



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DEL ESTADO
BIOLÓGICO DE LAS AGUAS DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTORES:

ALEXANDRA ELIZABETH GONZABAY LÓPEZ

AMBAR ISABEL REYES MUÑOZ

TUTOR:

BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO M. Sc.

LA LIBERTAD – SANTA ELENA – ECUADOR

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**

CARRERA DE BIOLOGÍA

MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DEL ESTADO
BIOLÓGICO DE LAS AGUAS DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTORES:

ALEXANDRA ELIZABETH GONZABAY LÓPEZ

AMBAR ISABEL REYES MUÑOZ

TUTOR:

BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO M. Sc.

LA LIBERTAD – SANTA ELENA -- ECUADOR

2023

DEDICATORIA

De manera más sincera quiero dedicar este trabajo a Dios, que otorgó fuerzas, vida y sobre todo la inteligencia para cursar los estudios universitarios.

A mi padre, Fernando Reyes, a mi tía, Mariana Reyes, por su apoyo y confianza brindada en este largo camino.

Con todo mi amor, también dedico este trabajo a mi madre, Santa Muñoz Suárez que desde el cielo ha sido mi fuerza y valentía para seguir adelante día con día, del mismo modo a mi abuela materna, Señora Emperatriz Suárez, que, gracias a su manera de quererme, apoyarme y escucharme, he llegado a una etapa más de mi vida, por siempre ser la persona en la que podía recargar de fuerzas, por eso y mucho más, este trabajo es dedicado a ella.

Y, por último, pero no menos importante, a mis amigos de la universidad y de mi comunidad por ser parte de este proceso de formación académica, parte de mis risas, llantos y sobre todo por ser parte de mí.

AMBAR ISABEL REYES MUÑOZ

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a Dios quien ha sido mi guía, además me ha dado fortaleza y sabiduría para culminar esta meta propuesta.

A mi padre, Sr. Antonio Gonzabay que desde el cielo ha sido el motor principal para cumplir una meta más en mi vida, a mi madre Sra. Teresa López quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han apoyado económica y moralmente en este proceso, gracias por inculcar en mí el ejemplo de amor, pasión y fortaleza ante las distintas adversidades que se han presentado. Este logro es principalmente para ustedes.

A mis amigos por su cariño, locuras y apoyo incondicional durante este periodo de mi vida, por estar conmigo en todo momento, gracias por apoyarme cuando más los necesite, por extender su mano en momentos difíciles, por el cariño brindado cada día (ustedes son lo más bonito que me pudo pasar durante estos 5 años).

ALEXANDRA ELIZABETH GONZABAY LÓPEZ

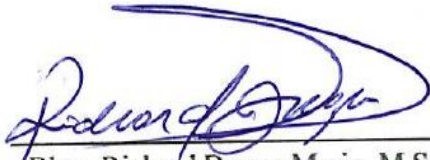
AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a los docentes que forman parte de la Facultad ciencias del mar de la carrera biología por el apoyo que han brindado a lo largo de la carrera universitaria, en especial al Biólogo tutor Xavier Piguave Preciado por depositar en nosotras la confianza en este último punto de nuestra vida universitaria.

Así mismo al especialista en entomología acuática, el Biólogo Mauricio Herrera por ayudarnos en la validación de las identificaciones de nuestros organismos estudiados.

A nuestra amiga y compañera Arely Ángel por su apoyo y ayuda incondicional prestada en cada uno de los muestreos realizados.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marin, M.Sc.

DECANO DE LA FACULTAD CIENCIAS
DEL MAR



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA
DE BIOLOGÍA



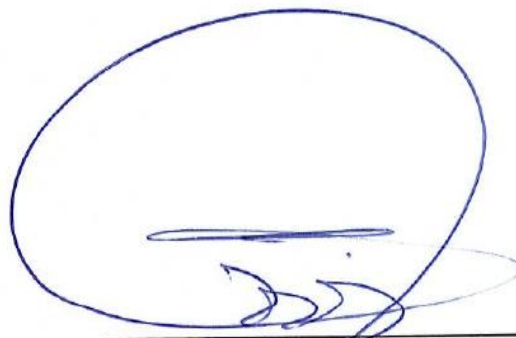
Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

DOCENTE TUTOR



Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M.Sc.


DOCENTE DE ÁREA



Abg. Luis Alberto Castro Martínez, Mgs.

SECRETARIO GENERAL-PROCURADOR


TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marin, M.Sc.
DECANO



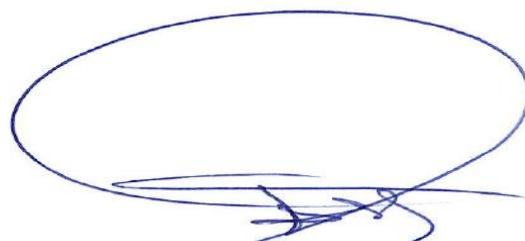
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR



Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.
DOCENTE TUTOR



Blga. Ana Balseca Vaca, M.Sc.
DOCENTE DE ÁREA



Abg. Luis Alberto Castro Martínez, Mgs.
SECRETARIO GENERAL-PROCURADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los contenidos, datos, ideas y resultados expuestos en este documento, corresponden exclusivamente a las autoras y el patrimonio intelectual de las mismas, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa intelectual vigente.



Alexandra Elizabeth Gonzabay López
C. I: 2400251514



Ambar Isabel Reyes Muñoz C. I: C. I:
0928192368

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURA	1
GLOSARIO	2
RESUMEN	3
CAPÍTULO I	4
1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3.1. Formulación del problema	11
5. OBJETIVOS	12
5.1. OBJETIVO GENERAL	12
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
6. HIPÓTESIS	13
CAPÍTULO II	14
7. MARCO TEÓRICO	14
7.1. GENERALIDADES DE LOS RÍOS	14
7.1.1. DEFINICIÓN DE RÍO	14
7.1.2. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS	14

7.1.3.	DISTRIBUCIÓN DE LOS RÍOS EN ECUADOR.....	15
7.1.4.	FACTORES BIÓTICOS QUE INFLUYEN EN EL RÍO.....	16
7.1.5.	FACTORES FÍSICOS QUE INFLUYEN EN EL RÍO	17
7.2.	USO DE TÉCNICAS Y MÉTODOS BIOLÓGICOS PARA CALIDAD DE AGUA	18
7.3.	CALIDAD DE AGUA	19
7.4.	BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA	21
7.5.	MACROINVERTEBRADOS	22
7.6.	IMPORTANCIA ECOLOGÍA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ..	24
7.7.	PRINCIPALES ÓRDENES	26
7.8.	PARÁMETROS FÍSICO-QUIMICO DE LA CALIDAD DE AGUA	33
7.9.	ÍNDICES BIOLÓGICOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS	38
CAPÍTULO III.....		43
8.	MARCO METODOLÓGICO	43
8.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	43
8.2.	ESTACIONES DE MUESTREO.....	44
8.4.	IDENTIFICACIÓN BIOLÓGICA.....	47
8.5.	UTILIZACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS	48
CAPÍTULO IV		50
9.	RESULTADOS	50

9.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS	50
9.2. PORCENTAJE POBLACIONAL ENCONTRADO EN CADA TRANSECTO	53
9.3. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS	57
9.4. ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA LOS MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS	58
9.5. CORRELACION ENTRES LOS PARAMETROS FISICOS-QUIMICOS Y LOS DISTINTOS ORDENES ENCONTRADOS	60
9.5.1. Orden Megaloptera	61
9.5.2. Orden Odonata	63
9.5.3. Orden Coleoptera	65
9.5.4. Orden Trichoptera	67
9.5.5. Orden Ephemeroptera	69
9.5.6. Orden Mesogastropoda	71
9.5.7. Orden Decapoda.....	73
9.5.8. Orden Diptera.....	75
9.5.9. Orden Tricladida	77
9.5.10. Orden Hemiptera.....	79
9.6. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN A TRAVÉS DEL ÍNDICE BMWP.....	81

9.7. ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN EL SITIO DE STUDIO	84
CAPÍTULO V.....	86
10. DISCUSIÓN	86
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
11.1. CONCLUSIONES.....	89
11.2. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sitios de muestreos, transectos	41
Tabla 2. Publicaciones, libros y claves que ayudaron a la identificación del componente biológicos del estudio.....	44
Tabla 3. Orden, familias y géneros de macroinvertebrados encontrados en el río de San Vicente de Loja, Olón.....	47
Tabla 4. Índices ecológicos por transectos del río de San Vicente de Loja, Olón....	54
Tabla 5. Familias de macroinvertebrados con su respectivo indicador de calidad de agua.....	77
Tabla 6. Calidad biológica del agua – Índice BMWP	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados encontrados en el río de San Vicente de Loja, Olón.....	48
Gráfico 2. Porcentaje poblacional correspondiente al transecto 1	49
Gráfico 3. Porcentaje poblacional del transecto 2	50
Gráfico 4. Porcentaje poblacional del transecto 3	51
Gráfico 5. Porcentaje poblacional del transecto 4	52
Gráfico 6. Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados	54
Gráfico 7. Índice de Shannon para cada transecto	55
Gráfico 8. Índice de Simpson para cada transecto.....	56
Gráfico 9. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Megaloptera.....	58

Gráfico 10. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Megaloptera.....	60
Gráfico 11. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Coleoptera.)	62
Gráfico 12. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Trichoptera.....	64
Gráfico 13. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Ephemeroptera.....	66
Gráfico 14. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Mesogastropoda.....	68
Gráfico 15. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Decapoda.....	70
Gráfico 16. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Diptera.....	72
Gráfico 17. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Tricladida.....	74
Gráfico 18. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Hemiptera.....	76
Gráfico 19. Niveles de calidad de agua por transecto	80

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Demarcaciones hidrográficas del Ecuador y señalización del río de Olón, San Vicente de Loja	15
Figura 2. Mapa de la ubicación del área de estudio, delimitación del sitio de muestreo	40
Figura 3. Medición del lugar de muestreo en cada transecto	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Fichas de las partes morfológicas para su identificación	103
Anexos 2. Separación y cuantificación del material biológico recolectado	113
Anexos 3. Obtención de pH.....	113
Anexos 4. Registro de los individuos encontrados en los transectos	113
Anexos 5. Obtención de la temperatura en los transectos	113
Anexos 6. Rotulación de los envases para recolección de muestras de agua.....	114
Anexos 7. Calculo y recolección del material biológico para su respectiva identificación.....	114
Anexos 8. Uso de la red surber para la recolección de macroinvertebrados	114
Anexos 9. Observación e Identificación de los macroinvertebrados con ayuda de guías taxonómicas	115

ABREVIATURA

BMWP: Biological Monitoring Working Party.

pH: Potencialidad Ión Hidrógeno.

TDS: Total de sólidos disueltos.

DBO: Demanda biológica de oxígeno.

DQO: Demanda química de oxígeno.

R²: Coeficiente de determinación.

GPS: Sistema de Posicionamiento Geográfico.

GLOSARIO

Abundancia: Simboliza el número de organismos encontrados dentro de un lugar en específico.

Antropogénico: Acción del ser humano que influye de forma negativa en el medio natural.

Transecto: Rectángulo empleado en un lugar para calcular ciertos parámetros de un determinado hábitat.

Red surber: Redes que se emplean en las investigaciones de evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en ambientes lóticos.

Parámetros fisicoquímicos: Datos interpretativos de los indicadores biológicos.

In situ: Expresión latina que significa, en el lugar o en el sitio.

MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DEL ESTADO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN.

Autor: Alexandra Elizabeth Gonzabay López

Autor: Ambar Isabel Reyes Muñoz

Tutor: Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

RESUMEN

Los macroinvertebrados son importantes para dar a conocer el estado biológico de las aguas de los distintos ambientes fluviales, por lo mismo, el presentetrabajo se efectuó para Evaluar la calidad del agua del río de San Vicente de Loja, Olón a través de las variables físico, químicas y biológicas (macroinvertebrados: moluscos, crustáceos e insectos) considerando la presencia, ausencia y tolerancia parala determinación de los valores de contaminantes existentes en el lugar. Se llevó a cabo durante 4 meses y en cuatro transectos, en la cual, se realizó análisis fisicoquímicos del nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fosfatos, alcalinidad y oxígeno disuelto, asimismo, la temperatura y pH que fueron tomados *in situ*. Para lasmuestras biológicas se utilizó la red de surber colocándolas en sentido opuesto a la corriente y removiendo los sustratos con las manos. Se identificaron 10 órdenes y 19familias con un total de 4020 individuos, el orden Ephemeroptera con 1.417 individuos que fue el más abundante, mientras el orden Díptera solo presentó 18 individuos pertenecientes a la familia Tipulidae, incluso a nivel de transectos el ordenEphemeroptera continuó siendo el más representativo. Por ende, el índice biológico BMWP manifestó que el rio de San Vicente de Loja, Olón se encuentra con valores o rango de 115, situándose en la clase I, mientras que el índice de Shannon da una mayor diversidad en el transecto 4 (T4) cuyo valor de 1.898 bits/ind. y el índice de dominancia de Simpson presentó datos en el nivel más alto en el T4 con de 0.815, enla correlación entre parámetros físicos-químicos y la presencia de los macroinvertebrados se obtuvieron datos donde estos influyen de manera positiva como negativa en algunos compuestos analizados, tomando en cuenta que el BMWPregistra una calidad de agua buena para el sector.

Palabras claves: Macroinvertebrados, correlación, índices biológicos, parámetros

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades acuáticas son testigos de la degradación ambiental de la escorrentía superficial, ya que demuestran que existe varios tipos de contaminación generando preocupación a nivel mundial, incluso muchas especies se están viendo afectadas por este grave problema ambiental por lo cual se ven obligadas a moverse a otros sitios menos afectados.

Los aspectos biológicos han adquirido gran importancia en el estudio de los ecosistemas acuáticos, debido a que las variables fisicoquímicas dan información rápida del estado del agua, sin embargo, la información dada solo es al momento del registro a diferencia del material biológico que refleja la información por periodos más extensos (Rivas, 2016).

Roldán (2016) expresa que, la conformación de las poblaciones de macroinvertebrados da a conocer la calidad de los diferentes medios acuáticos; por tanto, los métodos de evaluación apoyados en estos organismos han sido utilizados ampliamente durante varias décadas como parte fundamental del monitoreo en la calidad de agua. Así mismo Gómez (2020) indica que los indicadores biológicos como los macroinvertebrados esquematizan la información del medio ambiente en el

que habitan, es por ello, que su contribución al análisis de la calidad de los ecosistemas acuáticos resulta un dato esencial de distintos tipos de mediciones al igual que ofrecen los parámetros fisicoquímicos.

Sabiendo que, ciertos organismos son generalmente estenoicos, lo que los vuelve sensibles al no soportar las condiciones ambientales impuestas, desaparecen, y su lugar es ocupado por poblaciones de organismos tolerantes a estos cambios; al mismo tiempo, los organismos eurioicos o tolerantes desaparecen cuando las condiciones mejoran, permitiendo que los anteriores aparezcan nuevamente, por esta razón, los cambios de la estructura y composición de las poblaciones indicadoras consiguen demostrarse como caracteres indudables de los tensores ambientales (Roldán-Pérez, 2016).

El beneficio de la utilización de los macroinvertebrados es que, para empezar, no es preciso realizar la identificación a nivel de especie, para emplear los índices, de hecho, basta con ejecutar el reconocimiento de grupos taxas más sencillos. Normalmente se identifican a nivel de familias, para lo cual solo se necesitan, como mucho, una lupa manual de campo de diez aumentos, y una guía de macroinvertebrados (González, 2013).

Cabe destacar que los análisis biológicos poseen la ventaja de realizar integraciones

temporales y espaciales, efectuar estudios de bioacumulación, otorgar soluciones a contaminaciones puntuales y crónicas, y medir el deterioro del ecosistema; como desventajas, están las dificultades de estandarización y cuantificación, así mismo, la sensibilidad temporal baja (Roldán, 2003).

En la zona de estudio no existen investigaciones previas relacionadas con la biodiversidad existente en el lugar, por lo tanto, los estudios sobre macroinvertebrados son nulos, dando mayor importancia a los posibles resultados. La falta de estudios relacionados al cuidado del río de San Vicente de Loja, de la comuna de Olón es un grave problema teniendo en cuenta que su uso es importante para la conservación del ecosistema, la poca o nula información sobre la calidad de agua genera un impacto negativo ya que el recurso hídrico es de suma importancia para el desarrollo sostenible de la comuna, por lo que deberían tomarse en cuenta el siguiente trabajo investigativo como un inicio para su conservación.

Basados en lo expuesto, el presente estudio tiene el propósito de evaluar la calidad del agua del río de San Vicente de Loja, Olón a través de variables físico, químicas y biológicas considerando la presencia, ausencia y tolerancia para la determinación de los valores de contaminantes existentes en el área de estudio, a su vez, se puede incluir el grado de polución existente, considerando la importancia que tienen los ecosistemas acuáticos, de igual permitirá demostrar como los macroinvertebrados proporcionan información pertinente sobre la calidad del agua, ya que según estudios

realizados han mencionado su eficacia, debido que, algunas especies requieren agua de buena calidad para sobrevivir; mientras otros, pueden adaptarse, crecer, y asentarse a un determinado ambiente contaminado.

2. JUSTIFICACIÓN

La calidad del agua es parte fundamental para todos los organismos existentes en el planeta, elemento que garantiza la supervivencia de las especies, por ello es necesario evaluarla constantemente sabiendo que el agua proveniente del río de San Vicente de Loja, Olón se usa para diferentes actividades como: agricultura, ganadería e incluso turismo que pueden alterarla.

Por este motivo el estudio de los macroinvertebrados es crucial para conocer el impacto que puede tener, ya que a través de investigaciones realizadas en varios lugares del Ecuador y a nivel mundial, se ha comprobado que son organismos tolerantes a ciertas respuestas o cambios bruscos en el ambiente por lo que son excelentes indicadores biológicos de la calidad del agua. Tal como Hellawell et al. (1986), indica que, su tamaño relativamente grande permite el análisis a simple vista, su muestreo no es difícil o requiere equipos costosos, su ciclo de vida es lo suficientemente largo como para permanecer en las vías fluviales durante algún tiempo para detectar cualquier cambio y su diversidad. Proporciona múltiples tolerancias para diferentes parámetros de contaminación.

La metodología está enfrascada en análisis de material biológico, haciendo económicamente tentativo y factible para realizar de modo eficiente el estudio,

considerando que no se utiliza materiales o reactivos de alto valor económico, además, se puede aplicar la metodología de una forma fácil y simple según los criterios de autores.

Los resultados, métodos y técnicas que se realizaron y obtuvieron de la investigación ejecutada tiene como beneficiarios a la comunidad, considerando que los resultados serán entregados de manera física con la información específica del estado de contaminación en el río San Vicente de Loja, de igual manera se usarán como base para futuras investigaciones, destacando el impacto científico y ecológico que otorgaría sobre la conservación de los recursos naturales en la comunidad debido a que no ha sido investigada de forma intensiva.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comunidad de Olón es un lugar con gran potencial para el desarrollo del ecoturismo, esta posee una diversidad de flora y fauna que se debe a la ubicación geográfica privilegiada dentro de la cordillera Chongón Colonche, que le proporciona una variedad de microclimas que benefician la conservación de estos recursos que deben ser aprovechados de manera efectiva para el bien de la colectividad de Olón (Ponce, 2018). Sin embargo, esto no ha sido suficiente para que las distintas autoridades tomen iniciativas para fomentar las investigaciones sobre el estado del medio dulce acuático de la región, sabiendo que este es un componente importante, dado que muchos de los organismos presentes son la base para la cadena alimenticia, es decir, existe una relación entre organismos. La presencia de población a su alrededor implica factores que pueden alterar el ecosistema, debido a sustancias que son derramadas o vertidas en los diferentes puntos de las riberas o en los ríos, además los distintos usos que le dan como, por ejemplo: En el lavado de autos, ropa y desperdicio de los turistas, entre otros.

La variedad de macroinvertebrados bentónicos del río San Vicente de Loja, Olón, son trascendentales para determinar la calidad del agua, gracias a que, estas pueden verse amenazados por los diferentes cambios que ocurren en este ecosistema, teniendo que adaptarse o trasladarse a zonas menos afectadas según las condiciones de la especie.

3.1. Formulación del problema

¿Cuál es el grado de contaminación que existe en el río de san Vicente de Loja, Olón a través de los factores físicos-químicos y biológicos de los macroinvertebrados?

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río de San Vicente de Loja, Olón a través de las variables físico, químicas y biológicas, considerando la presencia, ausencia y tolerancia de los macroinvertebrados para el registro de la contaminación existente en el lugar.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los componentes biológicos (moluscos, crustáceos, artrópodos e insectos) existentes como bioindicadores de la calidad de agua mediante claves taxonómicas, guías de identificación de las muestras colectadas.
- Comparar los resultados obtenidos de los parámetros físicos- químicos con los organismos identificados a través del coeficiente de correlación de Pearson para el análisis de los datos
- Determinar el grado de polución de cada transecto y del área en general según el índice BMWP.
- Plantear estrategias para la reducción de la contaminación existente en el lugar de estudio.

6. HIPÓTESIS

Las macroinvertebrados pueden permitir una mayor comprensión sobre la situación ambiental del río San Vicente de Loja de Olón, debido a que según su distribución manifiestan, que pueden o no estar asociados con la percepción del deterioro ambiental en el área de estudio, la hipótesis es:

H₀: Los parámetros físicos-químicos y biológicos permiten obtener resultados positivos en la calidad del agua del río San Vicente de Loja, Olón., considerando el grado de contaminación obtenido.

CAPÍTULO II

7. MARCO TEÓRICO

7.1. GENERALIDADES DE LOS RÍOS

7.1.1. DEFINICIÓN DE RÍO

Un río es generalmente perteneciente a los ecosistemas de agua dulce, emana por medio de la superficie de la tierra hasta una masa grande de agua, que normalmente es el mar, no obstante, la creciente de un río se dirige pendiente abajo por la gravedad y hace lo posible por llegar hasta el mar u océano, ya que estos son los que están “al nivel del mar”, en tierras bajas (Geoenciclopedia, 2022).

La cantidad de agua que fluye en un río, es decir su descarga, varía con el espacio y el tiempo y estas variaciones determinan el régimen hidrológico de una fuente de agua. El espacio fluvial es el territorio que le pertenece al río para su correcto funcionamiento, debe ser preservado tanto para mantener su régimen de corrientes como para acomodar sus avenidas periódicas y extraordinarias, con el fin último de mantener su buen estado ecológico (Hernández, 2018).

7.1.2. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS

La cantidad, diversidad y regularidad de las aguas de los ríos son importantes para los animales, las plantas y las personas que viven cerca de ellos, dado que, sustentan

ecosistemas diversos y valiosos, no solo porque el agua dulce mantiene la vida, sino también porque conserva una rica diversidad de plantas e insectos que forman la base de las cadenas alimentarias.

Los ríos son ecosistemas dinámicos, complejos e integradores, con múltiples conexiones con otros ecosistemas: longitudinales, laterales y verticales; el caudal, es posiblemente la variable más importante de los ríos puesto que delimita su estructura, morfología, las tasas de sus procesos ecosistémicos y su diversidad biológica (Encalada,2010). Es decir, deberían tomar medidas en cuanto el cuidado de los ríos y sus cuencas, ya que el manejo irresponsable o el uso excesivo del agua puede tener consecuencias catastróficas para los ecosistemas fluviales.

7.1.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS RÍOS EN ECUADOR

Los ríos más grandes de la costa ecuatoriana son los de la provincia de Esmeraldas y Guayas, ríos que nacen desde la Cordillera de los Andes y constituye en la divisoria (parteaguas) de las vertientes del Pacífico y del Amazonas (Campos, 2016). Así mismo en la provincia de Santa Elena los principales ríos son; en los límites con Manabí está Ayampe, San Vicente de Loja, Olón (Fig. 1), San José, Comuna Manglaralto, Caridad de la comunidad Cadeate, Libertador Bolívar, La Ponga, Valdivia, Zapote, San Pablo, etc. (Prefectura de Santa Elena, 2009).

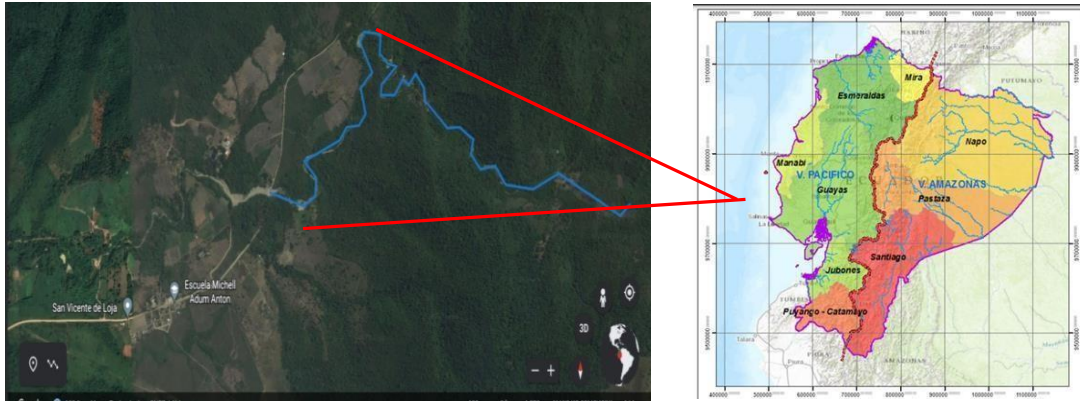


Figura 1. Demarcaciones hidrográficas del Ecuador y señalización del río de Olón, San Vicente de Loja.

Fuente: (INEC), Google Earth; modificado por Gonzabay y Reyes (2023)

7.1.4. FACTORES BIÓTICOS QUE INFLUYEN EN EL RÍO

Los componentes bióticos y abióticos interactúan continuando con patrones complicados. Es así, en diversos ríos, al disminuir el caudal reduce la velocidad del agua, favoreciendo a la invasión de especies de macrófitas; éstas reducen la rapidez del agua dando como resultado una modificación a la forma del cauce, así mismo, se da una incrementación del sedimento (Sabater,2009). Como factores bióticos tenemos:

Biofilm: Es la combinación de bacterias, algas, hongos y microorganismos pequeños que se encuentran en una película a lo largo del río.

Productores primarios: Perifiton y fitoplancton constituyen a las algas, fuentes importantes de la producción primaria en la mayoría de los ríos y arroyos.

Microorganismos: En las aguas lólicas existen bacterias.

Peces y otros vertebrados: Habitantes mejor conocidos en los sistemas lólicos, además de taxones de vertebrados como reptiles, anfibios, salamandras, mamíferos y varias especies de aves.

Insectos y vertebrados: Incluyen órdenes como Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, Plecoptera, Odonata y Coleoptera.

7.1.5. FACTORES FÍSICOS QUE INFLUYEN EN EL RÍO

La importancia de conocer la variabilidad de los factores físicos y químicos de los ríos radica en la influencia de estos sobre la biodiversidad a diferentes niveles espaciales y la falta de este conocimiento dificulta la identificación de los patrones de distribución de los organismos (Villamarín, 2014). Como factores principales son:

La luz: Proporciona la energía necesaria para promover la producción primaria mediante la fotosíntesis.

Temperatura: La mayor parte de los organismos lólicos son poiquiloterms ya

que con su temperatura interna varía con su entorno.

Flujo de agua: La unidireccional del flujo de agua es un factor clave en los sistemas lóticos que influyen en la ecología, el flujo de la corriente puede ser intermitente o continuo.

7.2. USO DE TÉCNICAS Y MÉTODOS BIOLÓGICOS PARA CALIDAD DE AGUA

El monitoreo de cuerpos de agua utilizando indicadores biológicos ha sido una preocupación constante a lo largo del tiempo, la cual busca utilizar elementos del ambiente como indicadores para conocer las causas de las modificaciones ocurridas en el ambiente, en gran medida producto de las actividades humanas (Marin, 2018).

Álvarez (2005), menciona que las primeras primicias por determinar el deterioro ecológico causado por los residuos industriales y domésticos en los cuerpos de agua fueron ejecutadas en el siglo XIX, encontrando relaciones entre ciertas especies y el grado de la calidad del agua, acto seguido, se utilizaron los microorganismos para este mismo propósito ya en el siglo XX, donde sentaron las bases del sistema saprobio para Alemania. Posteriormente, Patrick diseñó técnicas biológicas para estimar las circunstancias ecológicas de las corrientes (Marin, 2018). En los años cincuenta y sesenta se empezó a propagar el significado de biodiversidad de especies fundados

en índices matemáticos procedentes de la teoría de la investigación Shannon y Weaver (Pérez, 2005).

En la década de los años ochenta y noventa se empieza a extender el uso de estos índices y a plantear otros nuevos o reformas de los ya existentes, se introduce el concepto de Índice de Integridad Biológica (IBI), desarrollan en Maryland (USA) métodos rápidos de evaluación del agua usando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, Alba-Tercedor adoptan el uso de los macroinvertebrados en los programas de estimación de la calidad del agua en el país de España, Townsend califica la alteración de las aguas con relación a las características y riqueza de las especies (Flores, 2005).

En los tiempos actuales el uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta de apoyo para conocer la calidad del agua, no con esto quiero decir que se deje a un lado los monitoreos físicos químicos para evaluar la calidad del agua, el uso de los indicadores biológicos “macroinvertebrados” simplifica aún más las actividades de campo y de laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de captura y la identificación de las especies de acuerdo al índice biológico que se desea ocupar y que puede estimar la calidad del agua que se tiene en un punto determinado (Andrade, 2011).

7.3. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es un factor descriptivo primordial del medio acuático, tanto de la posición de su carácter ambiental, como desde el punto de vista de la gestión hidrológica y planificación, ya que define la aptitud del agua para conservar los diferentes ecosistemas y enfrentar las diversas demandas, por su parte, la característica del agua puede modificarse tanto por factores externos como causas naturales (Palou, 2000).

La disminución de la calidad del agua se ha convertido en un problema mundial de preocupación a medida que la población humana crece, las actividades industriales y agrícolas se expanden y el cambio climático amenaza con causar importantes alteraciones del ciclo hidrológico (Obilonu, 2013). Los problemas de calidad del agua son multifacéticos, complejos y merecen acción inmediata, además de atención mundial, sin embargo, tanto las actividades humanas y los procesos naturales afectan la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

Una de las actividades más importantes para la gestión del recurso hídrico es el monitoreo periódico de los cuerpos de agua, esta actividad permite la detección temprana de cambios en la calidad del recurso, no obstante, el monitoreo no es sólo hacer mediciones: la comunicación en los resultados es importante porque implica

una retroalimentación, y, además permite que la información recopilada sea utilizada en las decisiones de gestión (Castro, 2014).

Durante los últimos doscientos años el hombre ha acelerado los procesos de eutrofización, modificando tanto la calidad del agua como la estructura de las comunidades biológicas, debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua (Gamarra & Restrepo, 2012). Es bien conocido el tema del cambio climático, las acciones de los seres humanos han modificado los distintos ecosistemas, incluido el ecosistema acuático, por tal motivo se han desarrollado varios métodos e índices para abordar este problema en un intento de dar cuenta del verdadero estado o grado de variabilidad en los sistemas de agua.

Gamarra y Restrepo detallan que existen análisis basados únicamente en las condiciones químicas, que pueden ser considerados como testigos del estado actual del agua, y el impacto de los contaminantes se detectará si está actualmente planificado, es decir, únicamente los contaminantes reflejados en el análisis fisicoquímico serán identificados, en consecuencia, los resultados son precisos en la dimensión temporal y no revelan mucho sobre la evolución de las cargas de contaminación y la amortiguación y resiliencia de los ecosistemas acuáticos.

7.4. BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA

Un bioindicador es un organismo o conjunto de organismo que tienen requisitos ambientales particulares en relación con un conjunto de condiciones físicas o químicas variables, estas pueden presentar cambios en su presencia, distribución espacial, número, morfología o comportamiento cuando se alteran las condiciones del sistema ecológico (Yáñez, 2018). Yáñez expresa que los bioindicadores desempeñan un papel significativo en la correcta gestión de los recursos hídricos, dentro de estos requerimientos particulares se ha determinado que cada gremio o grupo de macroinvertebrados acuáticos muestra niveles de preferencia o especialización por ocupar microambientes definidos; entre estos: micro fangoso, rocoso, hojarasca, hábitats de arena, arcilla o limo.

La expresión, bioindicador, se usa como un término agregado que se refiere a todas las fuentes de reacciones bióticas y abióticas a los cambios ecológicos, de modo que, en lugar de funcionar simplemente como indicadores del cambio natural, los taxones se utilizan para mostrar los impactos de los cambios naturales del entorno o el cambio ambiental, así como para indicar impactos negativos o positivos, a su vez también pueden detectar cambios en el ambiente debido a la presencia de contaminantes que pueden afectar la biodiversidad del ambiente y las especies presentes en él (Parmar, 2016).

7.5. MACROINVERTEBRADOS

Los macroinvertebrados bénticos, también denominados zoobentos, son aquellos organismos que viven por lo menos parte de su ciclo de vida en el sustrato de una gran diversidad de ecosistemas acuáticos, esta fauna se compone principalmente de anélidos (gusanos), moluscos (caracoles y almejas), crustáceos (camarones y cangrejos) y larvas de insectos; la gran mayoría de los macroinvertebrados tiene un ciclo de vida relativamente corto (generalmente inferior a un año), lo cual simplifica los estudios ecológicos para detectar patrones de distribución temporal (Pouilly, 2004).

Los órdenes más distintivos son: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata Coleoptera y Diptera, por causa de su amplia diversidad taxonómica, sus distintos ciclos de vida y tipo de alimentación otorgan a los macroinvertebrados como buenos indicadores de los ríos, puesto que, brinda una amplia gama de respuestas a las distintas alteraciones ambientales (Barriga, 2020).

Los grupos de macroinvertebrados proveen excelentes indicaciones sobre la calidad del agua, al momento de su uso en los monitoreos, pueden hallar claramente su estado en el que se encuentra: algunas especies requieren una buena calidad de agua para subsistir; en cambio, otros crecen resisten y predominan cuando existe contaminación (Carrera, 2001).

Prat puntualiza que los macroinvertebrados son las especies más usadas en la actualidad como indicadores biológicos por las distintas circunstancias que destacan:

- 1- Poseer una extensa distribución geográfica y en varios tipos de ambientes.
- 2- El gran número de organismos con gran diversidad otorga respuestas a los factores ambientales.
- 3- Generalmente ser sedentarios, permitiendo el análisis en espacio y tiempo de la contaminación.
- 4- En diversas especies, poseer ciclos de vida extendido, ya que, integra en el tiempo los efectos que genera la contaminación.
- 5- Ser posible su muestreo de forma barata y sencilla.
- 6- Su taxonomía por lo general muy atribuida a nivel de familias y géneros.
- 7- Los diferentes taxas y su sensibilidad a las diferentes contaminaciones.
- 9- La utilización de las diferentes especies para las investigaciones en referencia de los efectos de la contaminación.

Cualquiera de las condiciones mencionadas anteriormente puede ser referentes en distintos países de Suramérica, no obstante, los macroinvertebrados son predilectos en diversos países para ser manejados como indicadores biológicos de calidad del agua (Prat, 2002).

7.6. IMPORTANCIA ECOLOGÍA DE LOS MACROINVERTEBRADOS

Los macroinvertebrados son apreciados como una parte trascendental en la cadena alimentaria, especialmente para peces y una gran cifra de invertebrados que se alimentan de algas y bacterias, las cuales se localizan en la parte baja de la cadena trófica, algunos se alimentan de materia orgánica que se están en el agua y otros deshacen hojas para alimentarse (Rivera, 2007). Por la cantidad existente de los macroinvertebrados bentónicos, en la cadena trófica acuática, estos pertenecen a un papel importante en el flujo natural de nutrientes y energías, puesto que, al morir, estos se descomponen esparciendo nutrientes que son utilizados por otros organismos y a su vez por plantas acuáticas (Rivera, 2007).

La tolerancia a la contaminación de los diferentes ordenes de macroinvertebrados incluidos en el índice biótico se apoyan en las concentraciones del oxígeno disuelto en el agua, los organismos se separan en cuatro categorías: sensibles, semisensibles, semitolerantes y tolerantes. A los organismos indicadores en una muestra se les asignan puntajes de acuerdo con su tolerancia o sensibilidad al contaminante. Las puntuaciones de los diferentes grupos muestreados se suman y este valor se utiliza para identificar el estado de contaminación del sitio.

Salinas (2011) detalla que la utilización de los macroinvertebrados béticos como indicadores biológicos de calidad del agua se fundamenta en que cualquier cambio

existente en las condiciones ambientales, se verá reflejado en la organización de las comunidades que en el lugar habitan, por tanto, los macroinvertebrados béticos son la principal opción metodológica para descubrir variaciones anticipadas o de un origen indefinido que se ocasionan en los entornos acuáticos.

7.7. PRINCIPALES ÓRDENES

ODONATA

El orden Odonata comprende los insectos comúnmente conocidos como libélulas y caballitos del diablos, caracterizados por presentar un ciclo anfibiótico, donde la fase inmadura es acuática y la fase adulta es terrestre, estos son insectos hemimetábolos, ampliamente distribuidos en los ambientes acuáticos de todas las regiones del mundo a excepción de la Antártida (Mosquera, 2021). Mosquera detalla que el orden Odonata está conformado por tres subórdenes (Zygoptera, Anisozygoptera y Anisoptera), 24 familias, 600 géneros y un estimado de entre 6000 y 6500 especies.

EPHEMEROPTERA

El orden de los efemerópteros (efímeras) es un grupo de frágiles insectos exclusivamente acuáticos y relativamente primitivos, estas presentan una característica única entre los insectos, la de poseer un estadio terrestre volador (el sub-imago) previo al del adulto sexualmente maduro (Flowers, 2010).

Las ninfas son sus estados larvales que se hallan aproximadamente en todo tipo de masas de agua, si bien en mayor cantidad y diversidad en arroyos de fondos rocosos y ríos, igualmente, los adultos viven a partir de unas cortas horas hasta algunos días, de manera que el encontrarlos en la naturaleza se vuelve difícil, sin embargo, se pueden atraer con luces puestas junto a los ríos, en especial durante el amanecer y al oscurecerse (Flowers, 2010).

El orden Ephemeroptera ha sido considerado por muchos autores como uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua, junto con Plecoptera y Trichoptera, sin embargo, dentro del orden, los diferentes géneros muestran una gran variedad de tolerancias a las condiciones ambientales; por ejemplo, en los Heptageniidae, el género *Epeorus* está limitado a las aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, pero el género *Stenonema* puede encontrarse en ríos tibios, lentos y con alguna contaminación, además, en las familias Baetidae, Caenidae y Leptohyphidae, se encuentran tolerancias amplias a la temperatura y, hasta cierto punto, a la contaminación, no obstante, ninguna especie de Ephemeroptera puede sobrevivir niveles altos de contaminación (Flowers, 2010).

HEMIPTERA

Insectos que se halla en quinto lugar como grupo más grande después de coleóptera, díptera, himenóptera y lepidóptera, la forma de alimentación es de hábitos que van de la fitofagia hasta la depredación, donde también encierran ectoparasitismo y hematofagia, la mayoría son conocidas por ser plagas de plantas cultivables o

silvestres, y hasta por ser vectores de enfermedades al ser humano, existiendo una gran variedad de hemípteros conocidos por su gran diversidad y abundancia entre las cuales tenemos a la Cicadellidae que aproximadamente están reconocidas 22.000 especies, siendo ésta considerada como un bioindicador de gran importancia para la fitosanitaria de los ecosistemas (Córdova, 2019).

PLECOPTERA

Plecoptera es un orden también distinguido como moscas de la piedra, es un grupo relativamente pequeño de insectos, por ejemplo, tenemos a las ninfas de la región centroamericana que se conforman fácilmente por tener dos cercos terminales, branquias torácicas y un par de uñas en cada pata, morfológicamente, tienden a ser confundidas con las efímeras (Ephemeroptera), pero se diferencian de éstas usando una combinación de las características mencionadas anteriormente (Fonseca, 2010).

Al igual que la mayoría de los insectos acuáticos, los plecópteros juegan un papel fundamental en el flujo de energía y reciclaje de nutrimentos hacia el sistema terrestre y en las cadenas tróficas dentro del sistema acuático, además, otra característica importante que poseen los plecópteros es su respuesta a cambios en el ambiente, ya que su sensibilidad generalmente los convierte en indicadores de excelente calidad del agua, esta situación hace que se les incorpore en índices biológicos de calidad de aguas superficiales (Fonseca, 2010).

COLEOPTERA

Los Coleópteros o a su vez conocidos como escarabajos, constituyen un orden de insectos holometábolos distinguido como Coleoptera, conforman un poco más del 40% de la diversidad detallada para Hexapoda en todo el mundo, se percibe entre 360.000 y 400.000 especies puntualizadas en la actualidad, así mismo, de todas las especies que están descritas estas incluyen un cuarto de aquellas, además de ser el orden de animales más diverso a nivel mundial, también es el grupo zoológico con el mayor número de especies de toda la biosfera (Arias, 2020).

Los coleópteros se realzan por presentar variedades morfológicas, característica que les ha permitido establecerse en todo tipo de hábitats y ambientes, tanto en el ambiente dulceacuícola hasta ambientes marinos.

LEPIDOPTERA

La orden lepidóptera junto con coleoptera pertenecen a los órdenes de los insectos de mayor variedad minutería con alrededor de 1800 especies definidas, son un significativo componente de los ambientes biológicos primordialmente el papel de las larvas generalmente como controladores de malezas y adultos como polinizadores (Diez, 2016).

Se caracterizan una amplia variedad de tamaño corporal con una expansión alar de 3

a 300 mm, las larvas de estas especies semiacuáticas y acuáticas se definen por su cabeza esclerotizada bien caracterizada con una sutura epicraneal en representación de “Y” invertida ubicada en la posición dorsal del escleritos a frontales y este matas en número variable las mandíbulas presentan estructuras llamadas hileras dónde secretan la seda y sirve para construir sus capullos y refugios, dentro del orden existen numerosas especies donde sus estadios larvales se evolucionan en el agua, incluso algunos adultos son acuáticos (Diez, 2016).

TRICHOPTERA

Los tricópteros pertenecen a los órdenes de insectos principalmente acuáticos, la totalidad de sus especies dependen del medio acuático para su desarrollo, este orden está relacionado a los lepidópteros, donde los adultos se asemejan a diminutas polillas; no obstante, sus alas en lugar de escamas están cubiertas de pelos y sus piezas bucales están bastante reducidas a los ambientes acuáticos, especialmente ríos y quebradas, los tricópteros juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimenticias, como en el reciclaje de nutrientes; debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas poseen distintos rangos de tolerancias, dependiendo de la familia o el género al que corresponden, son muy útiles para dar a conocer la salud del ecosistema (Springer, 2006).

DECAPODA

Los crustáceos representan un grupo de artrópodos muy importante cuya mayor diversidad ocurre en los ambientes acuáticos, especialmente en los marinos, también

en los dulceacuícolas y pocas familias son terrestres, son un componente muy significativo del ecosistema acuático por su abundancia numérica, biomasa y por formar parte esencial de la cadena trófica (Lasso, 2006).

Por lo que, se refiere a los decápodos, algunos trabajos prueban su sensibilidad ante situaciones de eutrofización generadas por vertidos de aguas residuales con un descenso general de sus abundancias, por ejemplo, en las especies *Diogenes pugilator* y *Galathea intermedia* esto ocurrió en la bahía de Barbate (Cádiz) durante un periodo de mayor impacto antrópico, sin embargo, el poblamiento de decápodos mantuvo una estructura estable, reflejando cierta tolerancia (Ruso, 2017).

MEGALOPTERA

El orden Megaloptera (Insecta) es un grupo holometábolo relativamente primitivo de estrategias de vida generalistas, con una fauna mundial estimada en 300 especies, las larvas de todas las especies son depredadores polífagos (Contreras, 2011). Presentan una distribución ubicua, cerca de cursos de agua necesarios para su desarrollo larvario; por sus exigencias vitales requieren aguas limpias o con poca contaminación, por lo que, en muchos casos, pueden considerarse especies bioindicadores de la calidad de las aguas (Grustán, 2015).

GORDIOIDEA

Los nematomorfos son organismos con un ciclo de vida separado en tres fases;

primero se da una fase larvaria libre, luego una fase juvenil parasita y una tercera fase adulta de vida libre, parasitan artrópodos y de adultos habitan charcas, lagos y ríos, los adultos pueden medir una longitud entre 10 y 70 cm, con un grosor de 0.2 a 3 mm (Tuylen, 2015).

Dentro de la taxonomía los organismos del Phylum Nematomorpha se clasifican dentro del orden Gordioidea, este orden se subdivide en las Familias Gordiidae y Chordodiidae, poseen una distribución cosmopolita, pero se caracterizan por vivir y reproducirse en corrientes de aguas limpias, se adhieren a la vegetación y piedras presentes en las orillas de los ríos (Tuylen, 2015).

TRICLADIDA

Las tricládidas tienen una cavidad del cuerpo gastrovascular y una sola apertura que funciona como boca y ano al mismo tiempo, su cuerpo está cubierto de una mucosidad secretada por glándulas subepidérmicas, el orden Tricladida, perteneciente a la clase Turbellaria, se los encuentra debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, también están en aguas poco profundas, sean aguas corrientosas o estancadas, donde estos organismos aumentan su presencia con la contaminación orgánica (Arcos, 2018).

MESOGASTROPODA

El Orden Mesogastropoda agrupa gasterópodos prosobranquios (con las branquias

por delante del corazón) que han perdido la simetría bilateral interna por reducción de los órganos pares a solo uno (Generalitat Valenciana, 2023). Muchas especies se encuentran en agua dulce, otras en el mar algunas y pocas sobre tierra, por otro lado, una gran cantidad son herbívoros, pero solo pocos son depredadores o parásitos.

7.8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA

Es muy esencial e importante probar el agua antes de que sea utilizado para beber, doméstico, agrícola o industrial. El agua debe ser analizada con distintos parámetros fisicoquímicos. La selección de parámetros para la prueba del agua depende únicamente de con qué propósito vamos a usar esa agua y en qué medida necesitamos su calidad y pureza, a su vez, se debe realizar una prueba para probar su estado físico apariencia tales como temperatura, color, olor, pH, turbidez, total de sólidos disueltos (TDS), etc., mientras que las pruebas químicas deben ser realizadas por su demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza y otros caracteres (Tiwari, 2015).

Los beneficios del uso de métodos físico-químicos se da porque los monitoreos suelen ser fáciles y rápidos por lo que se realiza con mayor frecuencia si se comparan con los métodos biológicos, que se fundamentan en la observación, obtención y medición de comunidades bentónicas; incluso, la recaudación de los organismos debe ser cuidadosa debido a que dependerá al momento del análisis de la calidad del agua, que frecuentemente se usa dicho proceso, a diferencia de los parámetros físicos-químicos,

que se usan para diversos tipos de evaluación (Samboni, 2007).

pH

Su significancia radica en las variaciones de pH que suelen estar asociadas a reacciones biológicas y químicas. Los valores excesivos de pH, como básicos u ácidos fracturan el equilibrio químico del agua ocasionado alteraciones en la flora y fauna por ende la extinción de ciertas especies. Los valores del pH relacionados con la vida se mantienen entre 5.5 y 8.5; incluso para los organismos acuáticos los valores que favorecen su crecimiento oscilan entre 6.0 y 7.2, sin embargo, al sobrepasar estos límites la vida de muchas especies peligra (Tacuri, 2017).

El pH indica los grados de acidez, alcalinidad y basicidad del agua, también, este parámetro origina variación en la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e influye en el grado tóxico de algunos compuestos, como por ejemplo el hidrógeno sulfurado, metales pesados, amoníaco, entre otros (Durán, 2016).

ALCALINIDAD

La alcalinidad del agua es su capacidad de neutralizar ácidos, y es la suma de todas las bases titulables; dicho valor puede variar significativamente según el pH de punto final empleado (Bojaca, 2005). La alcalinidad es la disposición de una propiedad adherida del agua y se puede demostrar en métodos de sustancias específicas

solamente cuando se conoce la composición química de la muestra.

Los constituyentes químicos principalmente de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato, e iones de hidroxilo y estos se originan a partir del dióxido de carbono de la atmósfera y como subproducto de la descomposición microbiana de la materia orgánica y los minerales en origen lítico (rocas y suelos) (Aguilar, 2018).

TEMPERATURA

La temperatura es una de la constante física con mayor relevancia sobre el desarrollo de los fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse. La temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad (Zamora, 2009).

EL OXÍGENO DISUELTO (OD)

Es una de las variables más primordiales en el estudio del medio ambiente acuático en vista de su importante participación en muchas reacciones químicas y biológicas, juega un papel vital en el mantenimiento de la vida acuática y es muy susceptible a los cambios ambientales (Hussein, 2021). Es un factor de mucha importancia en el agua natural tanto como indicador de la salud acuática como la regulación del proceso

metabólico de la comunidad biótica. El oxígeno disuelto de cualquier cuerpo de agua depende de la temperatura, mezcla y aireación del agua, altitud del área y la duración de la luz solar recibida.

NITRÓGENO AMONIAL

Denominado que hace referencia al nitrógeno en forma de amoníaco, se suelen dar por la liberación de aguas domésticas y residuales que contribuyen al incremento de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, perjudicando así la calidad de estas, en términos normales el nitrógeno amoniacal de las aguas superficiales ocasionan la degeneración natural de la materia orgánica que se encuentra en la naturaleza, ya que suele ser un componentes transitorio del agua, al ser parte del ciclo del nitrógeno influye a las actividades biológicas, debido a que es parte natural de la descomposición de los agregados orgánicos (Cabrera, 2004).

Con respecto a las aguas superficiales, estas no deben tener amoníaco, por lo general, la presencia de ion amonio o amoníaco libre se considera como un experimento químico de contaminación peligrosa y reciente, en tanto si el medio es aerobio, este se convierte en nitritos, el nitrógeno total está combinado por el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico, a su vez está conformado por las distintas formas de nitrógeno proporcionados al amonio, nitrato y nitrito (Cabrera, 2004).

NITRATOS

El nitrito y el nitrato son compuestos que se encuentran en la naturaleza y forman parte del ciclo del nitrógeno, el nitrato es la forma oxidada más estable del nitrógeno, el cual puede ser reducido por acción microbiológica a nitrógeno gaseoso, el nitrito puede ser oxidado con facilidad por procesos biológicos o químicos a nitrato, parte del nitrato puede ser absorbido por las plantas o fitoplancton, para formar proteína vegetal (Echeverri, 2014).

Son compuestos de nitrógeno que proviene de fertilizantes, desechos y descomposición de materia orgánica que al actuar como nutriente para las plantas, algas y microorganismos causan efectos en la calidad del agua pudiendo ocasionar eutrofización en el medio acuático según las condiciones (Mejía, 2015).

NITRITOS

El nitrito (NO_2) suele ser un producto intermedio cuando el amonio se transforma en nitrato por organismos microscópicos y, por lo tanto, rara vez se eleva en las aguas durante largos períodos de tiempo, también es un producto intermediario ya que el nitrato se transforma en gas N a través de la desnitrificación (Wall, 2013).

Los nitritos son componentes no deseados para la estructuración de las aguas puras y su uso al servicio público, incluso su ausencia y presencia puede darse a la oxidación

parcial del amoníaco o a la disminución desmedida del nitrato. Los cuerpos de agua que incluyan nitritos en su composición se consideran dudosa o existente de contaminación reciente por cuerpos fecales, además, la nitrificación de los sistemas de distribución puede aumentar la concentración de nitrito, cuyo rango establecido va entre 1,5 mg/l a 0,2 mg/l (Acurio, 2011).

FOSFATOS

Los fosfatos [PO₄⁻] se forman a partir de este elemento (fosforo), su presencia puede provenir de la separación de pesticidas orgánicos que contienen fosfatos, puede existir en solución, como átomos, fracciones disueltos o incluso como micropartículas en los distintos ecosistemas acuáticos (Paucar, 2019).

En los humedales residuales y naturales, el fósforo se manifiesta mayoritariamente en manera de fosfatos, estos son categorizados en: fosfatos condensados (piro, meta y otras polifosfatos), ortofosfatos, y fosfatos enlazados orgánicamente, también, se hallan en soluciones, en átomos, residuos o incluso en cuerpos de las especies acuáticas proveniente de otras fuentes (Uriburu, 2018).

7.9. ÍNDICES BIOLÓGICOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS.

Los índices biológicos son términos numéricos codificados combinados en un solo punto con conocimiento previo de la tolerancia de cada taxón a un índice de

contaminación, el uso de índices bióticos implica incorporar las características deseables del saprobio y la diversidad de índices con medidas cuantitativas de la diversidad de especies e información cualitativa sobre las sensibilidades ecológicas de taxones individuales en una sola expresión numérica, además, se propuso un modelo descriptivo, el Gradiente de Condición Biológica, para describir los impactos de estresores sobre las características ecológicas (Agboola, 2017).

ÍNDICE BMWP

El programa denominado BMWP Biological Monitoring Working Party por sus siglas en inglés se estableció en Inglaterra para el año 1970, usado como un método rápido y sencillo para analizar el estado biológico del agua con ayuda de macroinvertebrados a manera de bioindicadores (Roldán, 2003). Se basa en la identificación de organismos bentónicos hasta llegar nivel de familia solo requiere esfuerzos mínimos, ya que muchos ya están establecidos en guías científicas, además, no genera grandes gastos por lo que se requiere pocas cantidades de dinero, tiempo, existe mucha la información sobre la calidad del agua en los distintos ecosistemas, y los estudios biológicos han adquirido una alta demanda acerca del estudio de los sistemas acuáticos, conforme a que los parámetros fisicoquímicos solo dan una idea puntual del agua mas no lo hace por largos periodos (Montoya, 2011).

Al obtener datos cualitativos como: presencia o ausencia el valor asignado varía entre 1 a 10 según el grado de tolerancia a la contaminación, por lo consiguiente, las familias

más sensibles se les otorga la puntuación de 10 y las menos sensibles o tolerantes a contaminación el valor de 1. Una de las principales ventajas del índice BMWP es que solo se necesita conocer hasta el nivel de familia, el valor se logra a través de la sumatoria total según la puntuación correspondiente a cada familia (Leaño, 2020).

Este índice biológico asigna una puntuación del 1 al 10 que se obtiene sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxa encontrados en las muestras de macroinvertebrados y que se citan en una lista elaborada al respecto, la puntuación determinada de cada taxón está en función del grado de sensibilidad a la polución orgánica o al déficit de oxígeno disuelto provocando que la mayor parte de los ríos y quebradas se vean afectados (Jaramillo, 2007).

ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

El índice de Shannon – Weaver ha sido considerado uno de los más manipulados para cuantificar la biodiversidad de un sitio determinado según la teoría de información para la medida de entropía. Este manifiesta la heterogeneidad de dicha comunidad 2 factores: el primero indica el número de especies presentes y el segundo la abundancia relativa (Pla, 2006).

Reúne en un solo valor la diversidad y la riqueza específica de la especie por lo que el valor obtenido del índice de forma aislada no muestra la importancia relativa de la riqueza, ya que, en un mismo índice de diversidad se puede obtener un grupo con baja riqueza y alta diversidad (Moreno, 2001). Ciertos autores consideran que los

organismos deben ser escogidos al azar y que estas deberán ser representadas en la muestra.

La estimación de estos valores varía entre 0 a 5, es decir, cuando un ecosistema está representado por 1 especie se le da el valor de 0 y cuando existe variedad en especies y estas tienen el mismo número de individuos se indica como logaritmo S (Ante, 2020).

El índice de Shannon-Weaver considera algunos aspectos como: número de individuos según la especie (todos los individuos de dichas especies y que estas estén personificadas en la muestra), la susceptibilidad en cuanto a la abundancia, donde el punto importante es que no afecte la distribución de las especies en el cierto espacio. Este índice proviene de la teoría de la información y calcula la diversidad (Soler, 2012).

De tal modo que:

i es igual al número de individuos de dicha especie.

N es la abundancia relativa (Soler, 2012).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i)$$

ÍNDICE DE SIMPSON

Demuestra la probabilidad donde dos individuos tomados al azar de una muestra determinada correspondan a la misma especie, está íntimamente influenciada por el grado de dominancia de las especies Su valor es contradictorio a la equidad y la diversidad de las especies se puede medir como $1 - \lambda$ (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

donde: p_i es igual a la abundancia proporcional de la especie i , esto significa que el número de individuos de la especie i tiene que estar dividido para el número total de individuos dicha muestra (Moreno, 2001).

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Es una prueba estadística que mide la relación entre dos variables paramétricas, para que se vea representado de una forma adecuada esta debe ser lineal, los valores relacionados a este coeficiente deben tomar un rangos de valores entre +1 a -1, si este valor da 0 indica que no existe relación entre las 2 variables o que esta es nula, si el valor es mayor o se aproxima a 1 indica que existe una relación fuerte entre variables, a vez un valor cercano a -1 indica una correlación fuerte pero negativa de las variables a estudiar, incluso existen casos que explica lo siguiente: cuando aumente el valor de una variable, el valor de la otra variable disminuirá (Ortega, 2023).

CAPÍTULO III

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio fue realizado en San Vicente de Loja, perteneciente a la comuna Olón, se encuentra en las cercanías del límite entre Santa Elena y Manabí, al noroeste de la provincia de Santa Elena dentro del cantón Santa Elena, parroquia Manglaralto a 195 kilómetros de la ciudad de Guayaquil (Morán, 2013).

El estudio se llevó a cabo en el río de San Vicente de Loja, Olón. Cuyas coordenadas son $1^{\circ}47'32''$ S y $80^{\circ}45'21.06''$ O, teniendo una mejor visualización del área de estudio con los diferentes transectos en la ilustración 2.

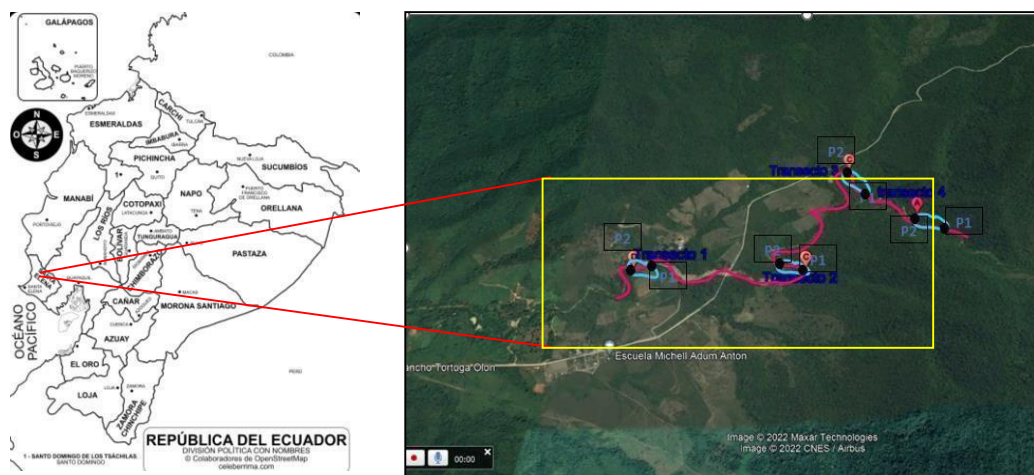


Figura 2. Mapa de la ubicación del área de estudio, delimitación del sitio de muestreo.

Fuente: Google Earth, 2001; modificado por Gonzabay y Reyes (2023)

8.2. ESTACIONES DE MUESTREO

Las estaciones de muestreo fueron 4 (2 en cada transecto) a lo largo del río (Ilustración 2). Se usó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que nos brindó las coordenadas geográficas de cada punto, a continuación, las coordenadas según el transecto (Tabla 1):

Tabla 1.

Sitios de muestreos, transectos.

Sitio de muestreo: río san Vicente de Loja, Olón.	Punto 1		Punto 2	
	Latitud S	Longitud O	Latitud S	Longitud O
Transecto 1	1°46'21,90"	80°42'10,56" O	1°46'21,46"	80°42'7,66"
Transecto 2	1°46'23,45"	80°41'53,64" O	1°46'25,36"	80°41'47,59"
Transecto 3	1°45' 58.89"	80°41'44.41" O	1°45'58,43"	80°41'43,57"
Transecto 4	1°46'10,83"	80°41'30,20" O.	1°46'9,99"	80°41'32.18"

Fuente: Gonzabay y Reyes (2023).

En la figura 3 se muestra las mediciones que se realizaban en cada transecto para posteriormente realizar el respectivo muestreo de los macroinvertebrados.



Figura 3. Medición del lugar de muestreo en cada transecto.

8.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Los muestreos se realizaron de septiembre a diciembre del 2022, ejecutándose 3 muestreos por mes, dos puntos por cada transecto, con un total de 8 puntos por los 4 transectos (1km de distancia entre cada transecto), las cuales fueron agrupadas para el respectivo análisis posterior de los datos.

8.3.1. MUESTRAS DE AGUA

Para el análisis fisicoquímico del agua tales como: nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fosfatos, alcalinidad, oxígeno disuelto, se recolectó una muestra de agua en cada transecto con envases plásticos debidamente rotuladas con el nombre del investigador, la zona de estudio con sus coordenadas y fecha de muestreo. Antes de recolectar cada muestra se esterilizaron con alcohol cada uno de los envases, y se colocaron en dirección opuesta a la corriente a 5 centímetros de la superficie de forma oblicua. Las muestras se conservaron en un cooler con hielo para luego ser transportadas al laboratorio “NUEVA GESTION”, donde se realizaron los respectivos análisis.

En cuanto a los parámetros de temperatura y pH, fueron tomados *in situ*, con ayuda del termómetro de marca Soil Survey instrument y el peachímetro digital Wasser sensor, registrados una vez al mes en cada transecto.

8.3.2. MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS

Las muestras fueron recolectadas en 4 transectos: cada uno de ellos con 2 puntos por transecto, con ayuda de redes de surber de sección rectangular de 50cm. x 40cm. Con malla de 0.5 a 1mm. y 80cm. de largo, se obtuvieron muestras de macroinvertebrados a lo largo del río dentro de un tramo de aproximadamente 20m., entre cada punto de cada transecto, se colocaron las redes en el fondo del río y con la mano removiendo el sustrato en contra de la corriente moviendo el fondo para capturar los macroinvertebrados presentes en el lugar, para esto formamos cuadrantes con un área de 2m² que fueron colocadas en cada sitio de muestreo. Seguidamente se separó y contabilizó el material recolectado usando un colador con diámetro de 12 cm de diámetro, además de colocarlas en bandejas blancas para la observación de las muestras quitando el exceso de materia orgánica, y con ayuda de pinzas entomológicas se recogieron los organismos integrados en estas.

Para la conservación del material, las muestras se guardaron en recipientes de vidrio con alcohol al 70% y glicerina para su preservación, posteriormente identificadas en el lugar o llevadas al laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para su identificación, a través del estereoscopio Boeco Germany y claves de identificación.

8.3.3. MÉTODO DE MUESTREO COMBINADO

La investigación realizada estuvo contextualizada dentro del método cualitativo, pues se realizó una respectiva identificación de los macroinvertebrados encontrados en el río de San Vicente de Loja hasta los niveles taxonómicos de Orden, familia y género, con el apoyo de claves dicotómicas y guías de identificación de diferentes autores.

A su vez estuvo enmarcada al método cuantitativo, puesto que luego de la identificación se procedió al conteo de los organismos acuáticos, tomando en cuenta el área total del sitio de colecta.

8.4. IDENTIFICACIÓN BIOLÓGICA

Con ayuda de claves taxonómicas y guías de identificación de macroinvertebrados acuáticos se identificaron cada una de las muestras biológicas obtenidas según su orden, familia y género. Mismas que están mencionadas en la tabla 2.

Tabla 2. *Publicaciones, libros y claves que ayudaron a la identificación del componente biológicos del estudio.*

Autor	Año	Título	Componente
Vásquez y Sánchez	2015	Clave ilustrada y comentada para la identificación de moluscos gasterópodos fluviales de Cuba	Moluscos

Ministerio del ambiente Ecuador	2017	Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos	Macroinvertebrados
Alejandro Palma	2013	Guía para la identificación de invertebrados acuáticos	Invertebrados
Albert Pérez, Natalia Salazar	2016	Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de orellana	Macroinvertebrados

Fuente: Gonzabay y Reyes (2023).

8.5. UTILIZACIÓN DE ÍNDICES BIOLÓGICOS

Para determinar la calidad de agua del río de San Vicente de Loja, se utilizaró el índice BMWP, a su vez se manejaron los índices de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson y coeficiente relacional de Pearson ya que es necesaria para medir la correlación estadística entre 2 variable lineales continuas como son: los factores físicos químicos y el material biológico e indica el nivel de confianza y si estos factores tienen influencia sobre las especies.

Se cuantificaron los individuos hasta nivel familia en cada uno de los transectos, luego se tabularon los datos con ayuda de una plantilla de Excel, inmediatamente se utilizaron diferentes programas según el índice a utilizar:

1. BMWP, con la tabla de Alvarado 2020 se colocó el valor a cada familia encontrada, luego se realizó una sumatoria total de los taxa hasta identificar el grado

de calidad de agua de cada transecto, asimismo se usó el programa infostat para graficar en barra según el porcentaje de cada familia.

2. Shannon-Weaver y Simpson, después de tener tabulado los datos se colocaron en el programa Past 4.11 donde arrojo los siguientes valores según la diversidad, abundancia y dominancia de los individuos por cada transecto.

3. Correlación de Pearson, para ello se comparó los valores obtenidos de cada uno de los órdenes con los resultados de los parámetros fisicoquímicos de cada transecto.

CAPÍTULO IV

9. RESULTADOS

9.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada punto de los 4 transectos establecidos en el río de San Vicente de Loja, Olón, fue de 4.020 individuos, de los cuales se identificaron 3 grandes grupos de Phylum; Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes, cabe señalar que la dominancia fue de los artrópodos cuya clase Insecta dio como resultado el mayor número de ordenes identificados durante la investigación.

Se registraron los siguientes datos; el orden Ephemeroptera mostró la mayor abundancia de familia Baetidae del género *Baetis*, el cual fue un total de 18.21%, entre las familias encontradas tenemos a Baetidae, Leptophlebiae y Trycorithidae, por el contrario, tenemos al orden Trichoptera con menor abundancia, siendo esta un 0,05%, correspondiendo a la familia Helicopsychidae (Gráfico 1).

Tabla 3.

Orden, familias y géneros de macroinvertebrados encontrados en el río de San Vicente deLoja, Olón.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	TOTAL
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i>	55
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	658
Decapoda	Atyidae	<i>Atya</i>	25
Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	41
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	18
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	243
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	732
Ephemeroptera	Leptophlebiae	<i>Austroclima</i>	241
Ephemeroptera	Trycorithidae	<i>Leptohyphes</i>	201
Hemiptera	Vellidae	<i>Rhagovelia</i>	166
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	45
Megaloptera	Corydalidae	<i>Nigronia</i>	59
Mesogastropoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	261
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	254
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula</i>	318
Odonata	Megapodagrionidae	<i>Heteragrion</i>	158
Tricladida	Dugesidae	<i>Dugesia</i>	279
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i>	225
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	39
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	2
TOTAL			4020

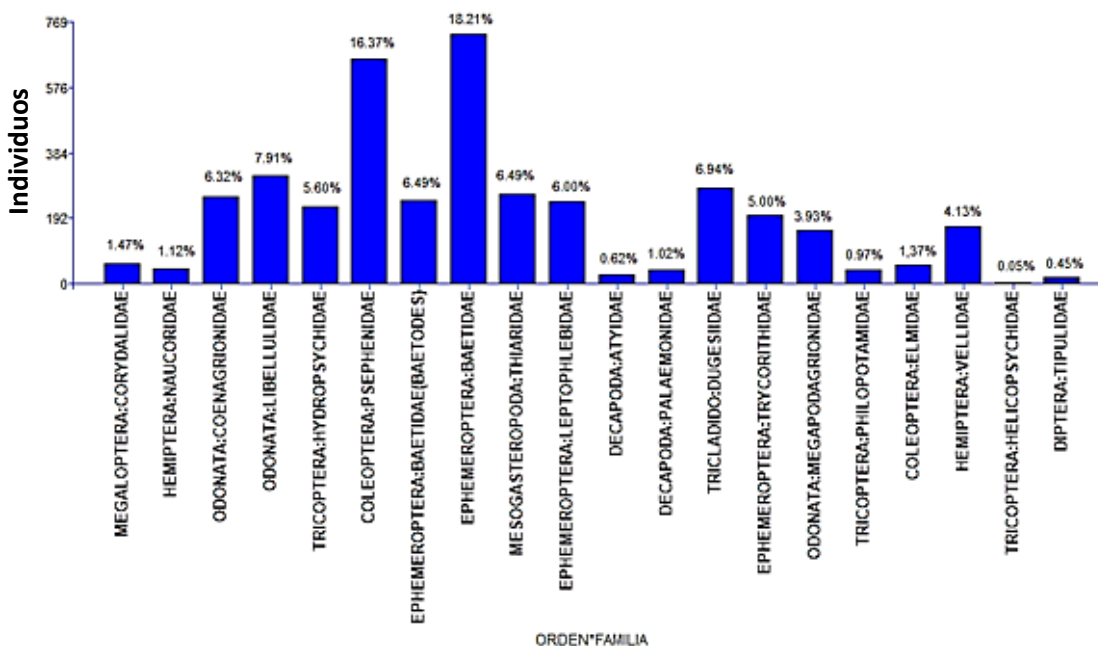


Gráfico 1. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados encontrados en el río de San Vicente de Loja, Olón.

Como se muestra en el gráfico 1, el orden con mayor abundancia fue Ephemeroptera con 1417 individuos, distribuidos por familia de la siguiente manera: Baetidae con 18.21% del género *Baetis* y *Baetodes* con 6.49%, Leptophlebiidae con 6% y Trycorithidae con 5% de porcentaje poblacional. El segundo orden con mayor abundancia fue Odonata con un total de 730 individuos, cuyas familias correspondientes son: Libellulidae con 7.91%, Coenagrionidae con 6.31% y Megapodagrionidae con el 3.93%.

El tercer lugar tenemos al orden Coleoptera con 713 individuos en total, que estuvo representado por las siguientes familias; 16.37% correspondiente a Psephenidae y 1.37% de Elmidae. Por el contrario, el orden Tricoptera cuya familia con menor

abundancia identificados en los muestreos fue Helicopsychidae con un total de 2 individuos, representando así tan solo un 0.05% del porcentaje poblacional.

9.2.PORCENTAJE POBLACIONAL ENCONTRADO EN CADA TRANSECTO

En el transecto uno (Gráfico 2), durante los cuatro meses de muestreos se recolectaron un total de 1.160 individuos destacando el orden Ephemeroptera con un porcentaje del 33.36%, de los cuales solo la familia Baetidae cuenta con 232 organismos identificados, continuando el orden Coleoptera con un 20.60%, de los cuales la familia Psephenidae cuenta con total de 211 individuos y 28 Elmidae, el orden Odonata con un 17.67% , además con un porcentaje semejante del 5.17% los órdenes Tricoptera y Mesogastropoda, con valores poblacionales mínimos entre el 0 a 2% se identificaron los órdenes Megaloptera, Hemiptera, Decapoda y Diptera.

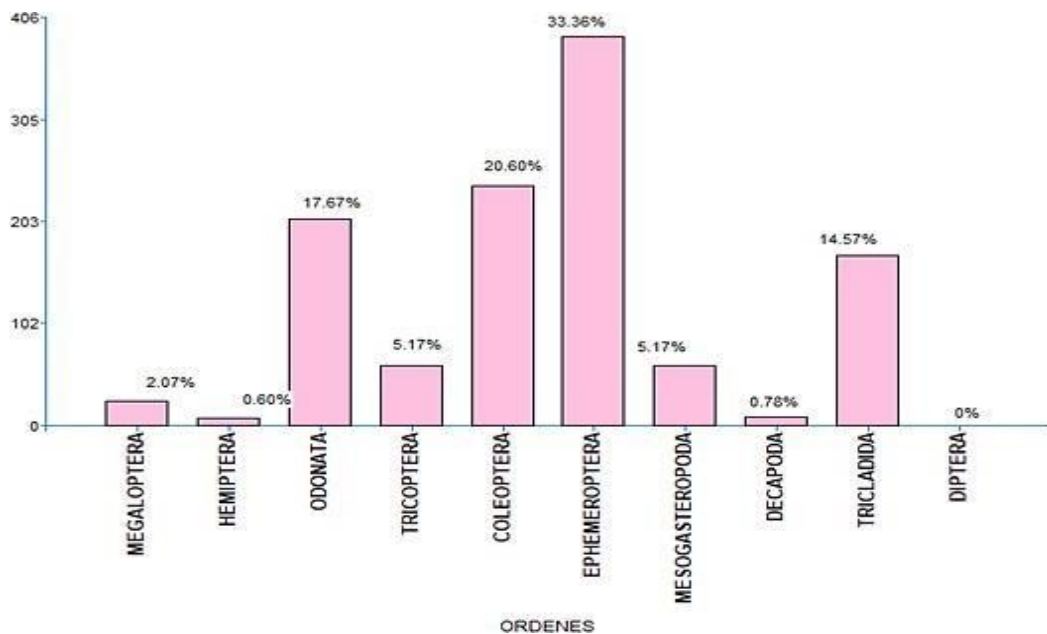


Gráfico 2. Porcentaje poblacional correspondiente al transecto 1.

El gráfico 3 muestra el porcentaje poblacional del transecto 2, se registró un total de 1.179 individuos identificados, considerando al orden Ephemeroptera con un mayor porcentaje poblacional del 36.64% su total es de 432 individuos y solo la familia Baetidae del género *Baetis* cuenta con la mayor cantidad de individuos (229), mientras tanto el orden coleoptera cuenta con el 22.56% cuya familia Psephenidae tiene 263 individuos, seguido de orden Odonata con 17.98% cuya familia más abundante es la Libellilidae con 94 individuos , Tricoptera con un 8.74% , Hemiptera y Mesogastropoda con porcentajes similares al 5% y por ultimo tenemos los porcentajes semejantes entre el 0 al 1% a los órdenes Megaloptera, Decapoda, Tricladida y Diptera.

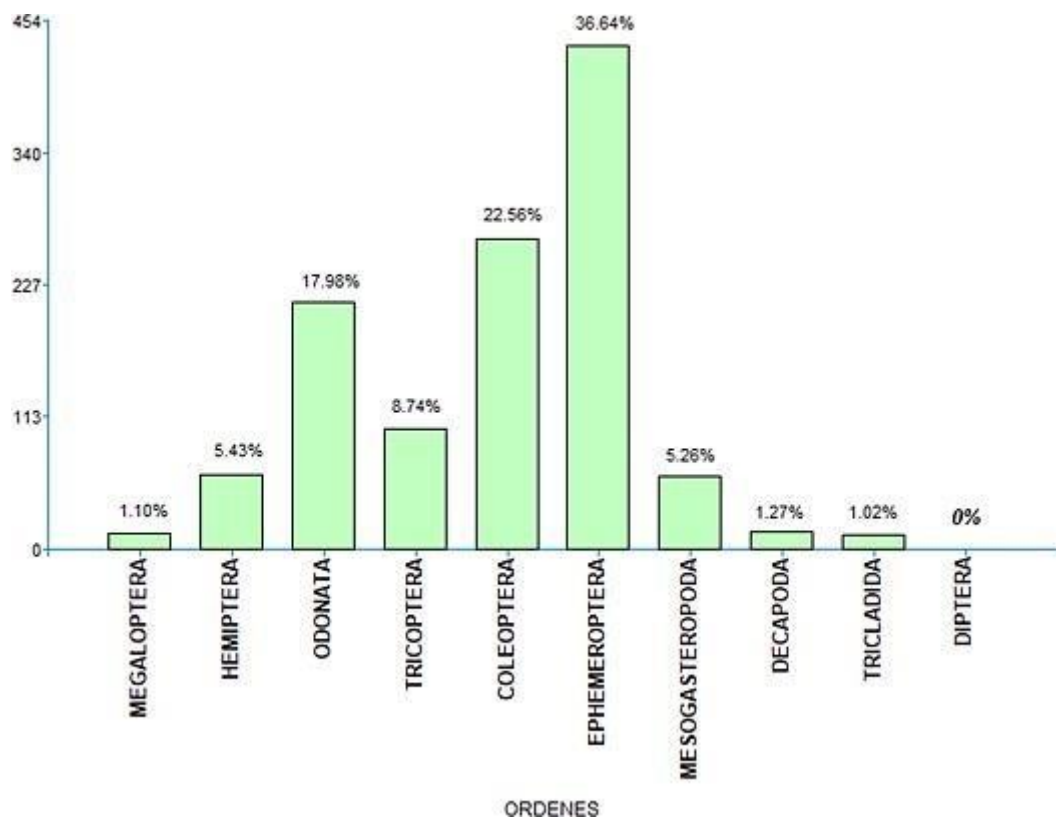


Gráfico 3. Porcentaje poblacional del transecto 2.

En el tercer transecto (Gráfico 4) hubo un total de 931 individuos recolectados durante toda la investigación dando como resultados al orden Ephemeroptera 38.67%, cuya suma total de individuos es de 365 correspondiente a la familia Baetidae, demostrando un de total 187 en el género *Baetis* y 55 *Baetodes*, para el segundo puesto a nivel porcentual de individuos hubo una disminución considerable al 18.90% correspondientes al orden Odonata y a partir del 11.49% correspondientes al orden Coleoptera fue decreciendo el porcentaje poblacional de los siguientes ordenes: Tricladida, Trichoptera, Hemiptera, Mesogastropoda, Decapoda y Diptera.

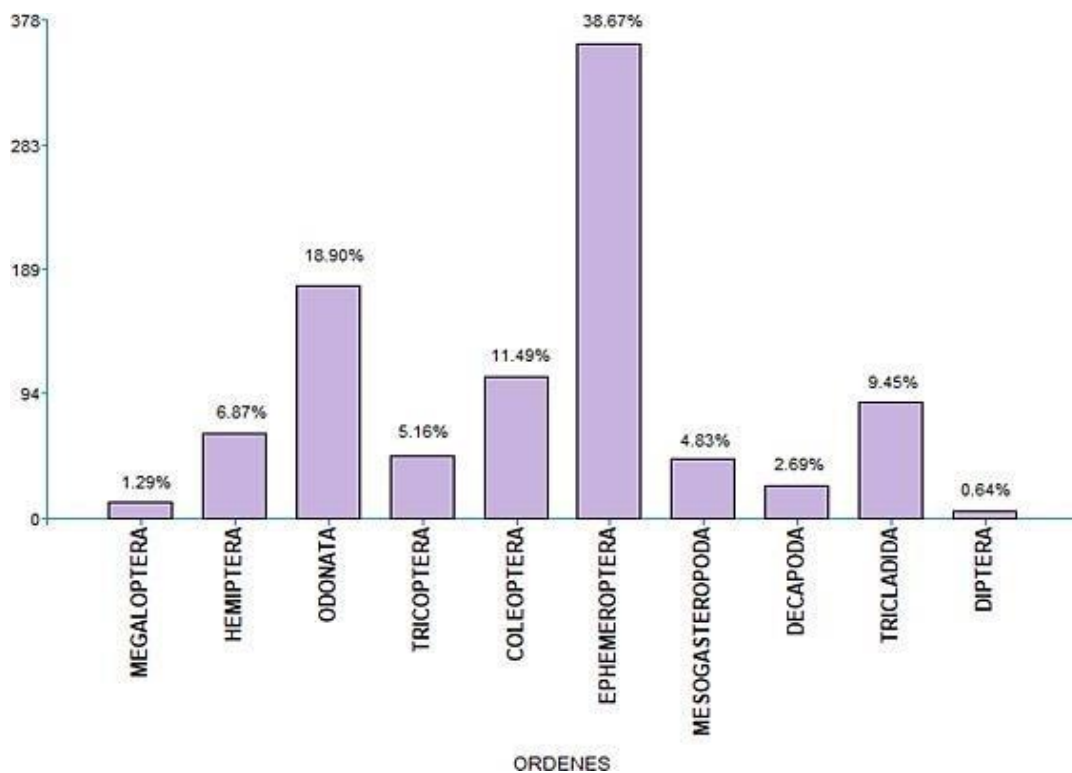


Gráfico 4. Porcentaje poblacional del transecto 3.

En el gráfico 5 correspondiente al porcentaje poblacional del transecto 4 detalla que se obtuvo un valor total de individuos de 750 , dando al orden Ephemeroptera como más representativo con un 31.87% donde la suma de la familia Baetidae es la más abundante con 159 individuos, seguido del orden Odonata con 18.27%, misma en la que la familia más numerosa fue de Libellulidae con 84 individuos, por otro lado tenemos al orden Coleoptera, Mesogastropoda y Hemiptera con porcentajes muy similares entre 10 a 13%, seguido del orden Trichoptera con 7.33% , el orden Decapoda con 2.13%, posteriormente el orden Diptera 1.60% y finalmente el orden Hemiptera y Tricladida con un 1.33%.

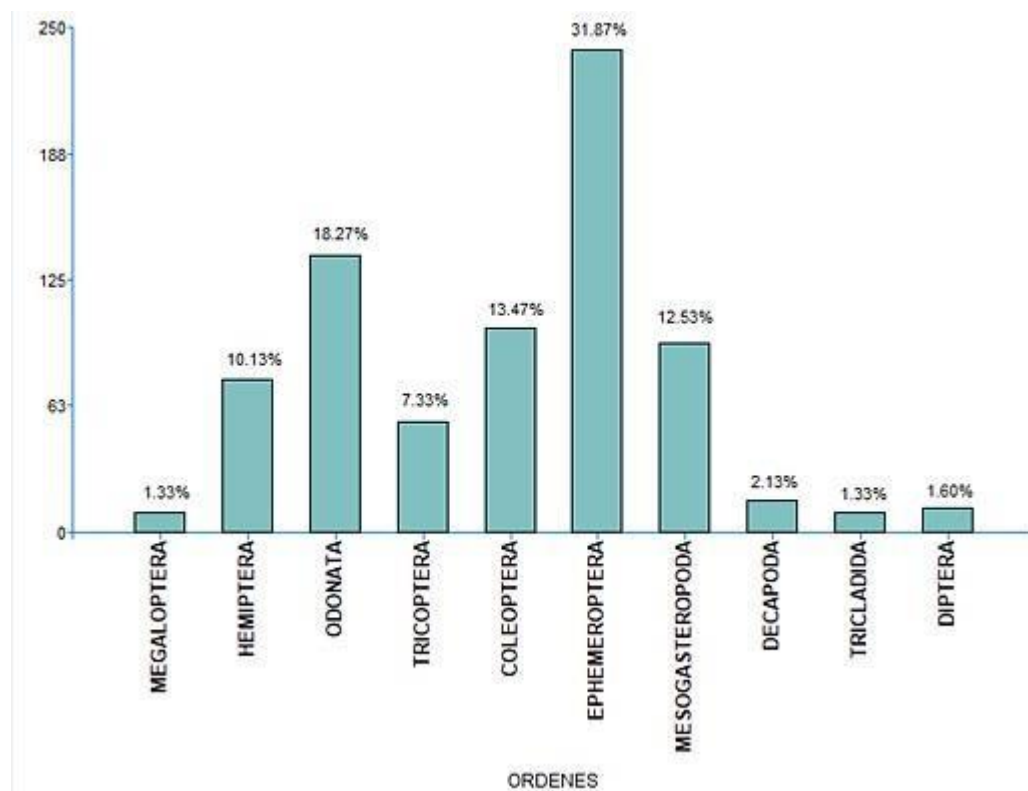


Gráfico 5. Porcentaje poblacional del transecto 4.

Como resultado final de los cuatro transectos muestreados se obtuvo un total de 4.020 individuos identificados por orden (10), familia (19) y género (20). Casi todos los órdenes y familias encontrados se distribuyeron en todo el transcurso del sitio de muestreo del río de San Vicente de Loja a excepción de la familia Helicopsychidae que solo se mantuvo en pocas proporciones en el transecto 3 y 4.

9.3. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS

IDENTIFICADOS.

En cuanto a condiciones de abundancia (Gráfica 6) la familia más representativa fue la Baetidae del cual el género con mayor cantidad de individuos es la *Baetis* con un total 732, la siguiente familia con una diferencia mínima en comparación con la anterior se encuentra las familias Psephenidae con 658 individuos de macroinvertebrados, en cuanto a cantidades por debajo de la mitad se encuentra las familia como: Libellulidae, Coenagrionidae y Megapodagrionidae, entre otras, recalando la familia Helicopsychidae con menor abundancia. Los resultados expresados en la gráfica 6 muestra como familia abundante a Baetidae estos organismos son generalistas, en otras palabras, son individuos capaces de desarrollarse en diferentes condiciones ambientales, tal es el motivo de la abundancia expresada. Por ejemplo, el autor Flowers (2010), expresa que en esta familia se hallan amplias tolerancias a la temperatura y, en cierto modo, a la contaminación. No obstante, ninguna especie de Ephemeroptera puede sobrevivir a los niveles extremos de contaminación.

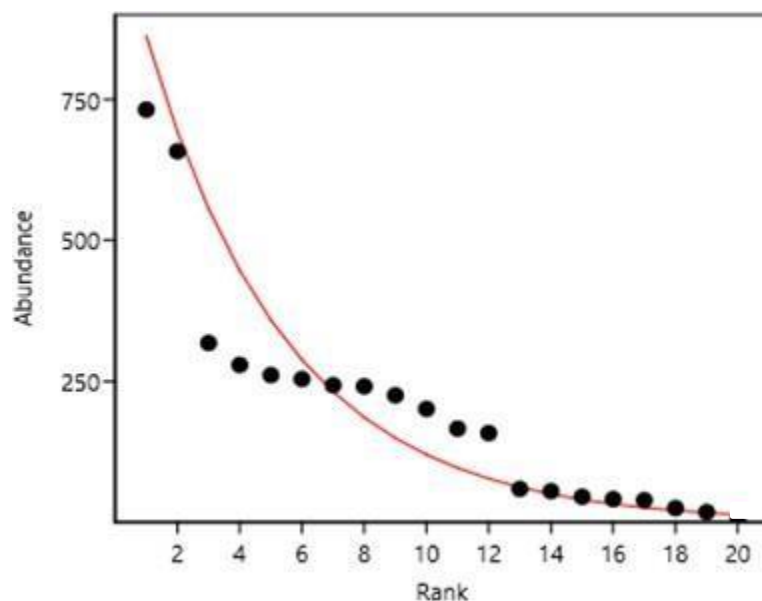


Gráfico 6. Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados.

9.4. ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA LOS MACROINVERTEBRADOS

ENCONTRADOS

En la tabla 4, se evidencia los valores alcanzados de los índices ecológicos para los cuatro transectos y se calculó de manera general para toda la biodiversidad del río San Vicente de Loja, Olón.

Tabla 4.

Índices ecológicos por transectos del río de San Vicente de Loja, Olón.

	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
Taxa_S	17	18	19	19
Individuos	1160	1179	931	750
Shannon-Weaver H	2.38	2.411	2.635	2.571
Simpson 1-D	0.8828	0.8807	0.9101	0.9109

Fuente: Gonzabay y Reyes (2023).

Durante el estudio, el índice de Shannon y Weaver presentó un promedio de 2.38bits/ind, 2.411bits/ind, 2.635bits/ind y 2.571bits /ind respectivamente, indicando una diversidad media en todos los transectos, sin embargo, el transecto 3 con un valor de 2.635 bits/ind fue el mayor de todos, puesto que, mientras mayor sea el índice de Shannon mayor es su diversidad. Así mismo se puede analizar en el (gráfico 7) que el transecto 4 tiene valores cercanos al transecto 3, siendo estos 2.571 bits/ind. No obstante, el transecto 1 muestra el menor rango establecido entre 0 y 5.

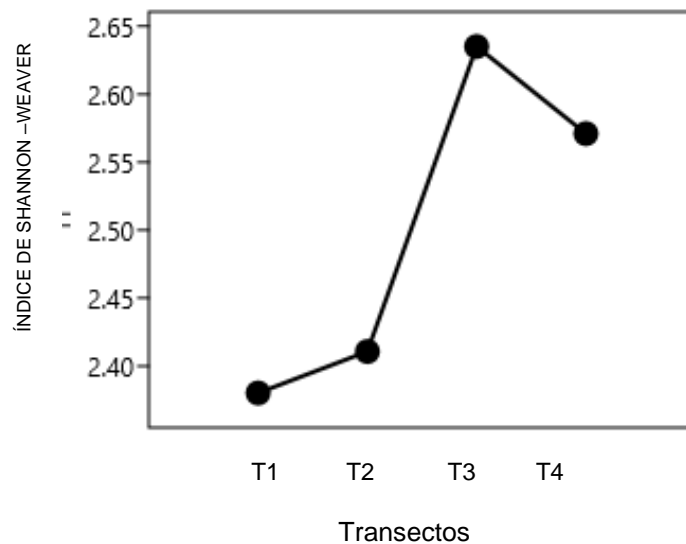


Gráfico 7. Índice de Shannon y Weaver para cada transecto.

Mediante el cálculo realizado del índice de dominancia de Simpson (Gráfico 8) muestra como están organizados los distintos grupos taxonómicos en cada uno de los transectos, los resultados obtenidos durante la investigación sobrepasaron el 0.5 en todos los transectos, lo que indica que existe dominancia, el nivel más alto se encontró en el transecto 4 con un valor de 0.9109 bits/ind mientras que en el transecto 1, transecto 2, y transecto 3 tuvo una disminución poco significativa en comparación con el transecto 4, puesto que los valores que oscilan con respecto a este índice son

de 0 a 1 indicando que mientras más se acerque a 0 habrá una menor dominancia entre 2 especies elegidas al azar. Mediante este índice en comparación con el índice de Shannon muestra que en el transecto 2 existe una baja diversidad, pero a su vez existe una alta dominancia.

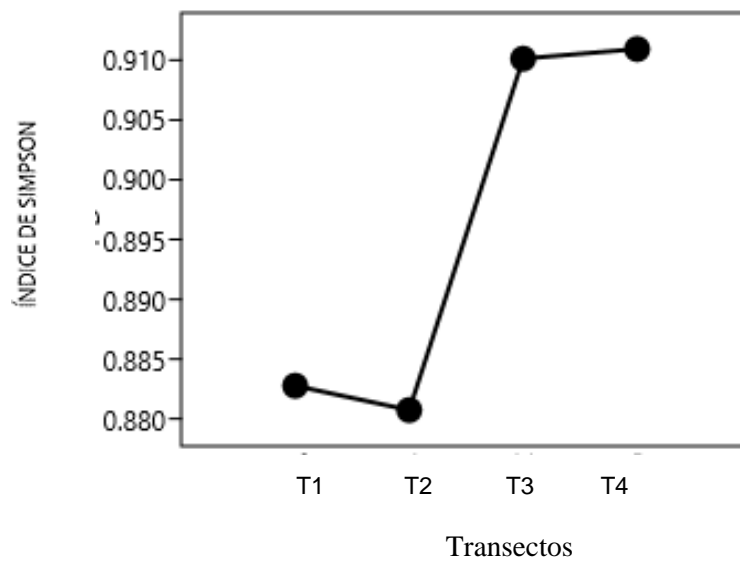


Gráfico 8. Índice de Simpson para cada transecto.

9.5. CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOS-QUIMICOS Y LOS DISTINTOS ORDENES ENCONTRADOS

A menudo los parámetros físicos-químicos han sido relacionados con macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua de las distintas cuencas o zonas fluviales a nivel mundial, debido a que existen acciones antrópicas que suelen tener gran influencia sobre estos organismos. Por eso en la presente investigación se realizó el análisis de correlación de Pearson entre los parámetros físicos-químicos (Temperatura, nitrito, nitrato, fosfato, alcalinidad, oxígeno disuelto, pH y nitrógeno

amoniaco) y el material biológico identificado por orden para saber si existe o no un grado de asociación entre ambas variables y como influyen en cuanto mediciones de la calidad de agua del río.

Se realizaron análisis de correlación entre los órdenes (eje Y) y cada uno de los parámetros establecidos en la investigación (eje X).

9.5.1. Orden Megaloptera

En el gráfico 9 se obtuvieron los datos de cada parámetro fisicoquímico expuesto anteriormente, donde se puede observar que de los 8 parámetros establecidos en el estudio solo la Temperatura (D) de coeficiente $R^2 = 0.04$ tiene una correlación nula negativa, es decir solo el 4% de la temperatura influyen en la distribución de este orden, por otro lado, no se evidenció relaciones significativas con los otros parámetros: nitrato (B) con su valor $R^2 = 0.0908$ de correlación nula positiva, fosfato (C) $R^2 = 0.2619$ de correlación negativa débil, la alcalinidad (E) $R^2 = 0.083$ de correlación negativa nula, y el oxígeno disuelto (F) $R^2 = 0.37$ de correlación negativa moderada.

Por ende, las relaciones significativas vienen con los parámetros de pH (G) $R^2 = 0.4243$ de correlación negativa moderada, nitrógeno amoniacal (H) $R^2 = 0.6545$ de correlación positiva fuerte, sin embargo, el nitrito (A) con un valor $R^2 = 0.908$ de confianza, es decir, que existe relación significativa con una correlación positiva

fuerte, sin embargo, el 90.8% influye en la distribución de este orden, la línea de tendencia es positiva, no obstante, a medida que el nitrito aumenta, la distribución de los organismos de orden Megaloptera aumenta.

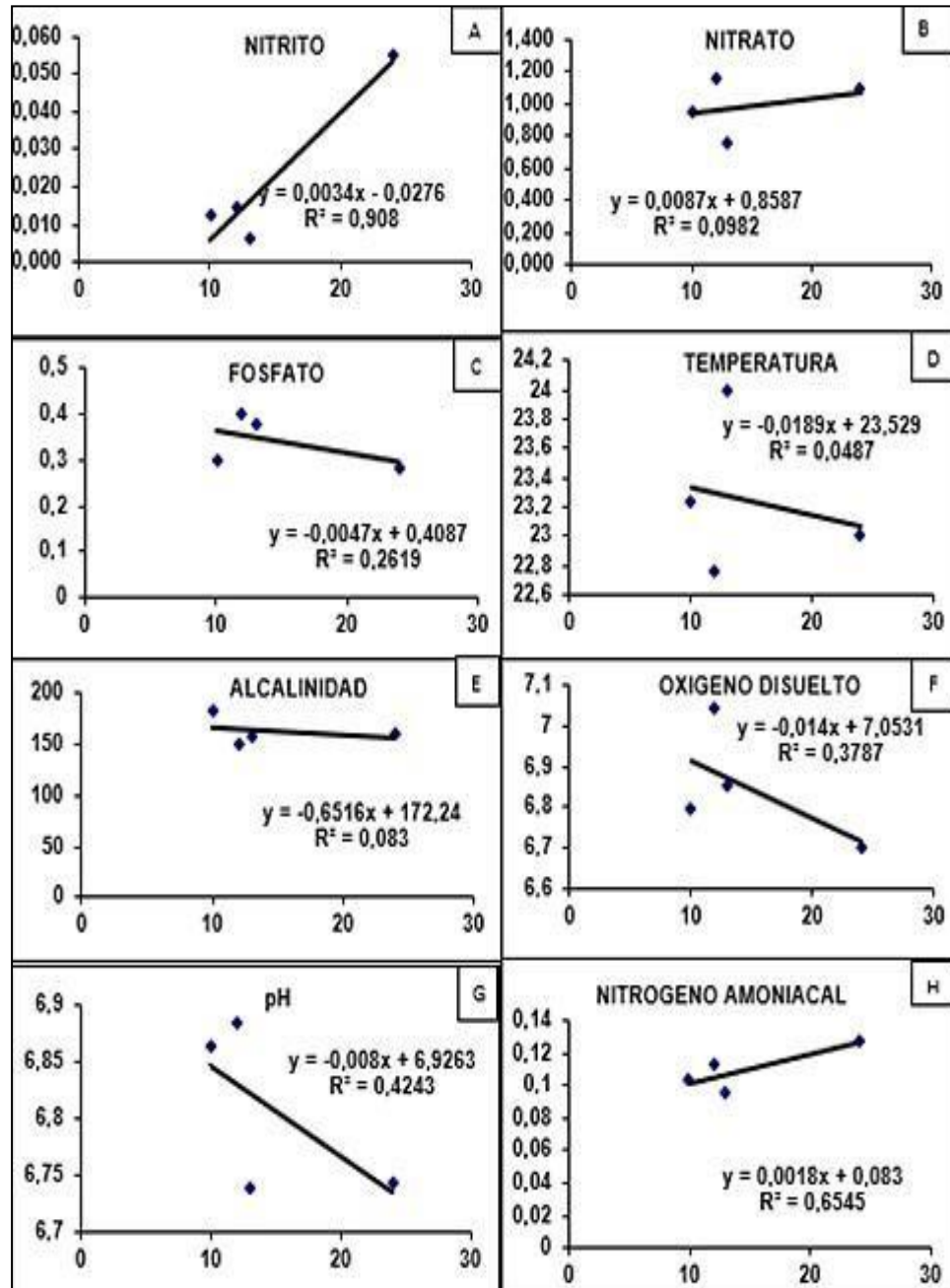


Gráfico 9. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Megaloptera. Nitrito(A), nitrato(B), fósforo(C), temperatura(D), alcalinidad(E), oxígeno disuelto(F), pH(G), nitrógeno amoniacal(H).

9.5.2. Orden Odonata

Los datos obtenidos durante el análisis de correlación de Pearson con respecto al orden Odonata y los parámetros asociados al estudio, mostró en el gráfico 10; nitrógeno amoniacal con un valor de coeficiente $R^2 = 0.0158$ existiendo una correlación nula positiva, es decir, que solo el 1.5 % del nitrógeno amoniacal afecta a la distribución con este orden., con respecto al oxígeno disuelto $R^2 = 0.0231$, nitrato $R^2 = 0.0456$ y fosfato $R^2 = 0.0598$ hay una correlación nula negativa y positiva para fosfato entre 2 al 5%, lo que indica que el orden Odonata no dependen de los parámetros mencionados, los otros parámetros como: nitrito (B) $R^2 = 0.117$ correlación positiva débil.

En cuestión a la temperatura (D) $R^2 = 0.1278$ tiene una correlación positiva débil, conociendo que a menor o mayor T° afecta directamente a la eclosión y mortalidad de sus huevos, alcalinidad (E) $R^2 = 0.5252$ correlación positiva fuerte y pH (G) $R^2 = 0.6852$ correlación negativa fuerte, dan a conocer que no existe un relación significativa entre variables en comparación, sin embargo el pH tiene una línea de tendencia negativa, es decir, que mientras el pH aumenta disminuye la distribución del orden Odonata, del mismo modo, está la alcalinidad con un 52% de influencia en los organismo, indicando que si aumenta la alcalinidad, también aumenta la distribución de este orden. Los odonatos suelen estar asociados a ambientes lenticos afecto indirectamente sobre ellos, más bien influye a los organismos presa.

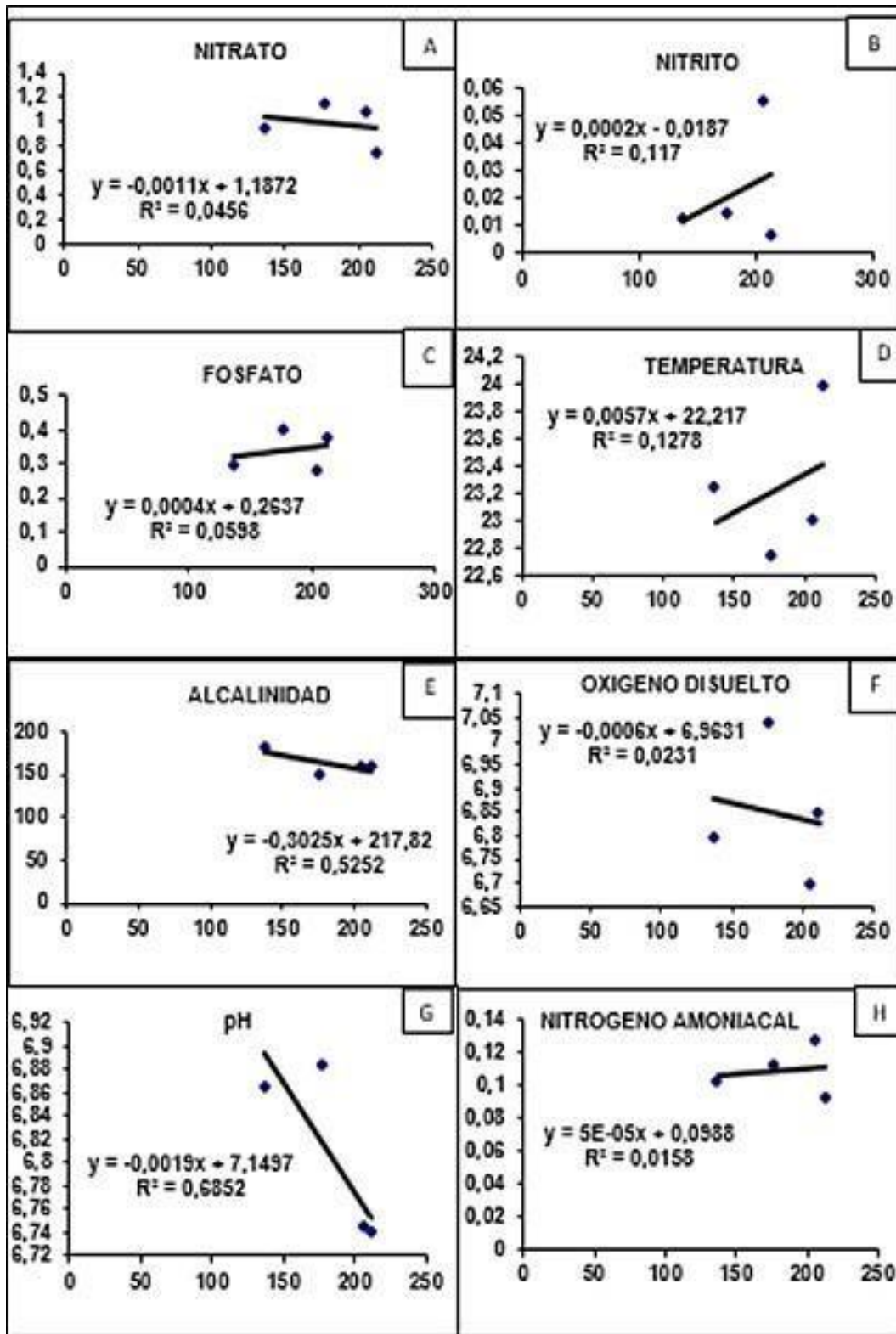


Gráfico 10. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Odonata. Nitrate(A), nitrite(B), phosphate(C), temperature(D), alkalinity(E), dissolved oxygen(F), pH(G), ammoniacal nitrogen(H).

9.5.3. Orden Coleoptera

Mediante el análisis de correlación de Pearson se compararon datos del orden Coleoptera con los distintos parámetros según el estudio, mismos que están representados en el gráfico 11, con respecto al fosfato(C) cuyo valor de coeficiente $R^2= 0.0028$ se pudo constatar que no existe una incidencia entre las variables, es decir solo el 0.28% del fosfatos influyen en el orden Coleoptera, en cuanto a la relación con el nitrógeno amoniacal $R^2= 0.001$ tiene una correlación nula negativa dando a entender que el nitrógeno amoniacal no tiene gran influencia con este orden.

Por lo contrario, los demás parámetros colocados en los ítems (A, B, D, E, F, H) no existe una relación significativa debido a que sus valores son superiores al $R^2= 0.05$ establecido. Además el coeficiente de correlación nos indica que: nitrato $R^2= 0.2571$, nitrito $R^2= 0.1155$, alcalinidad $R^2= 0.1209$, oxígeno disuelto $R^2= 0.2513$ tienen una correlación negativa débil para nitrato y alcalinidad, correlación positiva débil para nitrito, con respecto al oxígeno disuelto esto se debe que en la mayoría de los organismos acuáticos de la clase Insecta en el estadio larval poseen branquias necesarias para el intercambio gaseoso cediéndole así la capacidad de permanecer en ambiente poco oxigenados, para la temperatura $R^2= 0.379$ existe una correlación moderada positiva y el pH con $R^2= 0.9715$, correlación negativa fuerte, es decir, que el pH tiene una influencia del 97%, mientras este parámetro aumente sucederá lo mismo con la distribución de los organismos.

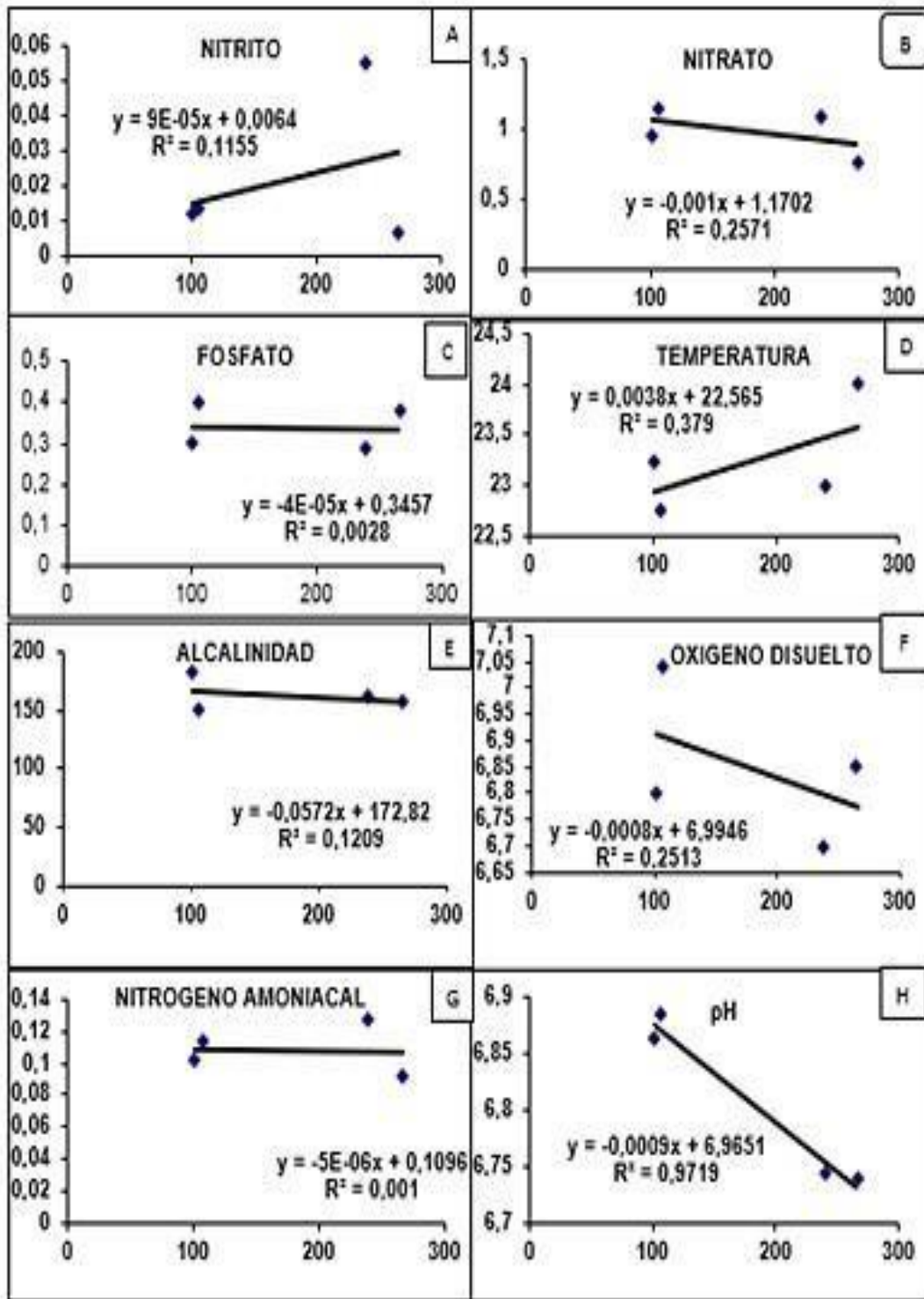


Gráfico 11. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Coleoptera. Nitrito(A), nitrato(B), fósforo(C), temperatura(D), alcalinidad(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.4. Orden Trichoptera

El análisis de correlación de Pearson dio como resultado de la comparación de los parámetros usados en la investigación con el orden Trichoptera, los siguientes datos (Gráfica 12); la alcalinidad (E) $R^2= 0.0259$ posee una correlación nula negativa, en otras palabras, solo 2.5 % influye en los organismos de este orden, el oxígeno disuelto $R^2= 0.0331$ con correlación nula negativa, expresando que solo el 3.31% del oxígeno disuelto afecta en la disminución de los organismos, esto se debe a que poseen respiración cutánea y sus branquias son necesarias para crear ondas oxigenadas a su madriguera.

Mientras los parámetros que no tiene relación significativa fueron: el fosfato con $R^2= 0.0855$ y nitrito con $R^2= 0.0904$ con una correlación nula, el nitrógeno amoniacal $R^2= 0.4226$ con una correlación negativa moderada, nitrato con $R^2= 0.7981$, temperatura $R^2= 0.988$ poseen correlación negativa y positiva fuerte a cada parámetro, demostrando que entre los 8 parámetros establecidos en la investigación la temperatura (D) tiene un 98.8% de influencia sobre el orden Trichoptera y su distribución.

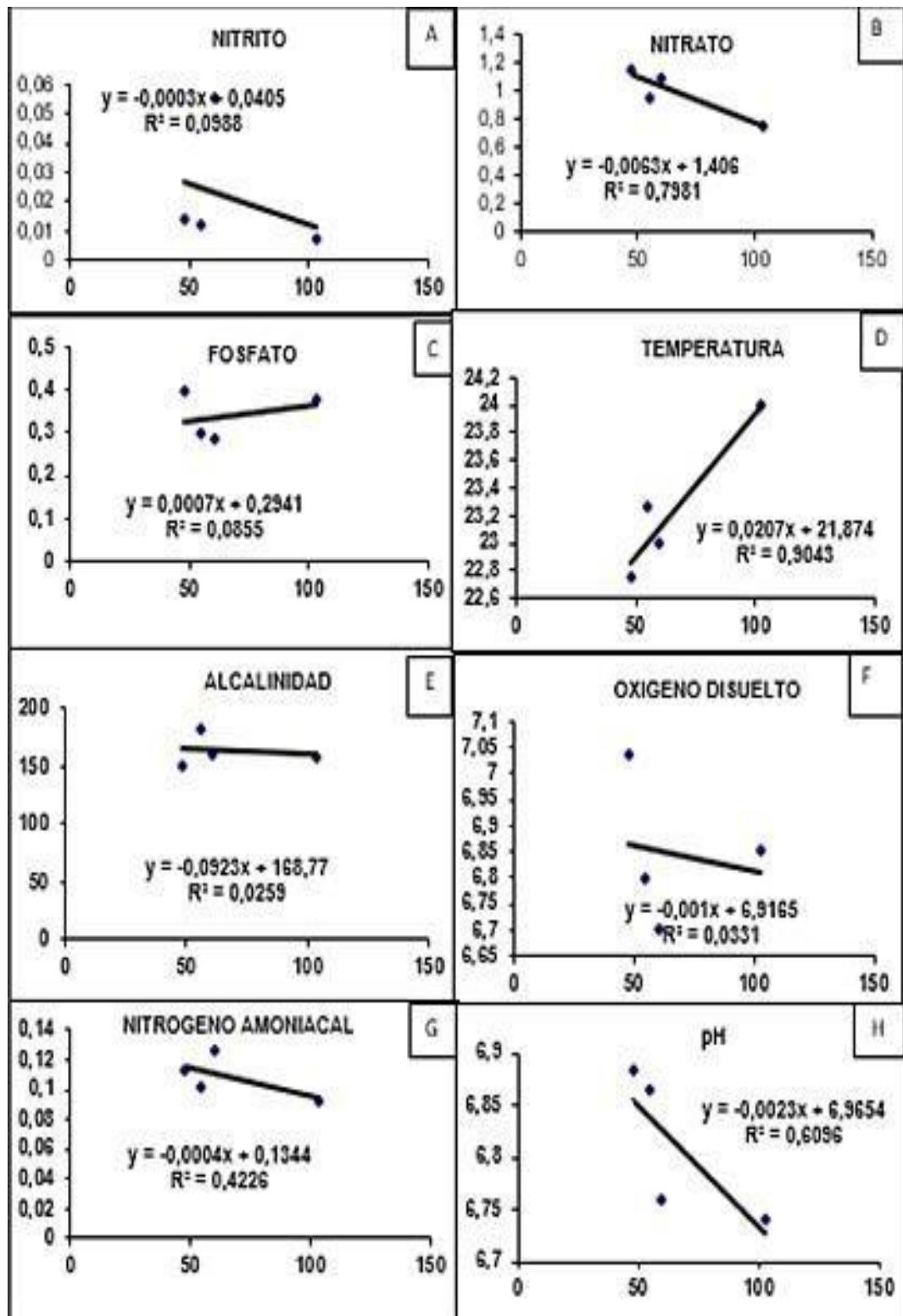


Gráfico 12. Correlación de Pearson entre los análisis Fisicoquímicos y el orden Trichoptera. Nitrito(A), nitrato(B), fosfato(C), temperatura(D), alcalinidad(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.5. Orden Ephemeroptera

En el gráfico 13 se observan los valores de correlación entre el orden Ephemeroptera y cada uno de los parámetros. El oxígeno disuelto (F) $R^2= 0.004$, nitrógeno amoniacal (G) $R^2= 0.0005$, nitrito (B) $R= 0.0237$, Nitrato (A) $R^2= 0.0433$ no tienen una relación significativa y cada uno de ellos tienen una correlación nula, es decir, estos parámetros no influyen en la distribución de los individuos del orden Ephemeroptera,

En cuanto a la Temperatura $R^2= 0.1249$, fosfato $R^2= 0.2036$, alcalinidad $R= 0.6798$, y pH con $R^2= 0.5003$, no existe una relación significativa, sus correlaciones son positivas y varían entre positivas débil (C) y (D) y positiva fuerte (E) y (H) de tal modo que la alcalinidad y el pH son los parámetros que inciden sobre el orden Ephemeroptera con un porcentaje mayor al 50%, acotando que un aumento de estos parámetros implica la disminución del orden.

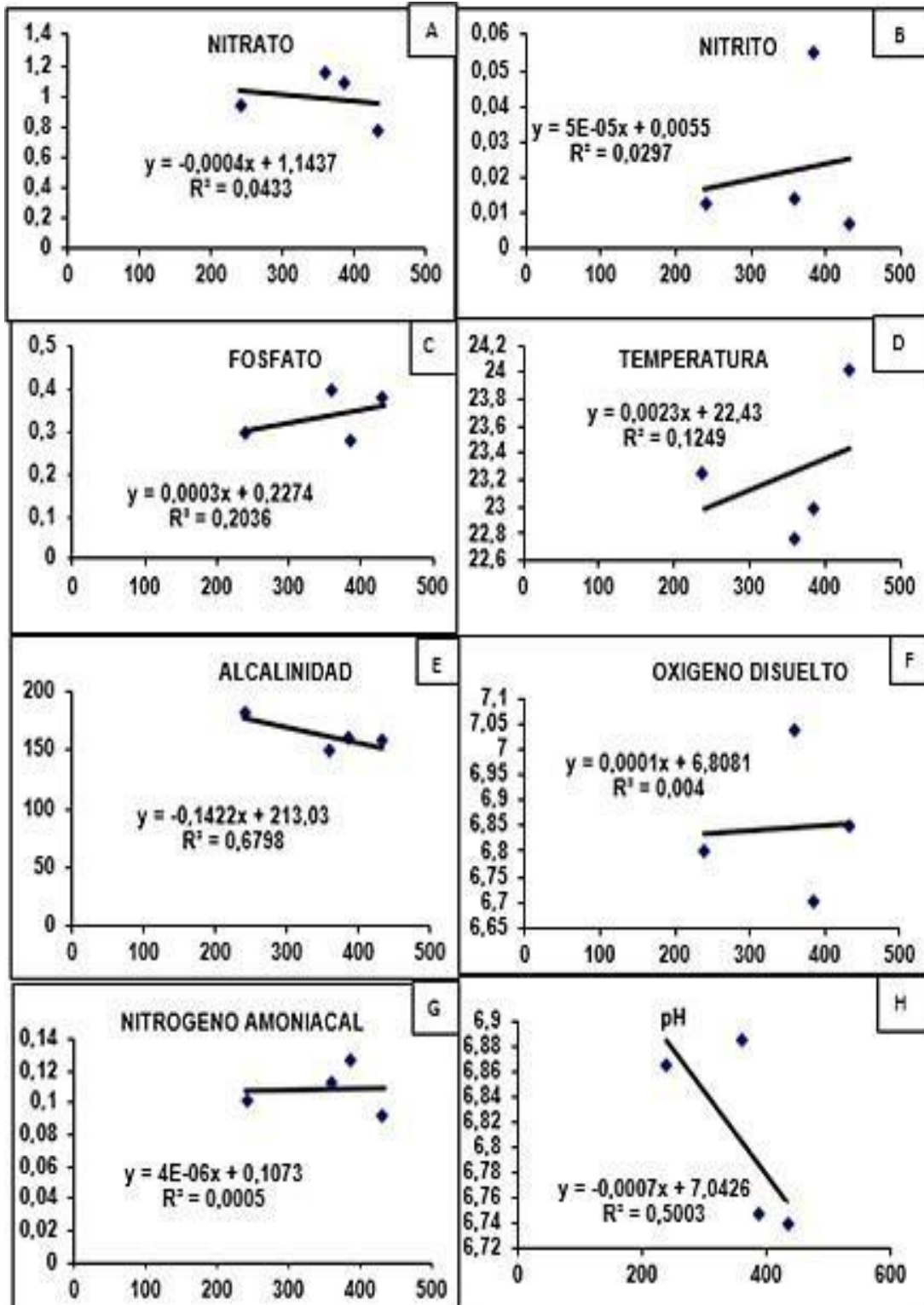


Gráfico 13. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el oren Ephemeroptera. Nitrato(A), nitrito(B), fosfato(C), temperatura(D), alcalinidad(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.6. Orden Mesogastropoda

Los resultados de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y el orden Mesogastropoda se muestran en el gráfico 14, cuyos datos detallan lo siguiente; existe correlación nula negativa para los parámetros de nitrito ($R^2= 0.030$) y nitrógeno amoniacal ($R^2= 0.014$), correlación nula positiva para temperatura ($R^2= 0.07$), y pH ($R^2= 0.017$) indicando así que estos parámetros tienen una relación mínima con el orden.

Por otra parte, tenemos al nitrato ($R^2= 0.15$) y al oxígeno disuelto ($R^2= 0.26$) con una correlación negativa débil, como correlación positiva moderada tenemos al fosfato con un valor de $R^2= 0.38$, es decir, existe un 38% de que este parámetro influya en la distribución del orden Mesogastropoda, así mismo, la alcalinidad tiene un coeficiente de $R^2= 0.98$ de correlación positiva fuerte, en otras palabras, su relación es significativa, puesto que, el crecimiento de la alcalinidad se asocia con el crecimiento de la distribución de este orden conteniendo un 98% de influencia. Esto podemos atribuir que el agua está compuesta por iones de alcalinidad, por ejemplo, posee bicarbonatos y carbonatos que a su vez estos son compuestos necesarios para la concha del orden Mesogastropoda, partiendo de esta índole se puede determinar que su relación significativa es existente y veraz.

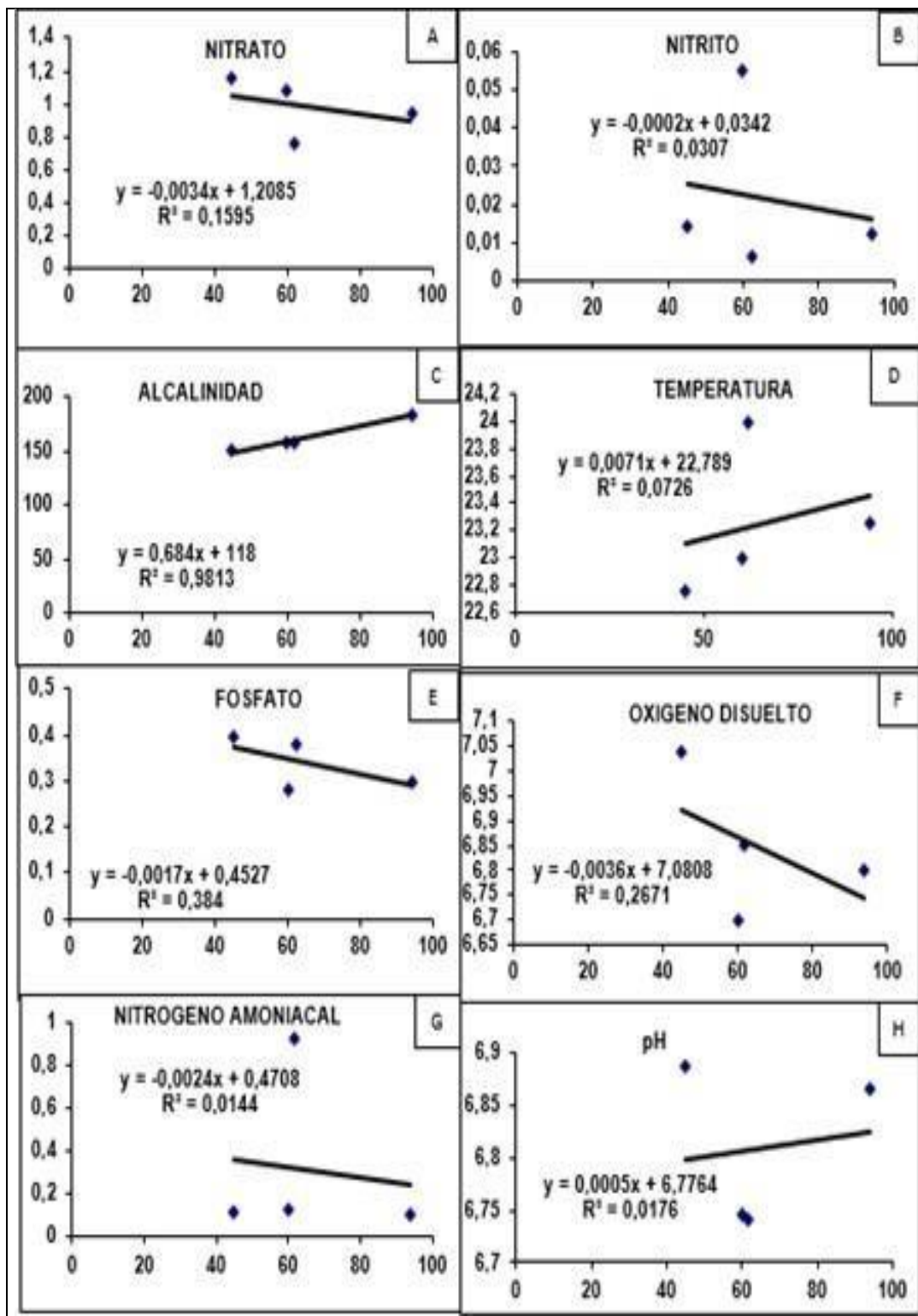


Gráfico 14. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Mesogastropoda. Nitrato(A), nitrito(B), alcalinidad(C), temperatura(D), fosfato(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.7. Orden Decapoda

En el gráfico 15 se muestra los coeficientes de correlación que existe entre cada uno de los parámetros con el orden Decapoda, se puede identificar que fosfato con $R^2=0.59$ y oxígeno disuelto con $R^2=0.95$ tienen una correlación positiva fuerte, indicando que poseen una relación significativa, puesto que, su línea de tendencia indica que el aumento de fosfato y de manera más relevante el oxígeno disuelto se asocia con el crecimiento de distribución de este orden. Lo que quiere expresar biológicamente es que en los decápodos, la familia Palaemonidae que fue encontrada en la investigación, tiene un sistema de respiración branquial por lo tanto la baja de oxígeno en el agua implicaría la muerte, por el contrario que si el oxígeno disuelto es alto ayuda en el crecimiento de la especie, al mismo tiempo, el nitrito tiene una correlación negativa fuerte, ya que su coeficiente es $R^2=0.52$ detallando así que si el nivel de nitrito aumenta influye en la disminución de los decápodos debido a la alta toxicidad que el nitrito contiene para los decápodos.

Por su parte, el pH ($R^2=0.37$) tiene una correlación positiva moderada, influyendo brevemente sobre los macroinvertebrados de este orden, la alcalinidad ($R^2=0.10$) y temperatura ($R^2=0.10$) poseen una correlación negativa débil, algo semejante ocurre con el nitrato ($R^2=0.09$) y el nitrógeno amoniacal ($R^2=0.06$), poseen una correlación nula positiva en el caso del nitrato y nula negativa en el caso del nitrógeno amoniacal.

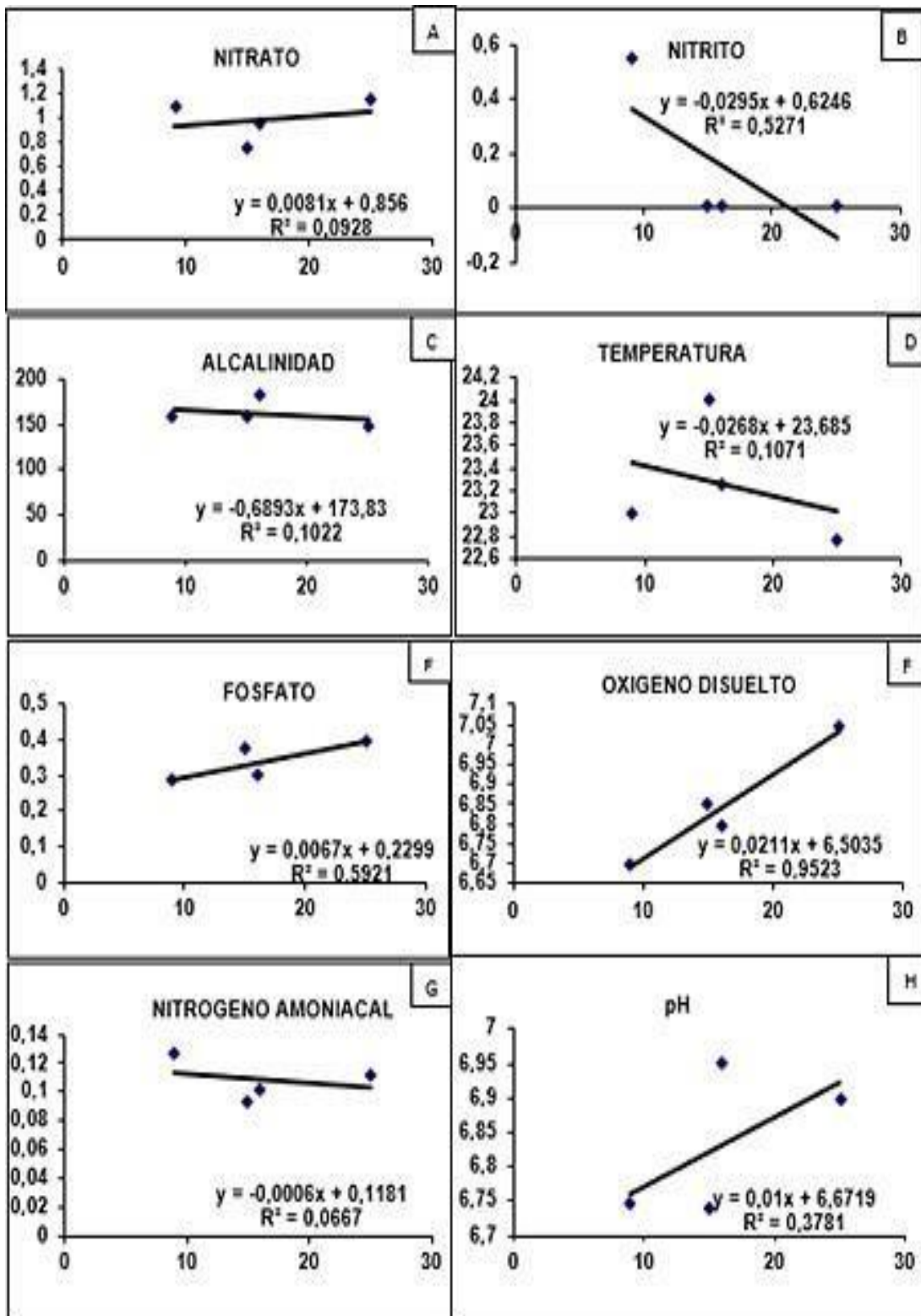


Gráfico 15. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Decapoda. Nitrato(A), nitrito(B),alcalinidad(C), temperatura(D), fosfato(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.8. Orden Diptera

Los datos de la gráfica 16 muestran los resultados obtenidos mediante la correlación de Pearson entre el orden Diptera y los parámetros fisicoquímicos, son los siguientes: como correlación positiva fuerte y relación significativa tenemos a temperatura con $R^2 = 0.57$ y pH con $R^2 = 0.72$.

Así mismo, en la alcalinidad con un coeficiente de $R^2 = 0.47$ tiene una correlación moderada positiva, influyendo con un 47% en este orden, en otras palabras, esto se debe a que a él orden se le puede asignar su alta capacidad colonizadora, ya que sus larvas pueden estar en distintos rangos de hábitats, tanto como no perturbadores como perturbadores, por otra parte tenemos a nitrato ($R^2 = 0.03$), oxígeno disuelto ($R^2 = 0.052$) que poseen una correlación nula positiva y fosfato ($R^2 = 0.02$), nitrógeno amoniacal ($R^2 = 0.038$) con una correlación nula ligeramente negativa.

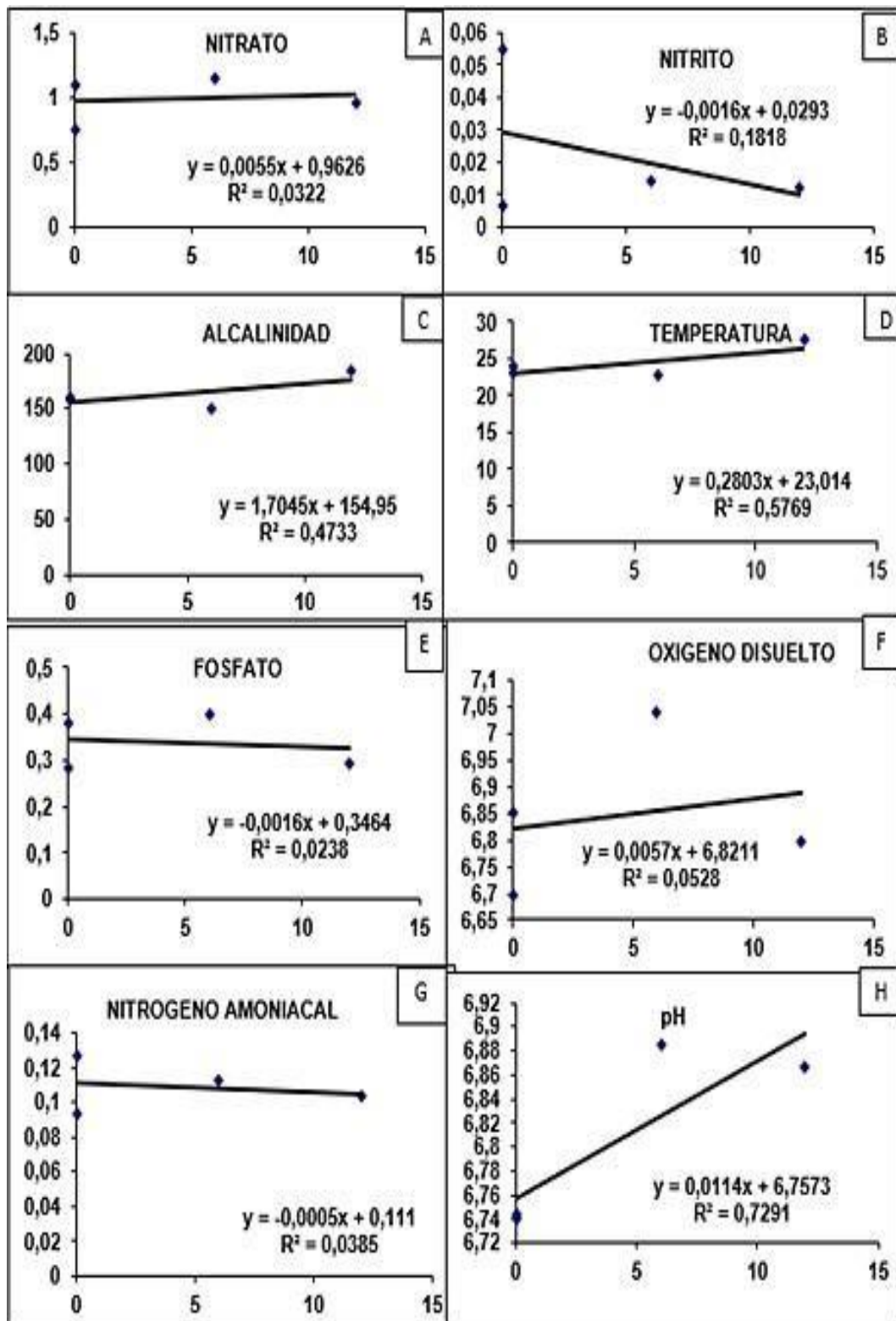


Gráfico 16. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Diptera. Nitrato(A), nitrito(B), alcalinidad(C), temperatura(D), fosfato(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.9. Orden Tricladida

Los datos obtenidos de la correlación de Pearson entre el orden Tricladida y los parámetros fisicoquímicos fueron los siguiente (Gráfica 17); oxígeno disuelto ($R^2=0.06$) y pH ($R^2=0.061$) con correlación nula negativa, fosfato ($R^2=0.21$), alcalinidad ($R^2=0.019$) con correlación débil negativa, por el contrario de la temperatura ($R^2=0.39$) que posee una correlación moderada negativa, es decir que mientras la temperatura aumente disminuye en la distribución del orden, puesto que los tricladidos son sensibles a altas temperaturas.

Ahora bien, se muestra al nitrito ($R^2=0.83$), nitrato ($R^2=0.51$) y nitrógeno amoniacal ($R^2=0.91$) con una correlación positiva fuerte, así mismo con una relación significativa, esto nos quiere decir que la influencia de estos parámetros es importante en los tricladidos, puesto que, su línea de tendencia demuestra que, si existe un crecimiento en estos parámetros, también existirá un crecimiento en la distribución de los organismos.

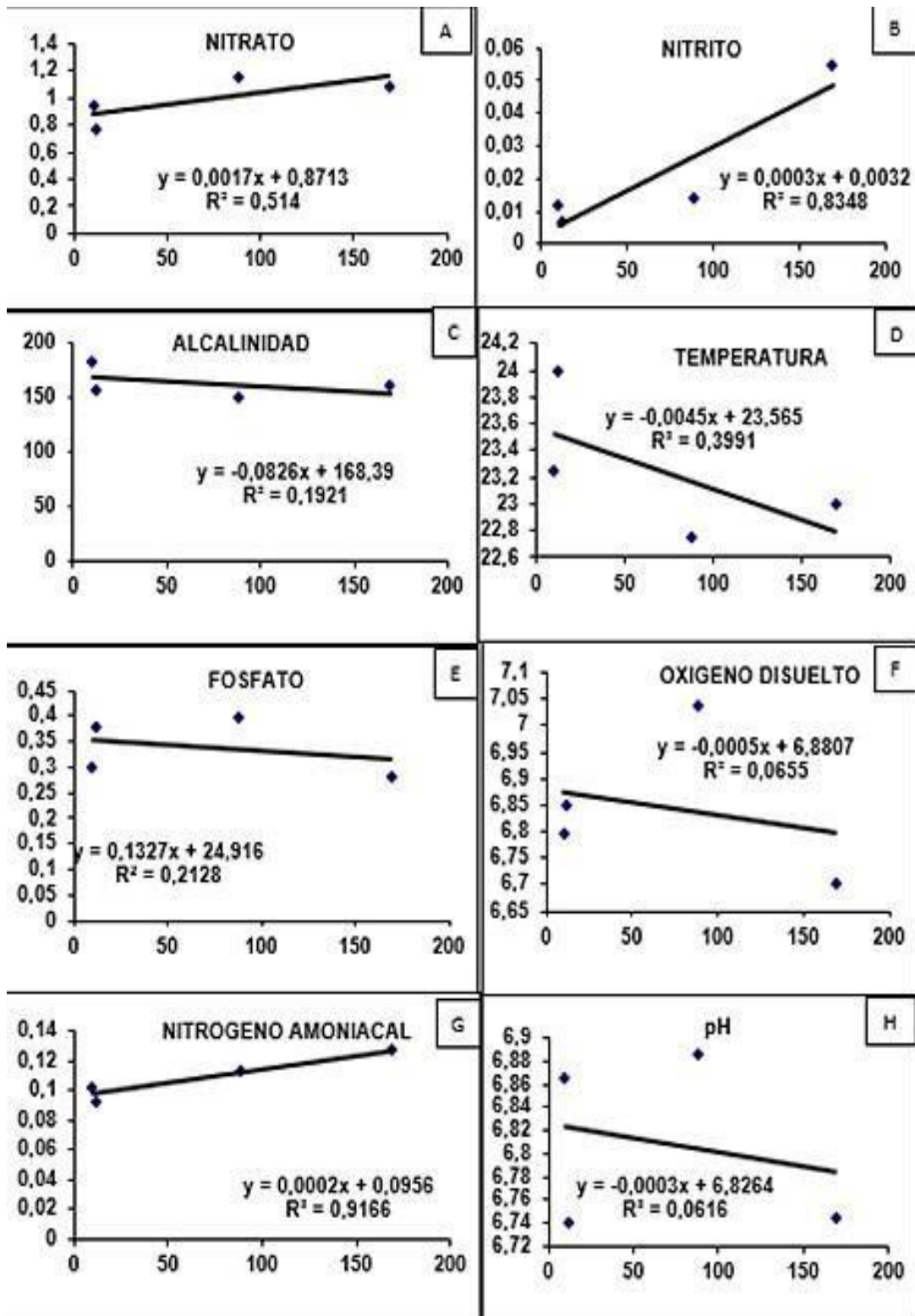


Gráfico 17. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Tricladida. Nitrato(A), nitrito(B), alcalinidad(C), temperatura(D), fosfato(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.5.10. Orden Hemiptera

En la gráfica 18 se indica los resultados de la correlación de Pearson realizadas entre el orden Hemiptera y los parámetros fisicoquímicos, detalladas de la siguiente manera; los parámetros que mayor influencia poseen en el orden, fueron; nitrito ($R^2= 0.93$) y nitrógeno amoniacal ($R^2= 0.66$) poseen una correlación fuerte, con una relación significativa, sin embargo es negativa, esto quiere decir que un aumento en estos parámetros dará como consecuencia a una disminución en la distribución de los organismos de este orden, ya que estos parámetros están asociados como tóxicos para las especies, demostrando así que su influencia es fuerte. Así mismo tenemos al pH ($R^2= 0.36$) y al oxígeno disuelto ($R^2= 0.34$) con sus correlaciones positiva débiles, explicando que poseen un porcentaje del 36% y 34% respectivamente de influencia.

Como contrapartida, tenemos a la temperatura ($R^2= 0.08$) con una correlación positiva nula, es decir que solo el 8% influye en el orden Hemiptera, de la misma forma tenemos a nitrato ($R^2= 0.14$) con correlación débil negativa, fosfato ($R^2= 0.25$) y alcalinidad ($R^2= 0.16$) con una correlación positiva débil.

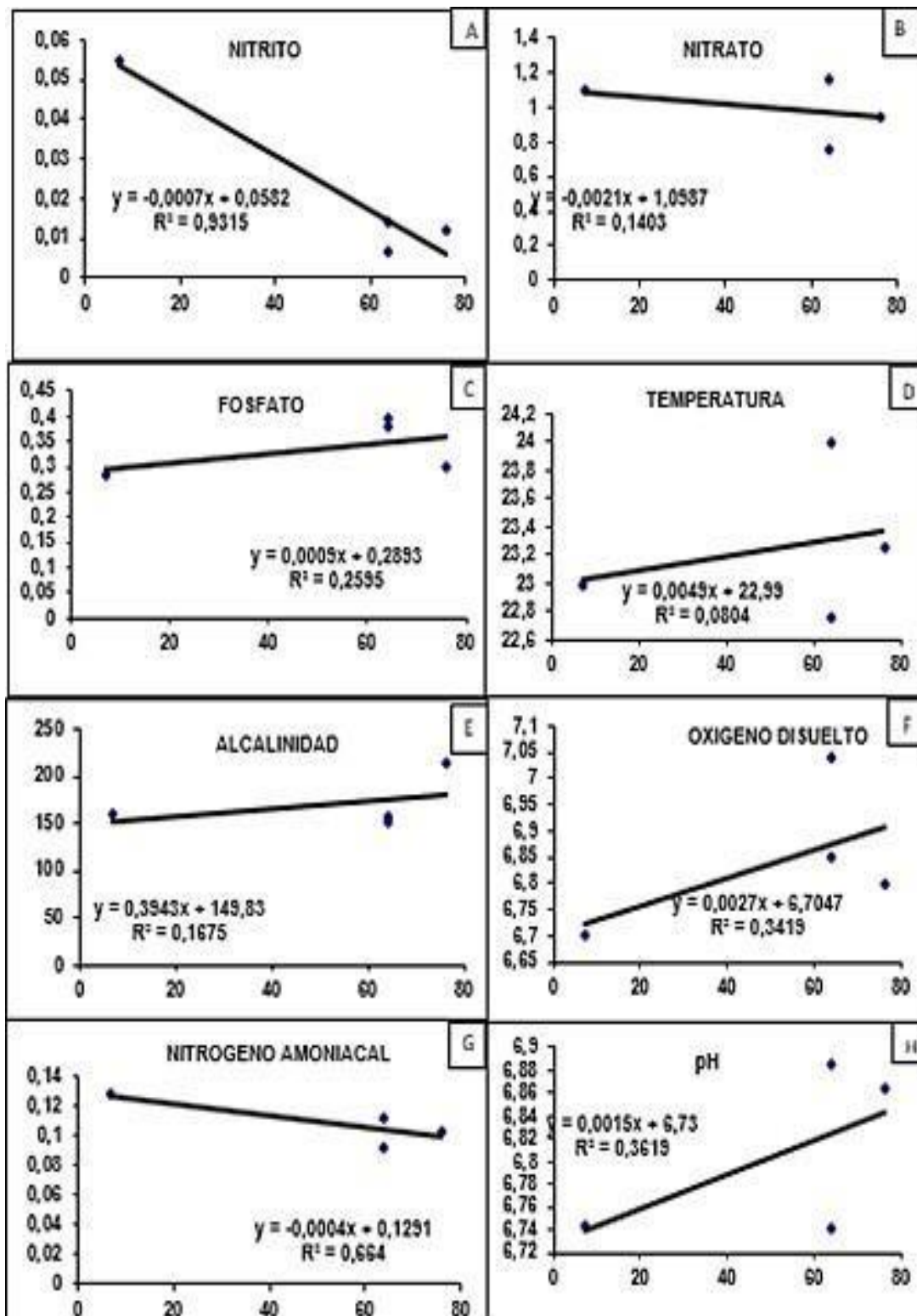


Gráfico 18. Correlación de Pearson entre los análisis Físicoquímicos y el orden Hemiptera. Nitrito(A), nitrato(B), fosfato(C), temperatura(D), alcalinidad(E), oxígeno disuelto(F), nitrógeno amoniacal(G) y pH(H).

9.6.DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN A TRAVÉS DEL ÍNDICE BMWP.

Álvarez y Pérez (2007) expresan que el índice BMWP cuantifica la calidad de agua mediante la ausencia o presencia y el nivel de tolerancia de las familias de los macroinvertebrados, por tal motivo, la evaluación biológica de la calidad de agua se realizó a través de este índice.

Según la tabla 5 muestra los órdenes, sus familias con su respectivo número indicador de calidad, en el cual detallan un grado de 10 a la familia Psephenidae, indicando así que la sensibilidad de este organismo a la contaminación es alta, por consiguiente tenemos a las familias Coenagrionidae, Leptophlebiae, Baetidae, Tricorithidae, Philopotamidae, Naucoridae, Megapodagrionidae, con un índice intermedio de 7, al contrario de la familia Tipulidae que tiene un grado de 3, es decir que su sensibilidad a la contaminación es baja, hasta cierto puede resistir a niveles altos de contaminación.

Tabla 5.*Familias de macroinvertebrados con su respectivo indicador de calidad de agua.*

ORDEN	FAMILIA	INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA – BMWP
Odonata	Libellulidae	6
Odonata	Coenagrionidae	7
Odonata	Megapodagrionidae	7
Mesogastropoda	Thiaridae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiae	7
Ephemeroptera	Baetidae	7
Ephemeroptera	Trycorithidae	7
Megaloptera	Corydalidae	6
Trichoptera	Hydropsychidae	5
Trichoptera	Philopotamidae	7
Trichoptera	Helicopsychidae	8
Coleoptera	Psephenidae	10
Coleoptera	Elmidae	5
Hemiptera	Naucoridae	7
Hemiptera	Vellidae	8
Tricladida	Dugesiidae	6
Decapoda	Palaemonidae	4
Diptera	Tipulidae	3
Total		115

Fuente: Gonzabay y Reyes (2023).

Tabla 6.

Calidad biológica del agua – Índice BMWP

	Indicador de calidad de agua - BMWP	Calidad de agua	Significado	Color
Transecto 1	107	Buena	limpias a limpias	Verde
Transecto 2	105	Buena	Aguas muy limpias a limpias	Verde
Transecto 3	97	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Azul
Transecto 4	110	Buena	Aguas muy limpias a limpia	Verde

Fuente: Gonzabay y Reyes (2023).

La tabla 6 y gráfico 19 muestran descriptivamente la calidad biológica del agua existente en los diferentes transectos, en los transectos 1, 3 y 4 presentaron aguas de calidad buena ya que corresponden a los valores entre 101-120, representados con el color verde. La buena calidad de las estaciones se manifiesta en la recolección de individuos de algunas familias tales como Baetidae, Psephenidae y Libellulidae que son rígidos y viven en aguas muy oxigenadas y rápidas (Tomás Ríos, 2015). Por su parte, el transecto 3 muestra aguas de calidad aceptable, teniendo un rango de 61-100. Los datos mencionados anteriormente se pueden observar en la gráfica 7, mismo que existe una ligera variación entre los transectos 1 y 2, por el contrario del transecto 3

que tiene una descendencia considerable con respecto a su calidad del agua, mostrando una variación de calidad de agua por transecto.

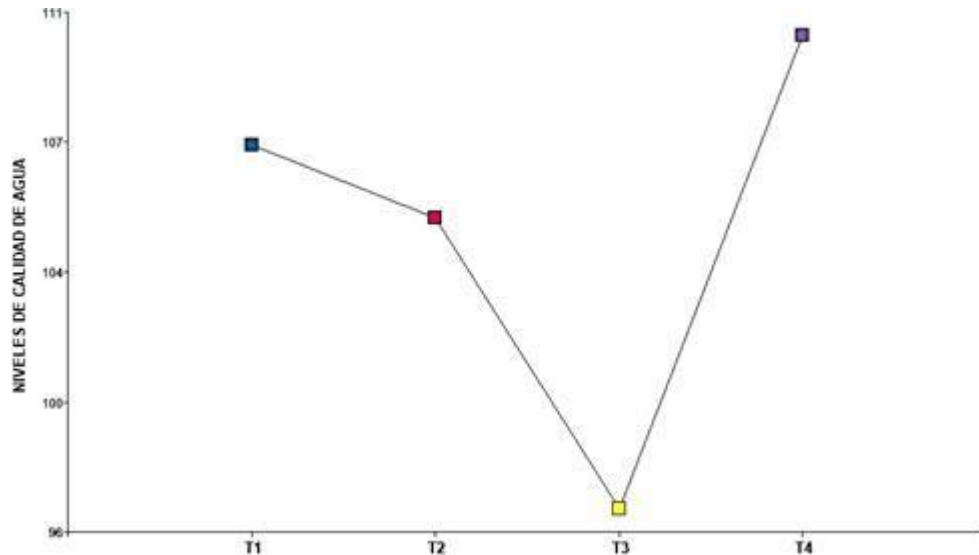


Gráfico 19. Niveles de calidad de agua por transecto.

9.7. ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN EL SITIO DE ESTUDIO

Los datos generados a través del índice BMWP mostró que el río San Vicente de Loja, Olón se encuentra categorizada en aguas limpias a muy limpias y ligeramente contaminadas en los diferentes transectos, a causa de encontrarse ordenes correspondientes a niveles sensibles de contaminación según el programa BMWP, el valor o rango total fue de 115, dando como resultado una buena calidad de agua, sin embargo, el turismo podría ser un factor determinante para que esto cambie a negativo, además la población aledaña que repercute día tras día con diferentes

actividades de su necesidad por lo que es indispensable comunicar sobre la importancia y cuidado del río de San Vicente de Loja, Olón.

A su vez contribuir para que siga existiendo la buena calidad de agua, sin dejar a un lado la disminución del deterioro ecológico del bosque cuyo río es fuente indispensable para la vida, por lo que se ha propuesto las siguientes medidas de gestión ambiental:

1. Tener normas para el uso sostenible de agua en conjunto con el programa socio bosque de la comuna Olón.
2. Animar a que se realicen monitoreos constantes sobre el agua del río ayudando a que el grado de calidad de agua que presenta se mantenga.
3. Llevar a cabo una visita constante al interior del bosque para garantizar la conducta correcta de los visitantes.
4. Difundir la información recolectada con el único fin de que la comunidad conozca y ayude a mantener o preservar la calidad de agua.

CAPÍTULO V

10. DISCUSIÓN

Durante los cuatro meses de muestreo realizados en el río San Vicente de Loja, se obtuvieron un total de 4020 individuos representados en 10 órdenes, 19 familias y 20 géneros de las cuales el mayor número de familias fueron registradas por los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera y Odonata, en comparación con lo examinado por Carvajal (2020), en el río Pozo Hondo, que registró 309 individuos dispersados en 6 órdenes, por Ephemeroptera, Odonata, Diptera, Decapoda, Hemiptera y Lepidoptera. Indicándonos que los resultados obtenidos se asemejan con dos órdenes respectivamente antes mencionados, recalcando que ambos estudios se han realizado en provincias vecinas por lo que el realce de los resultados es de mucha significancia.

Así mismo, con respecto a la abundancia existente en el presente trabajo se demostró que en mayor proporción están el orden Ephemeroptera y Coleoptera, esto se basa a los resultados mencionados por Hanson (2010) detallando que el orden Ephemeroptera son hemimetábolos, en otras palabras, tienen metamorfosis incompleta, puesto que, se hallan en casi todos los hábitats de agua dulce, pero son más diversos y abundantes en los fondos rocosos de los ríos. Por consiguiente, el orden Coleoptera son holometábolos (metamorfosis completa) he aquí donde radica su mayor abundancia, dado que, se encuentran en la mayoría de las aguas lólicas.

Por el contrario, comparando otro trabajo investigativo del autor Miguel Osejos (2020), de la misma provincia cercana con el presente proyecto existe una variación con respecto a la abundancia del orden Odonata encontrado, en este caso tal estudio encontró más abundancia, por lo que, sus resultados con respecto a la calidad de agua son de tipo de agua mala y muy contaminada, no siendo así, que en el río San Vicente de Loja el orden predominante fue Ephemeroptera reflejando aguas limpias y ligeramente contaminadas.

En cuanto, al análisis de correlación de Pearson el trabajo demostró que cada orden presentó una correlación directa con uno o dos parámetros específicos, es decir, tenía cierto grado de influencia sobre el orden, incluso las aguas con mejor calidad son las que presentan mayor diversidad en organismos, a su vez estas están relacionadas con los parámetros como: temperatura, nitrógeno, pH, oxígeno disuelto, entre otros, siendo fundamentales para la vida. Barrera Alfonso et al. (2015), indican que sus valores obtenidos como resultados en pH se encuentran proporcionados entre 5.5 y 9, cuyos términos son aceptables para la conservación de los distintos ecosistemas de agua dulce, así como los valores de pH de la investigación que corrobora y está en similitud con el trabajo investigativo del autor antes mencionado.

Por otro lado, en los resultados obtenidos sobre la correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y el orden Ephemeroptera muestra una correlación fuerte negativa con el oxígeno disuelto, esto quiere decir que mientras el oxígeno disuelto

se incremente, el orden va a disminuir su distribución, mismo que Alba et al. (2015) refutan ya que, indican que este orden habita tanto en aguas lenticas como en aguas corrientes lóaticas, específicamente en aguas oxigenadas. Sin embargo, el resultado de coeficiente de determinación del presente trabajo es del 0,4%, dando a conocer que su relación es nula.

Mediante los resultados de la correlación del presente trabajo, se puede indicar que el nitrógeno amoniacal en los cuerpos de agua es un parámetro muy importante ya que está relacionado directamente con el pH es decir, un aumento de este minimiza el nivel de toxicidad de este compuesto, así mismo, si el pH disminuye el nitrógeno amoniacal aumenta, esto se ve reflejado en los distintos gráficos de cada orden con su respectivo gráfico, expuesto anteriormente en los resultados, algo semejante ocurre con el trabajo de Pauta et al. (2019) cuyo título se basan en la evaluación de la calidad de los ríos de la ciudad Cuenca donde también explica lo anteriormente mencionado en este trabajo, teniendo una similitud alta en ambas investigaciones.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados conseguidos de manera general se pudo identificar 10 órdenes, 19 familias y 20 géneros distribuidos a lo largo del sitio de investigación, siendo Ephemeroptera el orden con mayor abundancia, incluso en cada transecto con porcentajes superiores al 30 % de la población, y Diptera con menor abundancia con un porcentaje nulo en el primer transecto.

Con respecto al índice BMWP y la evaluación de la calidad del agua evidenció de manera general que en el río San Vicente de Loja, Olón, se obtuvo un total de 115 estableciéndolo en clase I, calidad buena según el valor BMWP, al igual que los transectos 1, 2 y 4, sin embargo, el transecto 3 presentó un total de 97, clase II de calidad aceptable. Por lo expuesto anteriormente, se llega a aceptar la hipótesis propuesta en el trabajo investigativo, a través de los datos obtenidos demuestran resultados positivos en relación con la calidad del agua del sitio de estudio.

Lo planteado en la comparación de los parámetros fisicoquímicos con los órdenes de macroinvertebrados permiten identificar como influyen los parámetros en los organismos existentes en el sitio de estudio, permitió identificar que el pH fue la variable que más influencia tuvo para la mayoría de los órdenes existentes en el sitio de estudio.

En el análisis de la calidad del agua existen métodos biológicos apoyados en organismos bentónicos utilizados como indicadores biológicos por su eficacia, ya que, la abundancia, riqueza y composición de estos en el sitio de estudio ayuda para la obtención de datos, debido a que dependen de los factores ambientales, químicos, físicos y ecológicos. Cabe señalar, que la información biológica no reemplaza los registros fisicoquímicos, sino que se complementan en sí para tener un juicio del estado de conservación a lo largo del tiempo en un sitio determinado.

11.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar muestreos periódicos de los indicadores biológicos como son macroinvertebrados a lo largo del río, para evaluar de manera precisa el impacto que con lleva los factores antropogénicos de la localidad cercana, de igual manera, ejecutar análisis fisicoquímicos del río con la finalidad de mantener su buena calidad de agua y prevenir daños antrópicos.

Es preferible ejecutar más trabajos investigativos sobre la calidad en los distintos ríos de la Provincia Santa Elena, ya que, se tendría la amplitud de la base de datos con respecto a la calidad de agua en cada uno de los ríos de la provincia, aumentando así fuentes investigativas para futuras comparaciones.

Es recomendable que, al momento de trabajar con muestras biológicas en el laboratorio utilizar estereoscopios que posean luz blanca, ya que, permiten una mayor apreciación de la morfología de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, A. J. (2011). Validación de métodos analíticos para la determinación de cloro libre residual, cromo hexavalente, cromo total y nitritos en muestras de agua, en el centro de investigaciones y control ambiental “CICAM”. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Agboola, O. A. (2017). Monitoring and assessment of macroinvertebrate communities in support of river health management in Kwazulu-Natal, South Africa. South Africa: University of KwaZulu-Natal.
- Aguilar, O. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017. Abancay-Perú: Universidad Tecnológica de los Andes.
- Alba, J. (2015). Orden Ephemeroptera. Revista Idea - Sea. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_40.pdf
- Alfaro, B. O. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017. abancay – Perú: Universidad Tecnológica de los Andes.
- Alfonso, M. B. (2015). Evaluación de la calidad del agua en la quebrada La Esmeralda. Biblioteca UDFJC. ¿Obtenido de [https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4716/BarreraAlfonsoMar% c3% adaFernanda2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4716/BarreraAlfonsoMar%c3%adaFernanda2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31357>
- Andrade, J. F. (2011). Validación de los indicadores biológicos (Macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del Río yanuncay . Cuenca, Ecuador : facultad ciencias agropecuarias y ambientales de la carrera de ingeniería ambiental.
- Ante, D. P. (2020). “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) e índices EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON–WEAVER Del río Pachanlica, Provincia de Tungurahua, 2020”. Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Arcos, M. J. (2018). Análisis de diversidad de macroinvertebrados en río Pindo grande, sector estación biológica Pindo Mirador, Provincia de Pastaza. Quito, Ecuador: Universidad UTE Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industria.
- Arias, A. (2020). Coleópteros: qué son, características, tipos y ejemplos. Ecología verde. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/coleopteros-que-son-caracteristicas-tipos-y-ejemplos-2968.html>
- Bach. Uriburi Chavez, L. S. (2018). Determinación del índice de calidad del agua de consumo humano, del centro poblado de agua fresca, distrito de Chontabamba – 2018”. cerro de pasco – Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion Facultad de Ingeniería.
- Barriga, J. J. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de

- Entre Ríos - Tarija. Tarija, Bolivia: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- Bojaca, R. d. (2005). PSO Determinación de alcalinidad por potenciometría. República de Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Cabrera, M. O. (2004). Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato. Ciudad de la Habana - Cuba: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.
- Campos, A. (2016). Distribución per cápita del agua en el Ecuador. Distribución per cápita del agua en el Ecuador, 2.
- Carrasco-Baquero, J. C. (2018). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés. ecuador: Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Carrera, C. (2001). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Flacsoandes. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Carvajal, M. (2020). Estudio de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Pozo Hondo, Jipijapa. Unesum. Obtenido de file:///C:/Users/USEER/Downloads/CARVAJAL_ALVARADO_MARIA_DANIELA.%20guuu.pdf
- Castro, M. J. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Bogotá, Colombia: Ingeniería Solidaria.

- Contreras, A. (2011). Megaloptera (Insecta: Neuropterida) de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Obtenido de <https://www.gbif.org/dataset/7f976ce4-f762-11e1-a439-00145eb45e9a>
- Córdova, M. (2019). Caracterización de insectos hemimetábolos del Orden Hemiptera como grupo bioindicador en un proceso de restauración ecológica con enmiendas de Biochar en el CIPCA". Puyo-Pastaza-Ecuador: Universidad Estatal Amazónica.
- CRUZ, Y. C. (2016). Análisis comparativo de la calidad del agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la parte alta, media y baja de la quebrada el Tabor en el municipio de San Carlos – Antioquia. Medellín, Colombia: tecnológico de antioquia- Institución Universitaria facultad de Ingeniería.
- Diez, A. (2016). Descripción de la larva *Paractes acoplarse* Berg, 1877 (lepidoptera: Pyralidae) y aportes a la diversidad de lepidopteros acuáticos en el Uruguay. Uruguay: Facultad de ciencias, Universidad de la República.
- Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. Colombia: Universidad Libre Colombia.
- Echeverri, J. P. (2014). Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de pre cría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en el Municipio de Puerto Triunfo. Caldas-Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Zootecnia.

- Encalada, A. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos. *Revistas usfq*.
Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/489>
- Estefania, A. B. (2020). “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) e índices EPT, BMWP/col, ABI y Shannon–Weaver del río pachanlica, Provincia de Tungurahua, 2020”. Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales.
- Flores, P. M. (2005). *Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados*. monterrey, Mexico: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Monterrey.
- Flowers, R. D. (2010). Ephemeroptera. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica: *Revista de Biología Tropical*, vol. 58.
- Fonseca, p. g. (2010). Plecóptero. San José, Costa Rica: *Revista de Biología Tropical*.
- Gamarra, Y., & Restrepo, R. y. (2012). *Guía de campode los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly –Santander – Colombia*. Bucaramanga, Colombia: Ediciones UniversidadIndustrial de Santander.
- Generalitat Valenciana. (2023). Orden Mesogastropoda. Generalitat Valenciana. Obtenido de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/acuarium-virtual-ifac/orden-mesogastropoda>
- Geoenciclopedia. (2022). Ríos. Geoenciclopedia. Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/rios-7.html>

- Gómez, N. (2020). Los indicadores biológicos. Obtenido de <https://ibn.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/113/2021/05/4-Gomez-et-al.-2020-Los-indicadores-biologicos.pdf>
- González, N. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como. Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Obtenido de <file:///C:/Users/USEER/Downloads/1754.pdf>
- Gouveia, F. B. (2013). Biological Monitoring Using Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality of Maroaga Stream in the Maroaga Cave System, presidente Figueiredo, Amazon, Brazil. *brasil: internacional journal of ecology*.
- Grustán, D. (2015). Orden Megaloptera. *Revista IDEA-SEA*. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_57.pdf
- Guillermina Pauta, M. V. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Cuenca, Ecuador: MASKANA.
- Hanson, P. M. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Scielo. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001
- Hellawell, J. (1986). *Biological Indicators Of Freshwater Pollution And Enviromental Management*. Elsevier Applied Science. Obtenido De <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4315-5>
- Hernández, N. (2018). El río y su territorio. *Espacio de libertad: un concepto de gestión*. Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/72157132006.pdf>

- Huaman Matos, L. D. (2019). Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio – provincia de Chupaca. Huancayo – Perú.: Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente.
- Hussein, M. L. (2021). Evaluación de parámetros físico-químicos y trazas de elementos de metales pesados de diferentes fuentes de agua en y alrededor del campus institucional de Lumami, Universidad de Nagaland, India. Nagaland, India: Appl Water Sci 11, 76.
- Jaramillo, D. C. (2007). Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador.. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco De Quito.
- Jonás, M. S. (2016). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en el río Mkondoa, Tanzania, en una zona agrícola. Tanzania , Africa : Revista Africana de Ciencias Acuáticas.
- Juan Jacobo Leño Sanabria, D. P. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. Bolivia : Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- Lasso, J. C. (2006). Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos en la Confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, Estado Amazonas (Venezuela). Estado Amazonas, Venezuela: Boletín RAP de Evaluación Biológica.

- Leaño, J. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. Tarija, Bolivia: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Calle San Juan de Dios. Cancha de la Cahurina, Entre Ríos, Tarija, Bolivia.
- Ledergerber, P. A. (2015). Calidad del agua para los ríos altoandinos, mediante indicadores biológicos. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales.
- M, C. G. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. Scielo. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20Equidad%20de%20Pielou,se%C3%B1ala%20la%20ausencia%20de%20uniformidad.
- Malakane, K. -A.-B. (2020). Benthic Macroinvertebrates As Bioindicators Of Water Quality In The Blyde River Of The Olifantsriver System, South AFRICA. sur africa: Department of Biodiversity, University of Limpopo.
- Marcia Buenaño, C. V.-V. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en La Cuenca Del Pachanlica, Provincia De Tungurahua, Ecuador. tunguargua-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Marilú, C. M. (2019). "Caracterización de insectos hemimetábolos del Orden Hemiptera como grupo bioindicador en un proceso de restauración ecológica con enmiendas de biochar en El Cipca". Puyo-Pastaza-Ecuador: Universidad

Estatal Amazónica.

- Marin, V. (2018). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Amanalco”. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mejía, J. J. (2015). Evaluación de la calida del agua para uso recreacional en la microcuenca media del río Misahuallí Cantón Archidona, Provincia del Napo. Puyo-Ecuador: Universidad Estatal Amazónica.
- Molano, M. S. (2018). Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados. bolivia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Montoya, J. Y. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, EL BMWP/COL y el ASPT. Medellín, Colombia: Semillero de Limnología, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente, Rionegro-Colombia.
- Morán, J. L. (2013). Evaluación del uso turístico y recreativo de olón en la Provincia de Santa Elena. Facultad de ingeniería marítima, Ciencias biológicas,Oceánicas y recursos naturales, 283.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA. Obtenido de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Juarez , Mexico: Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Mosquera, Z. M.-M. (2021). Riqueza genérica y distribución de los odonatos (Insecta: Odonata) del departamento del Chocó, Colombia*. departamento delChocó,

Colombia: Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas.

Narcís Prat Blanca Ríos, R. A. (2008). Capítulo 20: Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Argentina: Fundación Miguel Lillo,.

Nora Gómez, E. D. (2020). Los indicadores biológicos. Obtenido de <https://ibn.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/113/2021/05/4-Gomez-et-al.-2020-Los-indicadores-biologicos.pdf>

Obilonu, C. C. (2013). Water quality challenges and impact. Estado de Imo, Nigeria: International Letters of Natural Sciences.

Ortega. (2023). ¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson? QuestionPro. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>

Ortega, V. M. (2018). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores De La Calidad Del Agua Del Río Amanalco”. México: Universidad Autónoma Del Estado De México.

Osejos, M. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. Recimundo. Obtenido de <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/962/1539>

Palou, J. M. (2000). Libro blanco del agua en España. España: Centro de Publicaciones Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente ®.

Panza, M. T. (2018). Evaluación de la calidad del agua, en un tramo de la Microcuenca Del Río Quebrada, Cantón Morona utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. Macas – Ecuador:

Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

- Parmar, T. D. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. Gujarat, India: Instituto de Investigación y Desarrollo, Universidad de Ciencias Forenses de Gujarat, Gandhinagar,. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/21553769.2016.1162753?needAccess=true&role=button>
- Paucar, I. M. (2019). Efecto de las descargas de aguas residuales de la empresa Emsaba ep sobre la calidad del agua del rio Babahoyo. año 2018. Quevedo - Ecuador: Universidad técnica estatal de Quevedo. Unidad de Posgrado.
- Pauta, G. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca. Maskana. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2670/2074>
- Pérez, G. A. (2005). Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia Basada en el Índice de Shannon y la riqueza. Francisco de Miranda, Venezuela.: Universidad Central de Venezuela. Profesora, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela.
- Ponce, M. A. (2018). Dossier académico: Bosques, recursos naturales y turismo sostenible. guayaquil: Congresos, conferencias. I Belezaca.
- Pouilly, M. S. (2004). Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinamica fluvial. Santa Cruz, Bolivia.:

Centra de Ecología Simón I. Patifio 1 Departamento de Difusión.

Prat, N. B. (2002). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas.

San Miguel de Tucumán. Argentina: Grupo de Investigación F.E.M. (Freshwater Ecology and Management).

Prefectura de Santa Elena. (29 de octubre de 2009). Provincialización. Prefectura de Santa Elena. Obtenido de <https://www.santaelena.gob.ec/index.php/23-santaelena/santaelena#:~:text=Entre%20los%20principales%20r%C3%ADos%20tenemos,%20Zapotal%3B%20Tagaduja%3B%20Engunga>.

Rivas, M. B. (2016). Relación de parámetros fisicoquímicos y presencia de Macroinvertebrados para determinar la calidad del agua del río Duero, Michoacán. Iquilpan Michoacán, México.: Instituto Politécnico Nacional.

Rivera, S. M. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Zamorano, Honduras: ZAMORANO Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. En G. Roldán, Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Scielo. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

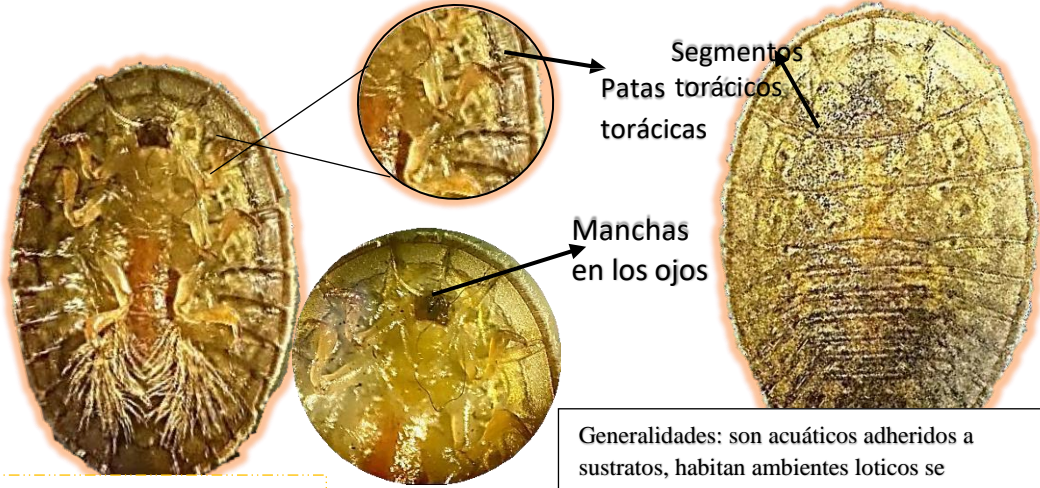

- Ruso, Y. J. (2017). Uso de bioindicadores de comunidades bentónicas como herramientas para la evaluación del impacto medioambiental generado en el medio marino. Alicante, España: Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada.
- Sabater, S. (2009). El río como ecosistema. Fundación BBVA. Obtenido de https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_02.pdf
- Salinas, N. E. (2011). ¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica. Leticia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Sallenave, R. (2015). Biomonitorio de corrientes utilizando macroinvertebrados béticos. México: Facultad de Ciencias Agrarias, del Consumidor y Ambientales.
- Samboni, N. Y. (2007). A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. Cali- Colombia: Ingeniería e Investigación.
- Sergio Álvarez, L. P. (diciembre de 2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguare, Honduras. Honduras: Zamorano. Obtenido de Bdigital : <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e315914f-3926-41cd-b071-f325ff7010e5/content>
- Soler, P. J. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Guárico. Venezuela: Universidad Rómulo Gallegos (UNERG). San Juan de los Morros 2301, Guárico. Venezuela.

- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera. Costa Rica: Museo de Zoología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
- Strong, E. E. (2002). Refining molluscan characters: morphology, character coding and a phylogeny of the Caenogastropoda. Washington, USA: Department of Biological Sciences, George Washington University, Washington, DC 20052, USA.
- Tacuri, E. M. (2017). Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la Parroquia Bayas del Cantón Azogues.. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Tiwari, D. (2015). Water Quality Parameters –A Review. Bhopal, India.: Sagar Institute of Research and Technology.
- Tomás Ríos, G. G. (2015). Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mulo, provincia de Chiriquí, Panamá. Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782007.pdf>
- Tuylen, S. V. (2015). Evaluación del efecto de la calidad del agua sobre la distribución espacio- temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad ecológica de dos ríos de la Cuenca del Lago Atitlán, Sololá. Guatemala: Concejo nacional de ciencia y tecnología -CONCYT.
- Uriburu, L. (2018). Determinación del índice de calidad del agua de consumo humano, del centro poblado de Agua Fresca, Distrito de Chontabamba – 2018”. Cerro de Pasco – Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.

- V E Susilo, S. . (2008). The diversity of Gastropoda in grati lake district pasuruan east java. Indonesia: Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, University of Jember.
- VerónicaMachado1, R. G. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. ecuador: Universidad UTE, Quito, Ecuador.
- Villamarín, C. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. Scielo. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2014000500012
- Wall, D. M. (2013). Nitrogen in Waters: Forms and Concerns. Minnesota Pollution Control Agency.
- Yáñez, E. T.-J. (2018). Main principles on water quality, the use of aquatic bioindicators and fluvial ecological restoration in Ecuador. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. Alajuela - Costa Rica: Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica.

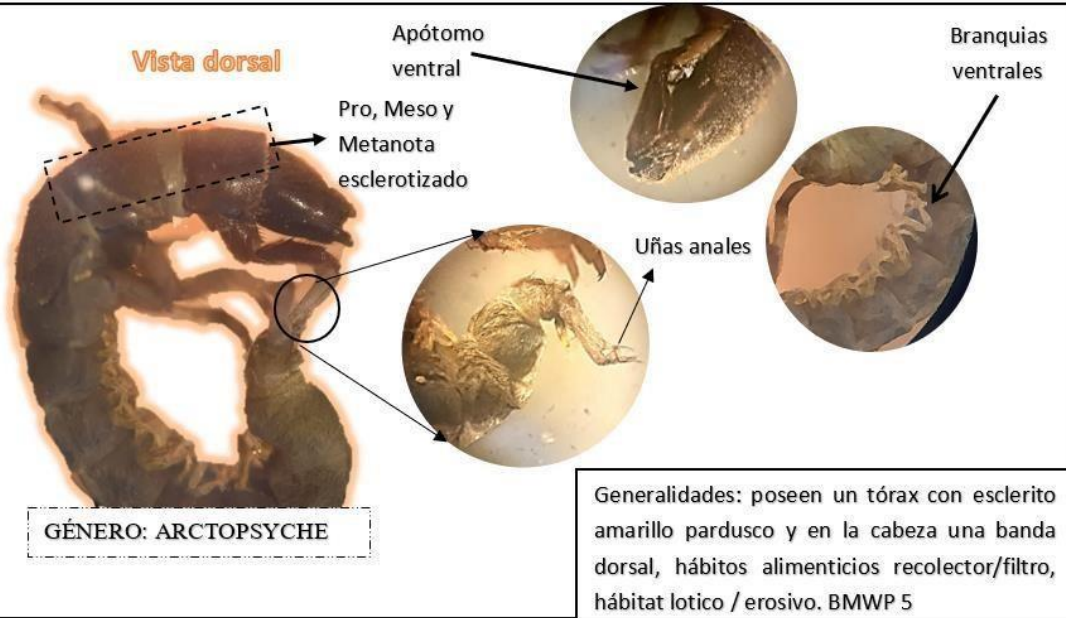
ANEXOS

Anexos 1. Fichas de las partes morfológicas para su identificación

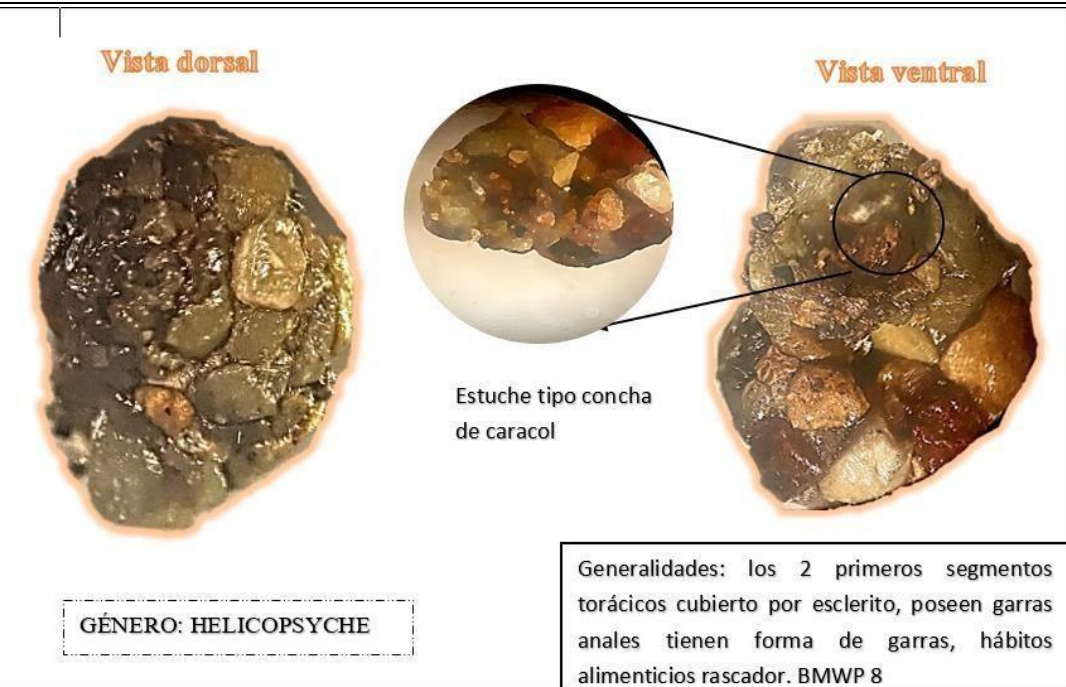
ORDEN COLEOPTERA	
FAMILIA PSEPHENIDAE	
Vista dorsal	Vista ventral
 <p>Segmentos Patas torácicas torácicas</p> <p>Manchas en los ojos</p>	
GÉNERO: PSEPHENUS	Generalidades: son acuáticos adheridos a sustratos, habitan ambientes lóticos se alimentan de raspado perifiton. BMWP: 10
FAMILIA ELMIDAE	
Parte dorsal	Parte ventral
 <p>Élitros</p> <p>Patas con grandes uñas.</p> <p>Antena en forma de hilo</p>	
GÉNERO : STENELMIS	Generalidades: son pequeños 2-4mm su hábitat alimenticio es raspados/recolector, hábitats ambientes lóticos-erosivos. BMWP: 5

ORDEN TRICHOPTERA

FAMILIA HYDROPSYCHIDAE



FAMILIA HELICOPSYCHIDAE

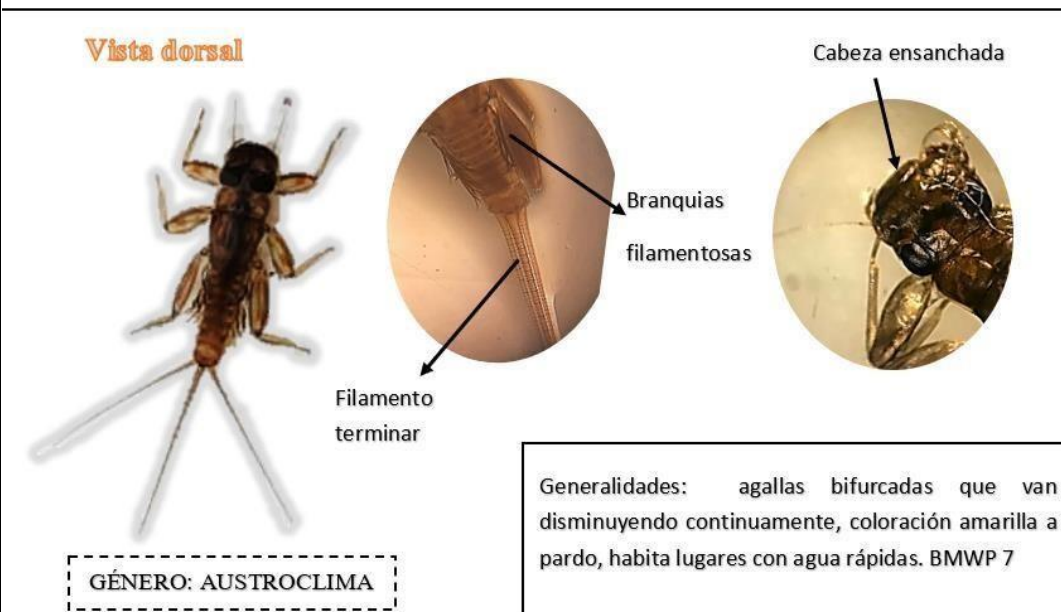


FAMILIA PHILOPOTAMIDAE



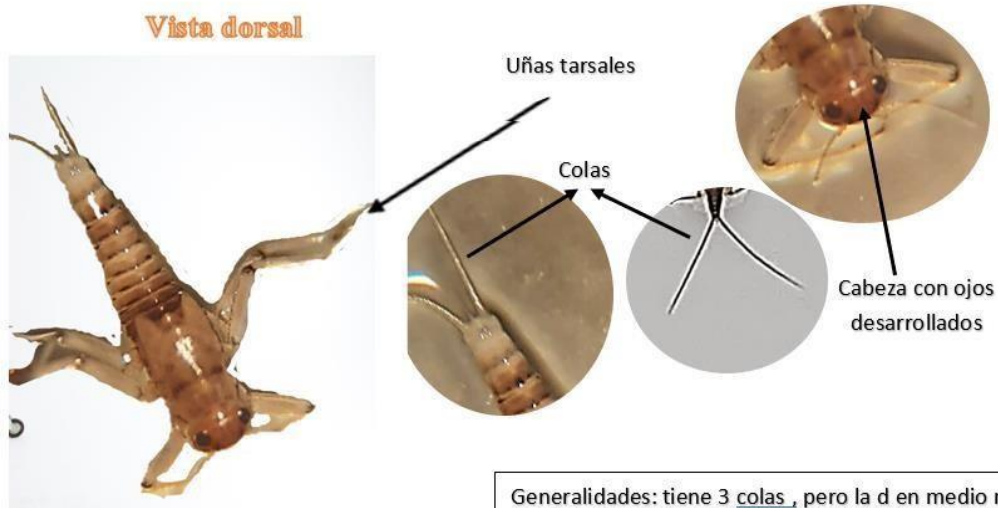
ORDEN EPHEMEROPTERA

FAMILIA LEPTOPHLEBIDAE



FAMILIA BAETIDAE

Vista dorsal

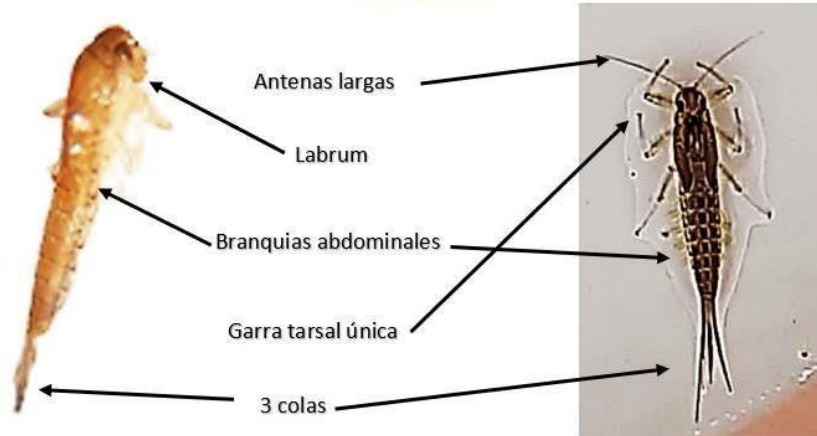


GÉNERO: BAETODES

Generalidades: tiene 3 colas, pero la d en medio muy pequeña dando la apariencia de 2, hábitos alimenticios raspador, habita lótico/erosivo, BMWP 7

FAMILIA BAETIDAE

Vista dorsal

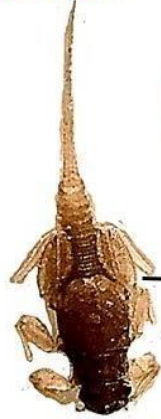


GÉNERO: BAETIS

Generalidades: posee un labio superior cubre las piezas bucales, hábitat alimenticio rascador, habita ambientes lóticos. BMWP 7

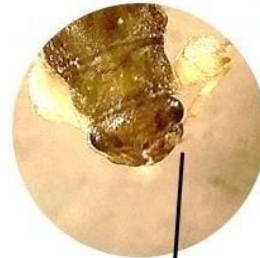
FAMILIA TRYCORITHIDAE

Vista dorsal



Agallas

Patas
torácicas



Atenas
segmentadas

Vista ventral



GÉNERO: LEPTOHYPHES

Generalidades: las agallas del 2do segmento son ovaladas, coloración parda amarilla, habita aguas lentas. BMWP 7

ORDEN TRICLADIDA

FAMILIA DUGESIIDAE

Vista dorsal



Poro excretor

Ocelos



GÉNERO: DUGESIA

Generalidades: poseen un cuerpo planaria cubierto por una mucosidad secretada por glándulas subepidérmicas, habitan aguas pocas profundas BMWP 6

ORDEN MESOGASTROPODA

FAMILIA THIARIDAE

Vista dorsal



GÉNERO: MELANOIDES

Vista lateral



Abertura



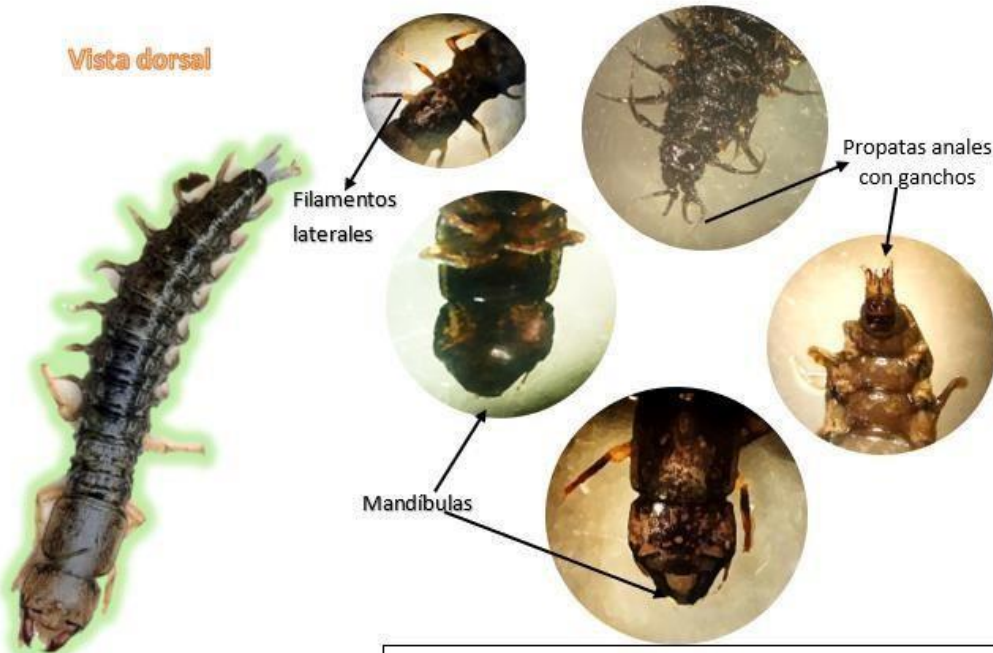
Protoconcha

Generalidades: cabeza con tentáculos donde se encuentran su órgano fotosensible, habita lugares lóticos, BMWP 5

ORDEN MEGALOPTERA

FAMILIA CORYDALIDAE

Vista dorsal



GÉNERO: NIGRONIA

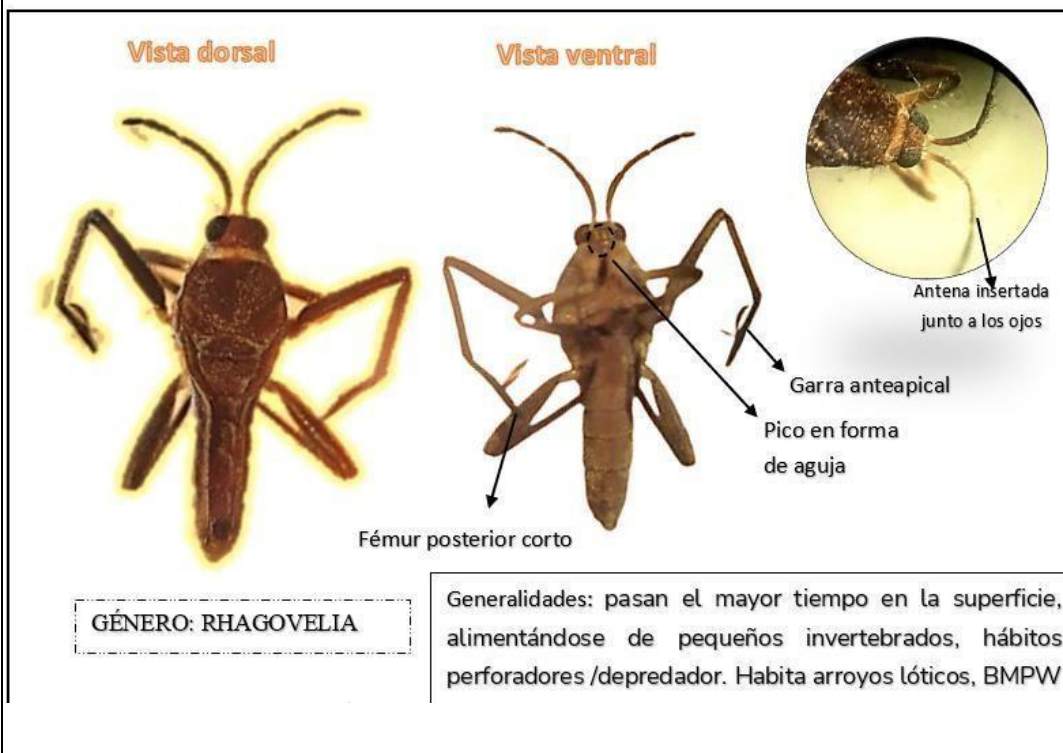
Generalidades: se caracterizan por poseer 2 mandíbulas grandes y fuertes, además de propatas anales, hábitos alimentarios engullidor /depredador, habitan ambientes lóticos . BMWP 6

ORDEN HEMIPTERA

FAMILIA NAUCORIDAE



FAMILIA VELLIDAE



ORDEN DECAPODA

FAMILIA ATYIDAE

Vista dorsal



Vista lateral



Periódodos



Generalidades: cuerpos pequeños y voluptuosos, sus 2 primeros pares de patas están adaptados para filtrar agua, habitan ríos poco profundos, BMW P 4

GÉNERO: ATYA

FAMILIA PALAEMONIDAE

Vista dorsal



Telson



Antenas

Rostrum



Vista lateral



Antenas

Periódodo

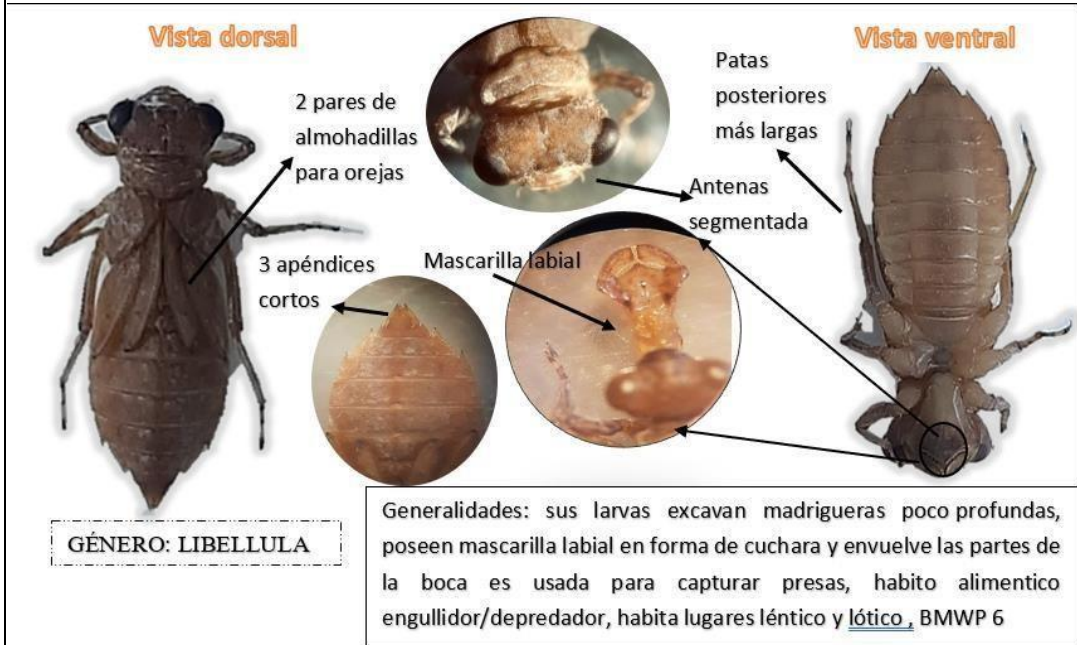
Urópodo

GÉNERO: MACROBRACHIUM

Generalidades: Rostrum recto, el 2do par de periódodos diferentes en forma y tamaño, habita ambientes lóticos BMW P 4

ORDEN ODONATA

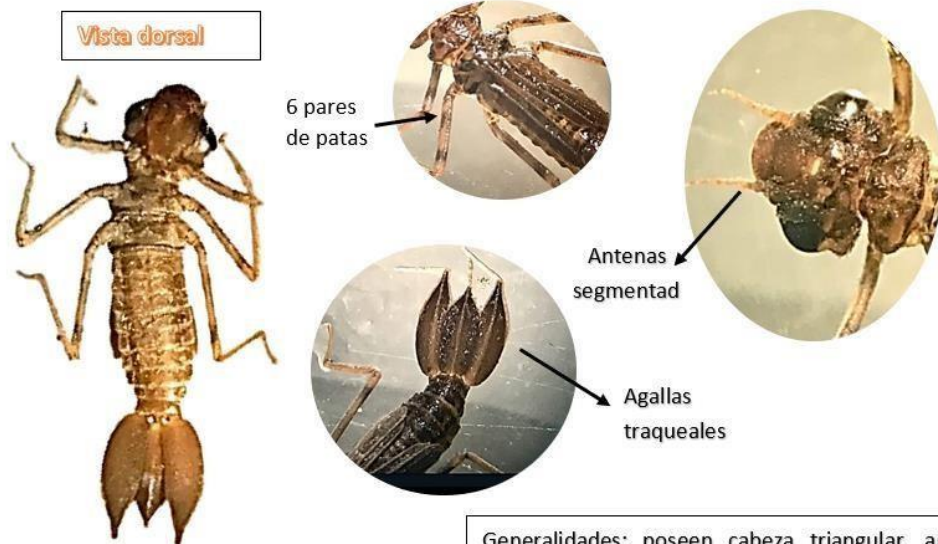
FAMILIA LIBELLULIDAE



FAMILIA COENAGRIONIDAE



FAMILIA MEGAPODAGRIONIDAE

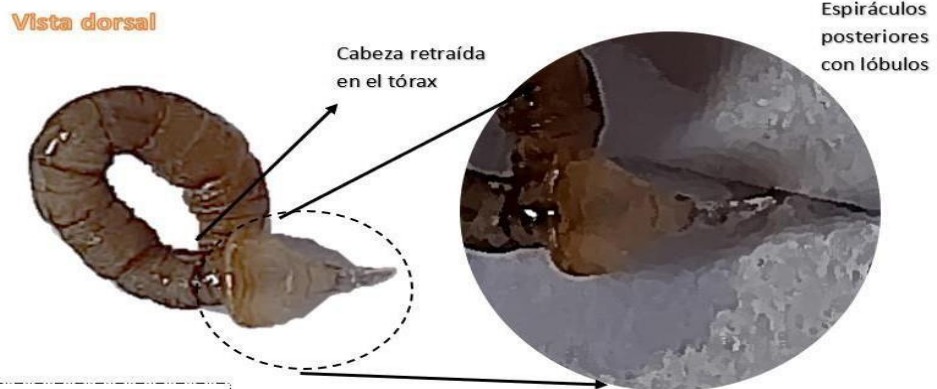


HETERAGRION

Generalidades: poseen cabeza triangular, agallas afiladas en forma de saco, habitan ríos rápidos, habito alimenticio engullidor/depredador, BMWP 7

ORDEN DIPTERA

FAMILIA TIPULIDAE



GÉNERO: HEXATOMA

Generalidades: abdomen cilíndrico y terminado en discos y lóbulos que facilitan su movilidad, BMWP 3



Anexos 2. *Obtención de pH.*



Anexos 3. *Sepación y cuantificación del material biológico recolectado.*



Anexos 4. *Obtención de la temperatura en los transectos.*



Anexos 5. *Registro de los individuos encontrados en los transectos.*



Anexos 6. *Calculo y recolección del material biológico para su respectiva identificación.*



Anexos 7. *Uso de la red surber para la recolección de macroinvertebrados.*



Anexos 8. *Rotulación de los envases para recolección de muestras de agua.*



Anexos 9. *Observación e Identificación de los macroinvertebrados con ayuda de guías taxonómica.*