae	Tomanova <i>et al.</i> , 2006	Depredadores
	Stratiomyidae	Merrit & Cummins, 1996	Colector-recolector
	Tabanidae	Tomanova <i>et al.</i> , 2006	Colector-recolector
			Colector-recolector
	Tipulidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector-recolector
	Baetidae	Merrit & Cummins, 1996	Colector - recolector
Ephemeroptera	Leptohiphidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector - recolector
	Leptophlebiidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector - recolector
			Raspador-ramoneador
	Oligoneuriidae	Escudero Oscoz, 2009	Raspador-ramoneador
Gastropoda	Lymnaeidae	Roldan, 1998	Raspador-ramoneador
	Veliidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Depredadores
Hemiptera	Hydromotridae		Indeterminado
	Naucoridae	Tomanova <i>et al.</i> , 2006	Depredadores
Lepidoptera	Arctiidae		Indeterminado

ANEXO N° 4. Clasificación de GFA por literatura de apoyo

	Coelophoridae		Indeterminado
	Cosmopterigidae		Indeterminado
	Neargyractis		Indeterminado
Megaloptera	Corydalidae	Merrit & Cummins, 1996	Depredadores
Nepomorpha	Belostomatidae		Indeterminado
Odonata	Aeshnidae	Tomanova <i>et al.</i> , 2006	Depredadores
Plecoptera	Gripopterygidae	Roldan, 1998	Detritívoro
	Perlidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Depredadores
	Calamoceratidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Fragmentador -herbívoro
	Glossosomatidae	Merrit & Cummins, 1996	Raspador- ramoneador
	Helicopsychidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector- recolector
Trichoptera	Hydrobiosidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Raspador- ramoneador
	Hydroptilidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector- recolector
	Hydropsychidae	Chará-Serna <i>et al.</i> , 2010	Colector- filtrador
	Leptoceridae	Merrit & Cummins, 1996	Detritívoro
	Odontoceridae	Merrit & Cummins, 1996	Colector - colector
	Polycentropodidae	Merrit & Cummins, 1996	Depredadores

ANEXO N° 5. Familias con sus respectivos puntajes según BMWP/Col

Orden	Familia	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col
Acari		9	
Amphipoda	Hyalellidae	1369	7
Haplotaxida		104	1
	Amphizoidea	1	
	Chrysomelidae	2	4
	Dytiscidae	5	9
	Elmidae	1627	6
	Gyrinidae	8	9
	Haliplidae	1	4
Coleoptera	Hydrophilidae	37	3
	Hydrophiloidea	1	
	Hydroscaphidae	11	
	Noteridae	17	4
	Psephenidae	242	10
	Ptilodactylidae	144	10
	Scirtidae	217	7
	Staphylinidae	144	6
	Blephariceridae	2	10
	Ceratopogonidae	5	3
	Chironomidae	198	2
	Dixidae	4	7
	Empididae	32	4
Diptera	Psychodidae	47	7
	Sarcophagidae	1	
	Simuliidae	289	8
	Stratiomyidae	2	4
	Tabanidae	1	5
	Tipulidae	218	3
	Baetidae	2515	7
Ephemeroptera	Leptohyphidae	1198	7
	Leptophlebiidae	272	9
	Oligoneuriidae	17	10
Gastropoda	Lymnaeidae	258	4
	Veliidae	21	8
Hemiptera	Hydromotridae	1	
	Naucoridae	3	7
	Arctiidae	195	
Lepidoptera	Coelophoridae	1	
	Cosmopterigidae	1	
	Neargyractis	1	
Megaloptera	Corydalidae	38	6
Nepomorpha	Belostomatidae	7	5
Odonata	Aeshnidae	4	6

ANEXO N° 5. Familias con sus respectivos puntajes según BMWP/Col

Plecoptera	Gripopterygidae	4	
	Perlidae	1590	10
	Calamoceratidae	822	10
	Glossosomatidae	2994	7
	Helicopsychidae	29	8
	Hydrobiosidae	248	9
Trichoptera	Hydroptilidae	18	7
	Hydropsychidae	1224	5
	Leptoceridae	8640	8
	Odontoceridae	839	10
	Polycentropodidae	87	9

ANEXO N° 6. Recolección de datos en campo



Fotografía 4. Microcuenca del río Olia.



Fotografía 3. Microhábitat musgo.



Fotografía 2. Colecta de macroinvertebrados con la red surber.



Fotografía 1. Las muestras obtenidas fueron depositadas en una bolsa blanca, con alcohol de 70 %.

ANEXO N° 7. Trabajo de laboratorio



Fotografía 1. Muestras de macroinvertebrados del río Olia.



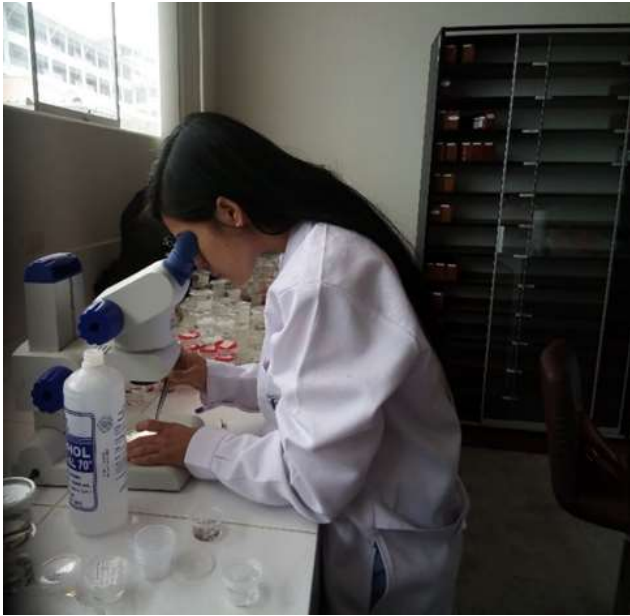
Fotografía 2. Limpieza de las muestras de macroinvertebrados.



Fotografía 3. Limpieza del microhábitat musgo.



Fotografía 4. Muestras etiquetadas y conservadas con alcohol.



Fotografía 5. Identificación (orden y familia) de los macroinvertebrados acuáticos.



Fotografía 6. Macroinvertebrados identificados según orden y familia.

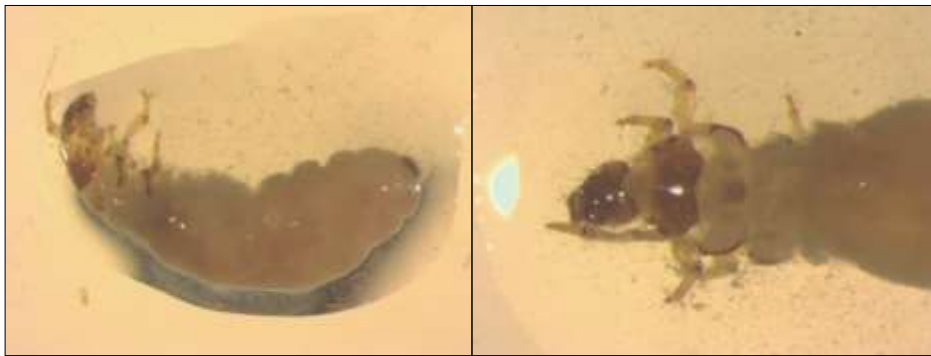


Fotografía 7. Museo de macroinvertebrados del río Olia.

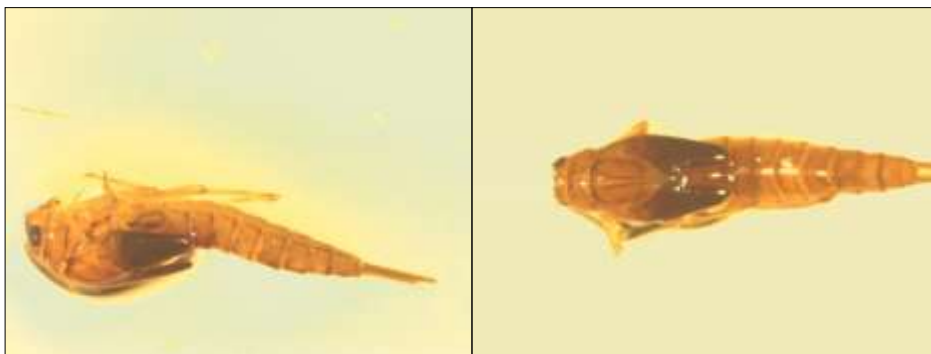
ANEXO N° 8. Macroinvertebrados más representativos de la microcuenca del río Olia.



Fotografía 1. Individuos del orden: Trichoptera, familia: Leptoceridae.



Fotografía 2. Individuos del orden: Trichoptera, familia: Glossosomatidae



Fotografía 3. Individuos del orden: Ephemeroptera, familia: Baetidae.



Fotografía 4. Individuos del orden: Coleoptera, familia: Elmidae



Fotografía 5. Individuos del orden: Plecoptera, familia: Perlidae.



Fotografía 6. Individuos del orden: Amphipoda, familia: Hyalellidae.



Fotografía 7. Individuos del orden: Trichoptera, familia: Hydropsychidae.



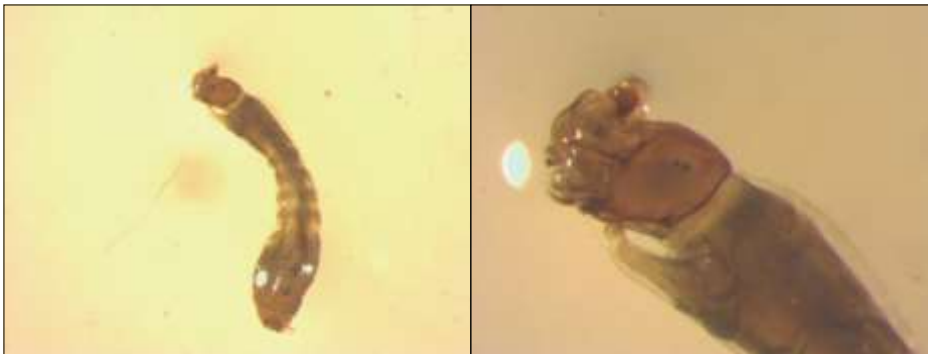
Fotografía 8. Individuos del orden: Ephemeroptera, familia: Leptohyphidae



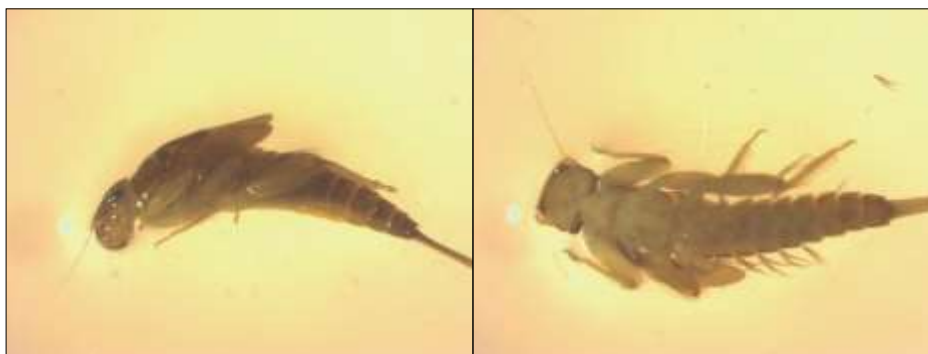
Fotografía 9. Individuos del orden: trichoptera, familia: Odontoceridae.



Fotografía 10. Individuos del orden: Trichoptera, familia: Calamoceratidae.



Fotografía 11. Individuos del orden: Diptera, familia: Simuliidae.



Fotografía 12. Individuos del orden: Ephemeroptera, familia: Leptophlebiidae.