



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MEDIO
AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA
COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL
RÍO MOSCA DEL CANTÓN JUNÍN**

AUTORES:

**JESSICA NICOL CRUZ LARA
JENNIFER PAOLA INTRIAGO VÉLEZ**

TUTOR:

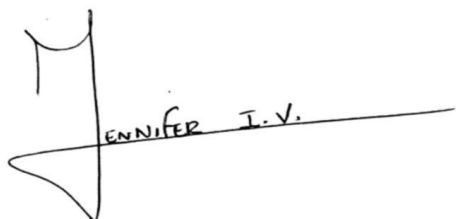
ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY, M. Sc.

CALCETA, JULIO 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Cruz Lara Jessica Nicol e Intriago Vélez Jennifer Paola, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de propiedad Intelectual y reglamento.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' and 'I.V.' followed by a horizontal line.

.....
INTRIAGO JENNIFER PAOLA

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' and 'C.L.' followed by a horizontal line.

.....
CRUZ LARA JESSICA NICOL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. José Manuel Calderón Pincay certifico haber tutelado la tesis **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA DEL CANTÓN JUNÍN**, que ha sido desarrollada por **Cruz Lara Jessica Nicol e Intriago Vélez Jennifer Paola**, previo la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO DE UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el Trabajo de Titulación **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA DEL CANTÓN JUNÍN**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Cruz Lara Jessica Nicol e Intriago Vélez Jennifer Paola**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO DE UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Kevin A. Patiño Alonzo M. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Carlos Solórzano Solórzano M. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Teresa Holanda Vivas Saltos M. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A mi abuelita Marianita del Jesús Vélez Vera, por apoyarme en cada paso de mi vida, sin sus enseñanzas y perseverancia no cumpliera mis sueños.

A mi papá Jonny Gregorio Intriago Vélez, ser mi guía y darme toda la confianza que necesite para cumplir con esta etapa de mi vida.

A mi tutor Ing. José Manuel Calderón, por compartir sus enseñanzas y su motivación para cumplir con esta investigación

Intriago Vélez Jennifer Paola

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mi Mami Jessica quien más que una buena madre ha sido mi mejor amiga, me ha consentido y apoyado en lo que me he propuesto y sobre todo ha sabido corregir mis errores.

De igual manera mis agradecimientos, a mi tutor de tesis Ing. José Manuel Calderón Pincay, quien, con la enseñanza de sus valiosos conocimientos, hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Cruz Lara Jessica Nicol

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi abuelita, mi padre y demás familiares que de una u otra manera compartieron y apoyaron en mi formación académica.

A mi tutor por sus enseñanzas y dedicación, y demás colaboradores por despejar cada duda y ser guías para la ejecución de este trabajo.

Intriago Vélez Jennifer Paola

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mis padres Jessica y Samuel por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Cruz Lara Jessica Nicol

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE CUADROS	xiii
CONTENIDO DE GRÁFICOS Y FIGURAS	xiv
FIGURAS	xv
ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. IDEA A DEFENDER	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. INDICADORES BIOLÓGICOS.....	5
2.2. MACROINVERTEBRADOS	6
2.2.1. HÁBITATS DE LOS MACROINVERTEBRADOS.....	7

2.2.2.	MODOS DE VIDA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	8
2.2.3.	VENTAJAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS.....	8
2.3.	METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	9
2.3.1.	ESTABLECIMIENTO DE ESTACIONES DE MUESTREO	9
2.3.2.	DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	9
2.3.3.	RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.....	10
2.3.4.	TÉCNICAS PARA RECOLECTAR MACROINVERTEBRADOS	11
2.3.4.1.	TÉCNICA MANUAL	11
2.3.4.2.	RED DE PATADA	12
2.3.4.3.	TÉCNICA SURBER	12
2.4.	ÍNDICES BIÓTICOS	12
2.4.1.	ÍNDICE BMWP	13
2.4.2.	ÍNDICE EPT	14
2.4.3.	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	14
2.5.	CALIDAD DEL AGUA.....	15
2.6.	CUENCA HIDROGRÁFICA.....	15
2.7.	MICROCROCUENCA	16
2.8.	TIPOS DE CAUDALES	16
2.9.	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	16
2.10.	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	17
2.10.1.	OXÍGENO DISUELTO.....	17
2.10.2.	TEMPERATURA	17
2.10.3.	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	17
2.10.4.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	17
2.11.	RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS Y CALIDAD DE AGUA	18

2.12. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD HÍDRICA EN ÁREAS DE DESCARGAS RESIDUALES AL RÍO QUEVEDO, ECUADOR	19
2.13. CALIDAD DE AGUA Y SU COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO CHINCHINÁ	20
2.14. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL RÍO PUYO, EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA	21
2.15. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	22
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	23
3.1. UBICACIÓN	23
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO	24
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO	24
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	24
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	24
3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS	24
3.4.1. MÉTODOS	24
3.4.2. TÉCNICAS	24
3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.6. PROCEDIMIENTO	25
3.6.4. FASE I. ESTABLECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA, DEL CANTÓN JUNÍN	25
3.6.4.2. ACTIVIDAD 1. ELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	25
3.6.4.3. ACTIVIDAD 2. CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS	26

3.6.5. FASE II. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JUNÍN A TRAVÉS DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS	27
3.6.5.2. ACTIVIDAD 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS	27
3.6.5.3. ACTIVIDAD 4. CÁLCULO DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS	27
3.6.5.4. ACTIVIDAD 5. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	28
3.6.6. FASE III. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE EPT Y DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	28
3.6.6.2. ACTIVIDAD 6. CORRELACIÓN DE LOS RESULTADOS	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. ESTABLECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA, DEL CANTÓN JUNÍN	30
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JUNÍN A TRAVÉS DE ÍNDICES BIOLÓGICOS.....	36
4.3. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE EPT Y DE LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO MOSCA.....	45
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1. CONCLUSIONES.....	55
5.2. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	64

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2.1. Familias y su respectiva puntuación para el cálculo del índice BMWP	14
Cuadro 3.1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo estudiadas.	23
Cuadro 3.2. Clasificación de la calidad del agua según el índice de BMWP	27
Cuadro 3.3. Clasificación de la calidad de agua de acuerdo al índice de Shannon	27
Cuadro 3.4. Porcentajes de la calidad del agua de acuerdo al índice EPT	27
Cuadro 4. 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo	30
Cuadro 4. 2. Número de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo lluvioso y seco	33
Cuadro 4. 3. Resultados del cálculo del índice de Shannon-Weaver	36
Cuadro 4. 4. Resultados del cálculo del índice de EPT	38
Cuadro 4. 5. Resultados del cálculo del índice BMWP	40
Cuadro 4. 6. Resultados de la medición de pH en las estaciones de muestreo	42
Cuadro 4. 7. Resultados de la medición de oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo	43
Cuadro 4. 8. Resultados de la medición de temperatura en las estaciones de muestreo	44
Cuadro 4. 9. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice BMWP	46
Cuadro 4. 10. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en época lluviosa	48
Cuadro 4. 11. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice BMWP en época lluviosa	48
Cuadro 4. 12. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general	48
Cuadro 4. 13. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice BMWP en general	48
Cuadro 4. 14. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice EPT ..	49
Cuadro 4. 15. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice de Shannon	49

Cuadro 4. 16. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa	50
Cuadro 4. 17. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa	50
Cuadro 4. 18. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general.....	51
Cuadro 4. 19. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice de Shannon en general	51
Cuadro 4. 20. Correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en época seca.....	52
Cuadro 4. 21. Correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en época lluviosa	53

CONTENIDO DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 4.1. Índice de Shannon-Weaver calculado para la época lluviosa y seca	38
Gráfico 4.2. Índice EPT calculado para la época lluviosa y seca	39
Gráfico 4.3. Índice BMWP calculado para la época lluviosa y seca	41
Gráfico 4.4. Resultados de la medición de pH en las estaciones de muestreo	44
Gráfico 4.5. Resultados de la medición de oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo	45
Gráfico 4.6. Resultados de la medición de temperatura en las estaciones de muestreo	46
Gráfico 4.7. Análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en época lluviosa	48
Gráfico 4.8. Análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general	49
Gráfico 4.9. Análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa	51
Gráfico 4.10. Análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en general	52

FIGURAS

Figura 2. 1. Métodos utilizados para la recolección de macroinvertebrados acuáticos.....	11
Figura 3. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo	23

ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreo	65
Anexo 2. Estación de muestreo 1 “Dos Bocas”	66
Anexo 3. Estación de muestreo 2 “La Perla”	66
Anexo 4. Estación de muestreo 4 “El Moralito”	67
Anexo 5. Estación de muestreo 3 “El Zapote”	67
Anexo 6. Estación de muestreo 5 “El Higuérón”	68
Anexo 7. Estación de muestreo 6 “El Naranjito”	68
Anexo 8. Análisis de laboratorio	69
Anexo 9. Cronología fotográfica del desarrollo de la investigación.....	70
Anexo 10. Especie identificada (<i>Ephemerellidae</i> – <i>Ephemeroptera</i>)	71
Anexo 11. Especie identificada (<i>Baetide- Ephemeroptera</i>).	71
Anexo 12. Especie identificada (<i>Diptera - Chironomidae</i>).	72
Anexo 13. Especie identificada (<i>Trichoptera - Hydrobiosidae</i>).	72
Anexo 14. Especie identificada (Coleóptera - Hydrophilidae).	73
Anexo 15. Especie identificada (<i>Odonata - Libellulidae</i>).....	73
Anexo 16. Medición del oxígeno disuelto del agua recolectada del Río Mosca	74
Anexo 17. Medición del pH del agua recolectada del Río Mosca.	74
Anexo 18. Cálculos para obtener los índices biológicos	75

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la calidad del río Mosca del cantón Junín mediante la presencia de comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Se establecieron seis estaciones de muestreo a lo largo del río, posteriormente se recolectaron los macroinvertebrados con ayuda de las redes surber y de patada, se utilizaron los índices de Shannon-Weaver, BMWP y EPT para establecer la diversidad y la tolerancia a la contaminación, además, los parámetros fisicoquímicos que se midieron fueron: pH, temperatura y oxígeno disuelto. Los macroinvertebrados recolectados en las estaciones de muestreo ascienden a 1038 individuos, de los cuales 627 fueron recolectados en la época seca y 411 en la época lluviosa. Se identificaron 20 familias, los órdenes con mayor abundancia de especímenes son el *Ephemeroptera* con 241 individuos correspondientes a la familia *Leptophlebiida*. Los resultados de la investigación del índice de Shannon-Weaver la calidad de agua del río Mosca fue de agua limpia, con una diversidad de especies alta, además, el índice EPT mostró que la calidad del agua en el río Mosca es Buena, también se determinó que la correlación entre los parámetros físicos químicos y el índice EPT en la época seca es inversa en los parámetros Temperatura (- 0,17) y pH (- 0,76) y el índice EPT, debido a que el coeficiente de Pearson oscila entre -1 a 0, y en la época lluviosa, se obtuvo una correlación indirecta, donde el coeficiente de Pearson del oxígeno disuelto es de -0,40 la temperatura obtuvo -0,20 y el pH -0,26.

PALABRAS CLAVE

Macroinvertebrados, insectos, bioindicadores, calidad, Agua

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the quality of the Mosca River in Junín canton through the presence of aquatic macroinvertebrate communities. For this, six sampling stations were established along the river, later the macroinvertebrates were collected with the help of the surber and kick nets, the Shannon-Weaver, BMWP and EPT indices were used to establish the diversity and tolerance to contamination of aquatic macroinvertebrates, in addition, the physicochemical parameters that were measured were: pH, temperature and dissolved oxygen. The macroinvertebrates collected in the sampling stations amount to 1038 individuals, of which 627 were collected in the dry season and 411 in the rainy season. 20 families were identified; the orders with the highest abundance of specimens are the Ephemeroptera with 241 individuals corresponding to the leptophlebiida family. The results of the investigation were that through the Shannon-Weaver index, the water quality of the Mosca River was clean water, with a high diversity of species, in addition, the EPT index showed that the quality of the water in the Mosca River is Good, it was also determined that the correlation between the chemical physical parameters and the EPT index in the dry season is inverse in the parameters Temperature (-0.17) and pH (-0.76) and the EPT index, because the pearson's coefficient ranges from -1 to 0, and in the rainy season, an indirect correlation was obtained, where the Pearson's coefficient of dissolved oxygen is -0.40, the temperature obtained -0.20 and the pH -0.26.

KEY WORDS

Macroinvertebrates, insects, bioindicators, quality, Water.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial el principal problema de la calidad del agua, es la eutrofización, la cual merma la calidad del agua en dependencia de diversos factores tales como relieve, clima, hidrografía y de la acción humana que se presentan (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014). La contaminación que se ejerce en las cuencas hídricas produce pérdida de biodiversidad teniendo implicaciones negativas como la disminución en la capacidad de resiliencia, simplificación del sistema y pérdida de integridad ecológica (Yépez *et al.*, 2017).

De acuerdo a Reyes *et al.*, (2016) en los últimos años, la disminución de la calidad del agua se encuentra en aumento, debido a que diversos estudios indican que la tasa de contaminación se encuentra en 2000 millones de metros cúbicos diarios. Concordando con esta alegación la ONU (2015) menciona que es evidente la crisis ambiental que afronta el recurso hídrico, lo que compromete el desempeño de los objetivos del Desarrollo Sostenible.

Además, se conoce que los sistemas acuáticos continentales como los ríos, lagos, embalses entre otros, se encuentran contaminados, por las actividades antropogénicas como del sector agrícola, ganadero e industrial (Reyes *et al.*, 2016). Como plantean Guerrero *et al.*, (2017) en el Ecuador no existen muchos estudios sobre el diagnóstico de la calidad del agua en los ríos, lo que dificulta que se consideren a seres vivos como los macroinvertebrados acuáticos, para efectuar dichos análisis.

Con base a lo mencionado por Terneus *et al.*, (2015) debido a las actividades antropogénicas, los cuerpos de agua han venido sufriendo modificaciones en su estructura física y química, además, de su composición biótica acuática, en este sentido, las comunidades de macroinvertebrados han sufrido cambios drásticos debido al impacto de la contaminación, ya que se observan que han cambiado su hábitat, hoy en día se observa que los organismos de aguas limpias, se encuentran con una baja diversidad, por la propagación de individuos de aguas contaminadas.

Con estos antecedentes, se planteó la siguiente interrogante:

¿Cómo determinar la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados del río Mosca del Cantón Junín?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Como lo expresa, Paredes (2013) un recurso fundamental para el medio ambiente, es el agua, y que ayuda a la reproducción de la vida en la tierra, dado que es un elemento indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos, dicho de otra manera, de ahí parte la necesidad de evaluar su calidad.

En cuanto a lo manifestado por Meneses *et al.*, (2019) los cuerpos de agua, como lo ríos, al estar sometidos a varias presiones antropogénicas que perturban la calidad de sus aguas, crean diferentes niveles de contaminación, ya que estos alojan una variedad de fauna y flora que se encuentran influenciados por factores altitudinales, geológicos, climáticos y transformaciones fisicoquímicas del agua, y los análisis de la calidad del agua de estos cuerpos de agua tienen que basarse en técnicas confiables que ayuden a establecer tanto su calidad fisicoquímica como biológica, lo que ayuda a la toma de decisiones para la conservación del ecosistema acuático.

Por lo que se refiere al uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, se cimienta en el hecho de que estos organismos ocupan un hábitat cuyos requerimientos ambientales se encuentran adaptados a sus necesidades, y cualquier cambio en sus condiciones ambientales, ocasionan que se desarrolle un desequilibrio en la estructura y composición de las comunidades de individuos acuáticos que habitan en dichos cuerpos de agua (Terneus *et al.*, 2015).

La presente investigación se basa en el art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) donde se menciona que el Estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. A su vez, se normaliza cualquier actividad que pueda perturbar la calidad y cantidad del agua y el equilibrio del ecosistema, especialmente en las fuentes de agua y áreas de

alimentación. Además, se fundamenta en el Plan Nacional para una Vida Mejor (PNVB), específicamente en el objetivo 7, el cual insta a que se tiene que resguardar los derechos de la naturaleza y promover el desarrollo ambientalmente sostenible en el país (Secretaría de Planificación y Desarrollo de Ecuador [SENPLADES], 2013). Considerando lo expuesto, se menciona la importancia que involucra conocer los indicadores biológicos del río Mosca para la adecuada administración de esta unidad natural, logrando de esta manera conservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y mantener la salud de los seres vivos.

De acuerdo a Terneus y Yáñez (2018) la utilización de macroinvertebrados acuáticos para establecer la calidad del agua de los cuerpos de agua, permite disminuir los costos, con lo que refiere a las metodologías de química analítica convencional, que es utilizada en diversos laboratorios que miden la calidad del agua, en diferentes sistemas hídricos, asimismo, la expresión de los componentes bentónicos de los cuerpos de agua indica efectos a largo plazo en la salud del hábitat, no solo la representación transitoria proporcionada por las técnicas tradicionales de química analítica.

Debido a la falta de métodos para analizar la calidad del agua en el cantón Junín, este estudio evaluó el impacto de las actividades humanas en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos que habitan el río Mosca, como un mecanismo que admite la adopción de una política oportuna para el cuidado del medio ambiente, especialmente este importante ecosistema acuático, preservando así su función ecológica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Mosca del cantón Junín.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Mosca, del cantón Junín.
- Caracterizar la calidad del agua del río Junín a través de parámetros físico-químicos e índices biológicos.
- Relacionar los resultados obtenidos de la aplicación del índice EPT y de la medición de los parámetros físico-químicos en el río Mosca.

1.4. IDEA A DEFENDER

La calidad del río Mosca puede ser determinada a través de la presencia y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados y de la aplicación de índices biológicos como el Índice de Shannon-Weaver, Índice BMWP y el Índice EPT.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. INDICADORES BIOLÓGICOS

Un bioindicador o indicadores biológicos son aquellos organismos que se encuentran invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es superior al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat (Lozano, 2005).

Los indicadores biológicos más destacados para determinar la calidad de los recursos hídricos son los macroinvertebrados debido a las ventajas que poseen respecto a otros organismos acuáticos. Las principales ventajas de estos organismos son:

- Presencia en todos los sistemas hídricos dulces
- Naturaleza sedentaria
- Muestreo de bajos costos y simples
- Disponibilidad de información, índices y métodos (Figueroa *et al.*, 2017).
- Los bioindicadores constituyen organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible (Hahn *et al.*, 2018).

Según Tenjo y Cárdenas (2019) se puede definir al indicador biológico cuando es utilizado para evaluar la calidad del agua se define como una especie o grupo de especies, que tiene requerimientos especiales para una o un conjunto de variables físicas o químicas, tales como la presencia/ausencia, cuantitativas, morfológicas o cambio de comportamiento de esa especie en particular, indicando que las variables físicas o químicas se consideran cercanas a su límite de tolerancia.

Los autores mencionan que entonces un indicador biológico es una especie o grupo de especies, animales, plantas o microorganismos con una estrecha tolerancia a uno o más factores ambientales de origen biológico o abiótico y su presencia de indicadores biológicos en un hábitat indica la condición específica de su entorno.

2.2. MACROINVERTEBRADOS

De acuerdo a Nieto *et al.*, (2016) los macroinvertebrados son un componente vital en los ecosistemas acuáticos. Los estados inmaduros y en muchos casos también los adultos, forman parte de diferentes grupos tróficos, tales como colectores-recolectores, colectores-filtradores. De este modo, según Meneses, Castro, y Jaramillo (2019), los macroinvertebrados acuáticos juegan un rol fundamental, debido a que son biomarcadores de larga vida, que ayudan a monitorear la calidad del agua dulce, son abundantes y generalizados, fáciles de recolectar e identificar, y tienen una tolerancia que los hace sensibles o resistentes a los patógenos diversos trastornos sistémicos.

Según Walteros *et al.*, (2016) los macroinvertebrados acuáticos se han estudiado ampliamente para valorar la respuesta de los ecosistemas acuáticos a la influencia humana y, por lo tanto, forman parte de varios procedimientos para evaluar el estado integral del flujo de agua. En este sentido, Terneus y Yáñez (2018) menciona que estos individuos tienen un papel importante en la adecuada gestión de los recursos hídricos; de estos requisitos especiales, cada grupo o grupo de macroinvertebrados acuáticos ha sido identificado como exhibiendo un grado de especialización o preferencia que ocupa un microambiente particular; preferencias por determinados aspectos físicos, como la dinámica del agua y las corrientes, por tanto, la presencia, abundancia o ausencia de estos organismos suele indicar el estado de un cuerpo de agua o parte de él.

De acuerdo a Terneus y Yáñez (2018) entre sus principales características se mencionan las siguientes:

- Son sedentarios, debido a que poseen escasa capacidad de movimiento y se encuentran directamente en contacto con las sustancias vertidas en las aguas.
- Poseen un ciclo de vida largo respecto a otros organismos, lo que facilita el estudio y respectivo análisis de los acontecimientos durante un prolongado tiempo.
- Su tamaño es aceptable frente a otros organismos para su respectivo análisis (Pastran, 2017).

2.2.1. HÁBITATS DE LOS MACROINVERTEBRADOS

De acuerdo con Globe (2005) el hábitat es un lugar donde los animales satisfacen todo lo que necesitan para sobrevivir y prosperar, incluidas las fuentes de alimento, las características físicas del entorno, los lugares y los materiales para construir nidos, y cuidar y proteger a sus crías del daño, y depredadores, además, el hábitat incluye rocas, ramas, vegetación en descomposición y otros seres vivos como las plantas.

Por su parte, Pastran (2017) indica que los ecosistemas de agua dulce son considerados uno de los recursos naturales renovables más importantes para la vida, y en términos de valor biológico, también se distinguen por un bioma rico y diverso, incluye una amplia variedad de peces y otros vertebrados, así como muchos otros tipos de invertebrados, plantas y algas, además, el transporte de materia orgánica en suspensión desde el nacimiento hasta el estuario, dando lugar a la estrecha relación de los nacimientos de agua con los ecosistemas terrestres, de hecho, la vegetación existente a ambos lados del río tiene una estrecha relación entre sí a la vida dentro del río, más relacionada con la vida fuera de él.

El mismo autor manifiesta que, los macroinvertebrados narra la historia de los cuerpos de agua porque muchos de estos individuos habitan áreas pequeñas y viven durante un año o más cuando el agua fluye, lo que es probable que los cambios en el hábitat, incluida la química del agua, lo que conduce a cambios en las comunidades de vertebrados. Algunos de los hábitats que viven en agua corriente o estancada y en pantanos se enumeran a continuación:

- Vegetación de cardumen, vegetación sumergida, ramas, troncos de árboles, raíces, suelo, arena y grava. En el exterior, las características físicas se dan en áreas profundas, con agua que fluye libremente y poco limo, además, el chorro es cuando el agua poco profunda con corrientes rápidas y gran cantidad de sedimentos, las aguas corrientes: una categoría entre cuencas y rápidos.

2.2.2. MODOS DE VIDA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

- **Necton:** son todos los organismos vivos que nadan activamente en el agua como peces. Entre estos seres están efemerópteras de la familia *Baetidae*, *hemípteros* y otros (Gallozo y Yauri, 2017).
- **Plancton:** la vida en el lago (organismos que se mueven independientemente en el agua) es limnético, son casi en su totalidad peces. La mayoría de ellos son los mismos que en las regiones costeras. Los peces ocupan un lugar destacado en Necton, el último eslabón de la cadena alimentaria de ríos y lagos (Iza, 2015).
- **Neuston:** se refiere a un grupo de organismos asociados con las membranas superficiales de lagos, océanos y algunos arroyos de flujo libre. Suelen ser especies acuáticas (*hyponeuston*), individuos que se encuentran sobre el agua, pero sumergidos (*epineuston*) y grupos que se desplazan sobre el agua en estructuras hidrofóbicas (Iza, 2015).

2.2.3. VENTAJAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS

De acuerdo a Terneus y Yáñez (2018) las comunidades de invertebrados bentónicos han sido seleccionadas como una de las biotas más adecuadas para evaluar la integridad del estado ecológico de los cuerpos de agua porque han demostrado ser organismos vivos. Buen estudio de la calidad del agua ambiental, cumpliendo ciertos requisitos de sensibilidad deseada, factibilidad de muestreo, validez científica, etc.

Por su parte, Vozmediano (2015) menciona que alguna de las principales ventajas de utilizar macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua:

- De hecho, están presentes en todos los sistemas acuáticos, por lo que son la primera opción para estudios comparativos.
- El carácter sedentario es perfecto para analizar los efectos de la enfermedad.
- Tienen una larga vida útil en el agua, por lo que se pueden estudiar los cambios a lo largo del tiempo.

- Son muy sensibles a las distracciones, lo que les hace reaccionar rápidamente.
- Se ha demostrado la disponibilidad de métodos de análisis de datos e indicadores en diferentes ríos del mundo.

2.3. METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

2.3.1. ESTABLECIMIENTO DE ESTACIONES DE MUESTREO

Álvarez (2015) menciona que, para maximizar la diversidad de macroinvertebrados, los sitios de muestreo deben explorarse cuidadosamente para cubrir todos los hábitats posibles, es decir, bentónicos (arena, grava, tierra, vegetación residual), plantas acuáticas (flotantes, hundidas), raíces de árboles, entre otros, y el muestreo debe cubrir un área de 10 a 20 metros cuadrados y tiene que realizarse dentro de los 20 o 30 minutos.

El mismo autor señaló que el muestreo no debe realizarse después de fuertes lluvias, ya que esto podría provocar la pérdida de organismos nativos u otros organismos que podrían ser arrastrados por la corriente, y en los ríos grandes, el muestreo tiene que realizarse en ambos márgenes, ya que la fauna puede variar debido a la sombra, los meandros, la composición del lecho y la posible contaminación. Rodríguez *et al.*, (2016) menciona que el muestreo no tiene que tomarse en la confluencia directa de los dos ríos, sino debajo de la zona de mezcla. Para la aplicación del Índice IBMWP, es importante seleccionar ríos con todos o la mayoría de los tipos de hábitat designados, que permitirán aprovechar la mayor biodiversidad.

2.3.2. DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Según Álvarez (2015) existen varios métodos de muestreo de macroinvertebrados acuáticos, cualitativa o cuantitativamente, según el tipo de sustrato y el tipo de estudio. En el caso de los manantiales de roca, el método cualitativo más utilizado es el tamizado, que determina únicamente la diversidad de especies, pero no las cantidades por unidad de área, es así que la red de

pantalla consiste en una rejilla de metal o plástico de aproximadamente 1,0 m² de área, sostenida a cada lado por dos postes de 1,5 m de largo (Figura 2.1).

El mismo autor manifiesta que mientras una persona mantiene la red en el lecho del río, la otra descarga el fondo aguas arriba, los organismos extraídos quedan atrapados en la red junto con el medio, y, además, como método cualitativo para este hábitat, es necesario levantar las piedras, árboles, los tallos y las hojas, con sus pequeñas puntas, también son útiles para deshacerse de los organismos que se adhieren a ellos.

La red Surber se utiliza para recolectar muestras cuantitativas en la matriz de la roca, es decir, para conocer el número de individuos por unidad de área, esta consiste en una estructura metálica de varios tamaños (normalmente menos de 0,25 metros cuadrados), sobre la que se sujeta una red muy fina de tejidos (menos de 0,5 mm), el marco de metal se coloca aguas arriba en la placa base y las piedras que contiene se retiran y limpian, además, las criaturas descartadas quedan atrapadas automáticamente en la cuadrícula junto con parte de la matriz (Álvarez, 2015).

El autor también menciona que, en el caso de los sustratos fangosos, que comúnmente se encuentran en el agua de los ríos, se realiza un muestreo cuantitativo mediante dragas para determinar el área de muestreo, la profundidad alcanzada en el sustrato y el volumen de material excavado, las más famosas son las dragas Ekman, Van Veen y Peterson.

2.3.3. RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

De acuerdo a la metodología empleada por Rodríguez *et al.*, (2016) estos sitios deben ser rápidos poco profundos y turbulentos, con lechos rocosos, hojas caídas, vegetación sumergida y proliferación de algas, se deben llevar a cabo cuatro actividades de monitoreo en los sitios seleccionados, y los organismos deben recolectarse utilizando una rejilla "D" de 250 micras colocada en el lecho del río frente a la corriente, la captura se puede completar quitando y frotando rocas en el lecho al lado de la red.

Se tienen que efectuar seis colectas a intervalos de 60 min, donde las rejillas se cambian en diferentes posiciones en el mismo rango cada 10 min y las rejillas se extendían sobre la bandeja cada 2,5 min plástico blanco; dos personas deben separar los especímenes de la basura y otros materiales, en frascos de vidrio etiquetados con alcohol, simultáneamente con cada adquisición in situ, se midieron el pH y las concentraciones de oxígeno disuelto y la saturación, la conductividad y la temperatura utilizando un medidor multiparamétrico portátil (Rodríguez *et al.*, 2016).



Figura 2. 1. Métodos utilizados para la recolección de macroinvertebrados acuáticos

2.3.4. TÉCNICAS PARA RECOLECTAR MACROINVERTEBRADOS

2.3.4.1. TÉCNICA MANUAL

Implica encontrar organismos adheridos al suelo, ya que las rocas, las ramas submarinas y los escombros de las riberas de los ríos deben retirarse y analizarse en 10 minutos, además, los invertebrados grandes se cosecharán con pinzas para insectos y se colocarán directamente en una botella plástica de alcohol al 70% de 10 ml, previamente etiquetada con la fecha, lugar y número de

sitio de muestreo para su posterior identificación, esta técnica se realiza una vez por cada punto seleccionado (Nugra *et al.*, 2016).

2.3.4.2. RED DE PATADA

Es una técnica que en realidad consiste en atrapar macroinvertebrados bajo el agua moviendo el fondo, se llama "cavar", debido a que cuando un miembro de la pareja "cava", revuelve el fondo, el otro baja la red del río para atraparlos (Rodríguez y Cárdenas, 2017).

2.3.4.3. TÉCNICA SURBER

Consiste en una red sujeta a un marco metálico, que al ser abierta tiene la forma de L, a esta red se la utiliza en los ríos que no son muy profundos, las muestras de arena o tierra no deben tomarse en ríos con un fondo rocoso rápido y pequeño, la profundidad del agua de no tiene que ser mayor de 45 cm o el borde superior de una bota de goma. Para hacer esta técnica, hay que hacer varios marcos con láminas o varillas de metal de 30 cm de alto y 30 cm de ancho; únelos a un lado formando una L, coloque el marco de 40 a 45 cm de profundidad sobre el primer marco, este cono, malla o red de malla puede ser de nylon, plástico o tela muy fina, pero es resistente y tiene malla u ojales 0,5 a 1 mm (Encalada, 2014).

2.4. ÍNDICES BIÓTICOS

Una evaluación biológica es una evaluación analítica de los cambios en las condiciones del agua y examina la sensibilidad de grupos de organismos a la presencia de contaminantes, en las últimas décadas, estos cambios han llevado al desarrollo de indicadores biológicos para evaluar el impacto de la intervención humana en estos ecosistemas, estos Índices biológicos se encuentran basados en la asociación de taxones de macroinvertebrados con su grado de tolerancia a la contaminación; se les asigna un número cuyo alcance varía según el método utilizado (Machado *et al.*, 2018).

2.4.1. ÍNDICE BMWP

Considerando lo establecido por Meneses *et al.*, (2019) el análisis de compuestos biológicos como un método bioindicador y teniendo en cuenta las características de las macrobáticas antes mencionadas, se utilizan varios indicadores para determinar la calidad del agua. Uno es el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) dirigido por Hellawell (1978) en el Reino Unido, un método simple basado en el análisis de varias familias de macroinvertebrados con tolerancia o sensibilidad a la contaminación que puede producir resultados confiables rápidamente.

Por su parte, IANAS (2019), indica que el método solo necesita ser a nivel de familia y los datos son cualitativos, con una puntuación de 1 a 10 dependiendo de la tolerancia de los diferentes grupos a los contaminantes orgánicos y sus familias a los que son más sensibles, como como *Perlidae* y *Oligoneuriidae* 10 puntos, en cambio, las especies más resistentes a los contaminantes, por ejemplo *Tubificidae*, puntúan 1,0 asimismo la puntuación total de todas las categorías es la puntuación total del BMWP

Su fórmula es la siguiente:

$$BMWP = T1 + T2 + T3 + \dots [2.1]$$

Donde,

T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, resultando una sumatoria de todas las familias que indican los niveles de calidad de agua.

Cuadro 2.1. Familias y su respectiva puntuación para el cálculo del índice BMWP

Familias	Puntuación
<i>Perlidae, Leptophlebiidae, Heptageniidae, Polymitarcidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Psephenidae, Blephacerae, Leptoceridae, Odontoceridae, Ptylodactylidae, Corydalidae, Lutrochidae, Corduliidae, Leptoceridae.</i>	10
<i>Ampullariidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Phylopotamidae, Xiphocentronidae</i>	9
<i>Gomphidae, Aeshnidae, Libellulidae, Hydroptilidae, Hydrobiosidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Oligoneuridae, Megapodagrionidae, Perilestidae, Psychomyiidae, Hebridae, Lestidae</i>	8
<i>Polycentropodidae, Oligoneuridae, Elmidae, Leptohyphidae, Hydracarinae, Drypoidae, Baetidae, Ephemerellidae, Apataniidae</i>	7

<i>Calopterygidae, Coenagrionidae, Scirtidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Noteridae, Cerambicidae.</i>	6
<i>Hydropsychidae, Tipulidae, Simulidae, Naucoridae, Planariidae, Limnychidae, Crysomelidae</i>	5
<i>Caenidae, Curculionidae, Empididae, Tabanidae</i>	4
<i>Hydrometridae, Gerridae, Veliidae, Mesovelilidae, Staphylinidae, Belostomatidae, Hygrobiidae</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Gastropoda</i>	2
<i>Syrphidae, Oligochaeta</i>	1

Fuente: (Alba y Sánchez, 1988)

2.4.2. ÍNDICE EPT

Según Machado *et al.*, (2018) los biomarcadores EPT estiman las abundancias relativas de tramos de baja tolerancia de *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, y *Trichoptera*, después de identificar los grupos de macroinvertebrados presentes en cada área, ingresa las cantidades a comparar con el grupo correspondiente en la columna de abundancia individual en la tabla de campo 1. Luego, se suma todos los números en las columnas de abundancia, individuos y se registra los resultados en el campo de totales.

A continuación, se debe aplicar la fórmula:

$$EPT\ TOTAL = \frac{\sum EPT\ PRESENTES}{\# DE\ INDIVIDUOS} * 100 \quad [2.2]$$

2.4.3. ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

Prieto (2017), menciona que el índice de Shannon-Weaver se utiliza para analizar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y es uno de los indicadores biológicos más aceptados en el mundo porque refleja la homogeneidad de distribución de los taxones, sus tamaños y su dependencia del tamaño de la muestra.

Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum P_i * \ln P_i \quad [2.3]$$

Dónde:

H= Índice de Shannon-Weaver

P_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

2.5. CALIDAD DEL AGUA

Tomando en consideración lo manifestado por Ibararán *et al.*, (2017) la calidad del agua es un término utilizado para referirse a las propiedades químicas, físicas y biológicas del agua según el uso previsto, de esta manera, las propiedades antes mencionadas, de los sistemas de agua establecen su calidad, aunque no existe un índice estándar nacional oficial del agua, existen parámetros que pueden ayudar a determinar el límite máximo que debe contener una cantidad de agua en función de su concentración para no representar un riesgo ambiental y social.

Roldán (2016), menciona que la evaluación de la calidad del agua se ha basado tradicionalmente en análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, a pesar de ello, en las últimas décadas, varios países han incluido a los macroinvertebrados en investigaciones de análisis de calidad del recurso hídrico, en este sentido, los ecologistas y demás profesionales, manifiestan que un ecosistema acuático es un sistema funcional en el que existe un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el entorno abiótico. En consecuencia, la biología y la química están estrechamente relacionadas y desempeñan funciones complementarias en la evaluación de las fuentes de agua naturales y la contaminación.

2.6. CUENCA HIDROGRÁFICA

Citando a Cruz *et al.*, (2015) una cuenca hidrográfica se define como un área definida por la dirección de sus flujos de agua, cuya superficie está determinada por el área de la cuenca por donde fluye la precipitación a lo largo de esta parte, su función hidrológica es similar a la de un colector de precipitaciones y la convierte en escorrentía superficial o subterránea, esta transformación depende de las condiciones climáticas y de las propiedades físicas de la masa de agua.

2.7. MICROCROCUENCA

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca (Carranza y Córdova, 2018).

2.8. TIPOS DE CAUDALES

Los ecosistemas acuáticos son zonas donde la masa de agua principales es de agua dulce con una baja concentración de sales. Dentro de este grupo se encuentran los lagos, pantanos, ríos, riachuelos, entre otros.

Ante el movimiento del agua qué se produce en los ecosistemas de agua podemos encontrar una clasificación donde aparecen:

- Ecosistemas de humedales: son ecosistemas que se encuentran sumergidos o saturados de agua durante un período del año.
- Ecosistemas lenticulares: Son áreas de bajo flujo o agua estancada, generalmente estanques, cuerpos de agua, lagos o pantanos.
- Ecosistemas Lóticos: Se refiere a cuerpos de agua con movimiento significativo. Aquí fluirán arroyos, arroyos o ríos (Vargas, 2020).

2.9. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Según Orta (2002), la contaminación del agua es la introducción por parte del ser humano en el medio acuático (océanos, ríos y lagos) de factores abióticos o bióticos que provocan efectos nocivos o tóxicos, destruyen los recursos vitales y amenazan la salud humana, interfieren con las actividades marinas (incluida la pesca), degradan el agua calidad o reduce el valor estético y recreativo. Además, el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2016), manifiesta que la contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua.

2.10. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

De acuerdo a Huiza y Ordoñez (2018), para definir con mayor precisión los indicadores biológicos, es necesario relacionar la presencia y la abundancia de los taxa encontrados, con las condiciones fisicoquímicas reales de los sitios de muestreo.

2.10.1. OXÍGENO DISUELTO

Huiza y Ordoñez (2018), menciona que el análisis de oxígeno disuelto mide la cantidad de oxígeno en forma de gas disuelto (O_2) en una solución acuosa. El oxígeno se introduce en el agua por difusión del aire que rodea la mezcla, aireación y como producto de desecho de la fotosíntesis.

2.10.2. TEMPERATURA

Huiza y Ordoñez (2018), es una medida con una utilidad gigantesca, debido a que en esta se desarrollan diversos fenómenos, se conoce que es una magnitud física, que expresa el nivel de calor o frío del medio o de los ecosistemas, además, se conoce que esta interviene en el desarrollo de la mayor parte de los análisis de tratamientos de agua. Asimismo, Duarte (2017), indica que los macroinvertebrados son sensibles al incremento o disminución de la temperatura.

2.10.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

De acuerdo a Coronel (2015), este parámetro determina la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el agua, que van desde 0 cuando es muy ácida hasta 14 cuando es muy básica, siendo 7 el pH neutro, además, el pH es importante para el crecimiento microbiano.

2.10.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Según García (2013), la conductividad eléctrica puede ser definida como la capacidad que tiene una sustancia para conducir una corriente eléctrica, por lo que es lo opuesto a la resistencia, y es una variable que depende de la cantidad de sal disuelta en un líquido y de la unidad de medida comúnmente utilizada, es

siemens/Centímetro (S/cm), microSiemens/Centímetro ($\mu\text{S/cm}$) o milliSiemens/Centímetro (mS/cm).

2.11. RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS Y CALIDAD DE AGUA

De acuerdo a Rodríguez *et al.*, (2016) sin desconocer la validez de las propiedades fisicoquímicas del agua, también se deben incluir los componentes biológicos sensibles a los cambios en el medio físico para una evaluación más precisa del medio ambiente. Además, Martínez y Villalejo (2018) menciona que, los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos más adecuados para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos debido a su popularidad como alimentos funcionales y la capacidad de algunos grupos para tolerar condiciones hipóxicas, este es un grupo de organismos que se refiere a los animales en los que crecen, y se encuentran en alguna etapa de su ciclo de vida acuático y pueden observarse fácilmente o pueden capturarse con una malla de aproximadamente 250 μm ; de la subcategoría de vertebrados rechazados

También Rodríguez *et al.*, (2016) mencionan que los macroinvertebrados bentónicos incluyen representantes de varios filos animales, entre ellos: *Arthropoda*, *Mollusca*, *Annelida*, *Platyhelminthes*, *Nematoda* y *Nematomorpha*; aunque el término macroinvertebrados no tiene valor taxonómico, los individuos de 5 mm o más son útiles en su uso como biomarcadores para el diagnóstico de la calidad ambiental porque no dependen de métodos de imagen complejos y son relativamente fáciles de categorizar e identificar.

Quinteros y Cedeño (2016) mencionan que el monitoreo continuo del agua para conocer su estado está limitado por el tiempo y los altos costos económicos de los métodos tradicionales basados en la integración de mediciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Además, Custodio y Chanamé, (2016) manifiestan que el uso de macroinvertebrados bentónicos para evaluar el estado ecológico de los cuerpos de agua, se ha convertido en un componente importante de la legislación del agua en todo el mundo y ha demostrado ser

buenos indicadores de la calidad del agua, cuando brindan una respuesta medible al disturbio ambiental.

De este modo Liñero *et al.*, (2016) mencionan que los macroinvertebrados son utilizados como bioindicadores porque constituyen la mayoría de las especies de ríos, además, representan el buen estado del cuerpo de agua antes del muestreo, son fáciles de recolectar y no requieren equipos costosos, y pueden reflejar condiciones previas al muestreo, son estacionarios o tienen movilidad limitada y, por lo tanto, no pueden escapar de la contaminación, y además, grandes grupos de macroinvertebrados tienen un alto grado de tolerancia a la contaminación, lo que les permite ser utilizados con éxito como indicadores de la calidad del agua.

2.12. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD HÍDRICA EN ÁREAS DE DESCARGAS RESIDUALES AL RÍO QUEVEDO, ECUADOR

De acuerdo a Yépez *et al.*, (2017), los objetivos de su investigación fueron; describir las condiciones físico-químicas del agua, así como determinar la diversidad de invertebrados bentónicos y determinar la calidad del agua en dos puntos de monitoreo de ríos de la ciudad de Vietnam, ciudad de Quevedo. Para ello, se tomaron muestras en puntos afectados por aguas residuales domésticas (RE) y aguas residuales agrícolas (EAI) de septiembre a noviembre de 2015 para medir los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua: oxígeno disuelto, DBO, DQO y sólidos disueltos totales.

Se estimó la abundancia de CHAO₂, la diversidad de Shannon-Weaver (H), la dominancia de Simpson (1-D) y el índice de diferencia de Bray-Curtis. La calidad del agua se estimó utilizando el índice BMWP-Col. Los valores de los parámetros fisicoquímicos no mostraron diferencia entre ER y EAI. No existe diferencia estadística entre la riqueza familiar esperada (CHAO₂) y la riqueza observada. La familia *Tubificidae* presentó la mayor abundancia total con 4.574 individuos (90,48%), ER 3918 (93%) y EAI 656 (76%). La diferencia entre ER y EAI fue

inferior a $0,49 \pm 0,22$, $1009 \pm 0,21$ respectivamente, una diferencia significativa, el ER ($0,78 \pm 0,1$) mostró la mayor dominancia, a diferencia de EAI ($0,58 \pm 0,096$).

El índice BMWP-Col exteriorizó que la ER registró calidad de agua "crítica" ($20 \pm 7,52$) en comparación con la calidad de agua "cuestionable" de EAI ($37 \pm 6,27$), debido a la planificación urbana y las actividades agrícolas, los embalses que atraviesan el área metropolitana de Quevedo se encuentran fuertemente contaminados, afectando negativamente la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos (Yépez *et al.*, 2017).

2.13. CALIDAD DE AGUA Y SU COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO CHINCHINÁ

El estudio efectuado por Meza *et al.*, (2012) tuvo como objetivo, valorar la composición de macroinvertebrados y la calidad del agua en áreas ribereñas con vegetación costera nativa y exótica y en áreas libres de vegetación, se tomaron muestras de los arroyos: El Diamante, La Oliva y Chinchiná, ubicados en la parte alta de la cuenca de Chinchiná, donde la primera estación muestra bosque nativo con vegetación de ribera y la segunda estación está influenciada por plantaciones de eucalipto, la tercera, no hay vegetación costera y los macroinvertebrados se muestrearon 3 veces en tres períodos (seco, entre húmedo y lluvioso) de febrero a mayo de 2010, utilizando una máquina Surber roja para recolectar macroinvertebrados para cada sustrato (caducifolio, rocoso y sedimento fino), repetido 3 veces, también se registraron variables fisicoquímicas en cada punto de muestreo.

En total se recolectaron 7486 macroinvertebrados, distribuidas en 13 filas, 37 familias y 74 géneros, y los resultados mostraron que existe una diferencia significativa en la abundancia de megafauna entre estaciones costeras y no costeras debe ser vegetal. En términos de composición, la estación 1 es una estación con muchos géneros únicos, se encontró que hay 26 tipos de invertebrados grandes en 3 radios, 18 tipos en solo 1 estación, 8 tipos en solo 2 estaciones y solo 4 tipos en la tercera estación, además se evaluaron las

variables fisicoquímicas y los resultados obtenidos mediante los indicadores biológicos BMWP y EPT mostraron que la calidad del agua en la Estación 1 y la Estación 2 era diferente a la de la Estación 3, los resultados de estos estudios mostraron que las plantas catastróficas de los ríos son el factor determinante en la formación de comunidades de vertebrados (Meza *et al.*, 2012).

2.14. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL RÍO PUYO, EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA

En el año 2012 se realizó un estudio de calidad del agua en el río Puyo central en la provincia de Pastaza, el cual se caracteriza por una creciente degradación ambiental debido al crecimiento poblacional, urbanización y consecuente pérdida de agua y aumento de aguas residuales. Para evaluar la calidad del agua se identificaron invertebrados vegetales como indicadores de organismos acuáticos y su relación con parámetros físico-químicos. método. El estudio se realizó en cuatro localidades y en cuatro momentos diferentes para determinar los indicadores: el Grupo de Trabajo de Biomonitorio de Costa Rica (BMWP-CR) y el Índice Salvadoreño de Familias Biológicas (IBF-CR) SV), cada grupo cuenta con especímenes en base a muestras previamente recolectadas e identificadas.

Se utilizaron estudios adicionales de monitoreo de pH y oxígeno disuelto para establecer su correlación con los indicadores biológicos, en cuatro sitios se identificaron 14 órdenes, 40 familias y 2.808 individuos, de los cuales los más numerosos fueron *Leptoxyphidae* (23,3%) e *Hydropsychidae* (18,7%). Los valores obtenidos de los indicadores BMWP-CR e IBF-SV muestran una disminución de la calidad del agua entre los puntos 1 (Fátima) y 3 (La Isla), y luego un retorno del indicador IBF-SV luego de su llegada a la estación 4 (Baz Unión), existe una correlación significativa (0,05) entre el oxígeno disuelto y el índice BMWP-CR ($r = 0,915$) y una correlación muy significativa (0,01) con IBF-SV (-0,947).

El uso del índice puede indicar que la calidad del agua del río se ha deteriorado significativamente debido a la influencia de las áreas urbanas, que, según uno

de los indicadores (IBF-SV), puede mejorar algo después de salir de la ciudad, como se indicó anteriormente muestra de correlación (Rodríguez *et al.*, 2016)

2.15. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

La correlación de Pearson funciona bien con variables cuantitativas que tienen una distribución normal. En el libro Handbook of Biological Statistics se menciona que sigue siendo bastante robusto a pesar de la falta de normalidad. Sus valores varían entre +1 y -1. Siendo +1 una correlación positiva perfecta y -1 una correlación negativa perfecta. Se emplea como medida de fuerza de asociación (tamaño del efecto) (Amat, 2016):

- 0-0,1: asociación nula.
- 0,1-0,3: asociación pequeña.
- 0,3-0,5: asociación mediana.
- 0,5-0,7: asociación moderada.
- 0,7-0,9: asociación alta.
- 0,9-1,0: asociación muy alta.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El río Mosca se encuentra ubicado en el cantón Junín, es el principal afluente, debido a que su caudal es permanente durante toda la época del año, principalmente la invernal. Posee una longitud de 34 km desde su nacimiento el sitio Dos Bocas de Andarieles hasta su desembocadura en el río Carrizal del cantón Bolívar. El cantón Junín se encuentra ubicado en la zona central de Manabí, su cabecera cantonal se encuentra ubicada geográficamente a 0° 56' 8" de longitud sur y 80° 11' 0" de longitud oeste.

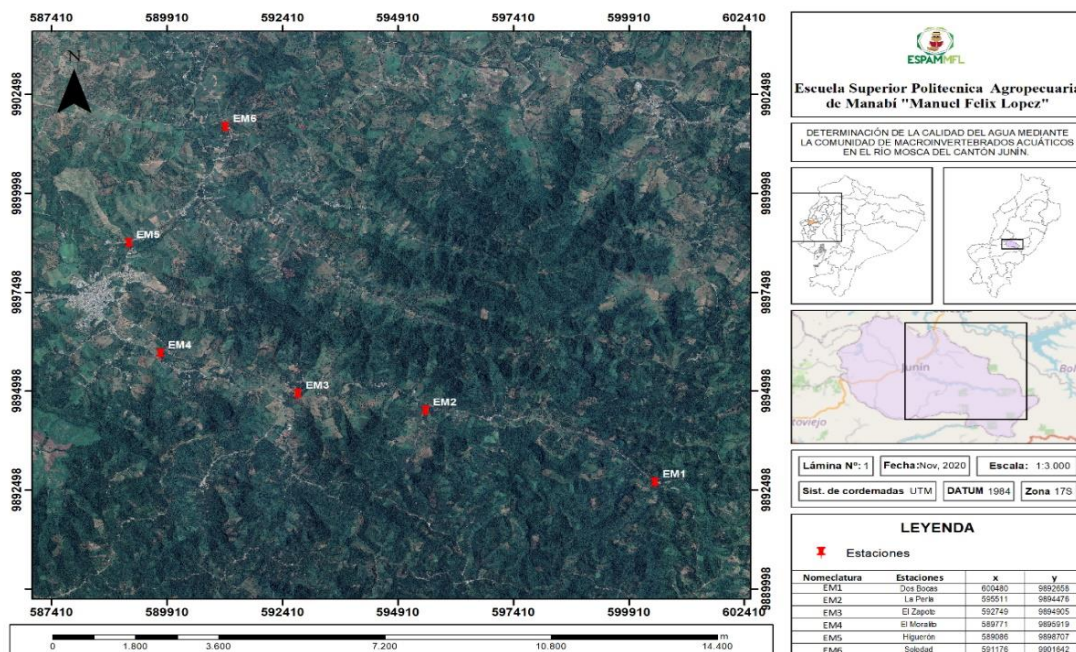


Figura 3. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo

Cuadro 3.1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo estudiadas.

Estaciones	Coordenadas UTM	
	X	Y
E1. Dos Bocas	600480	9892658
E2. La Perla	595511	9894476
E3. El Zapote	592749	9894905
E4. El Moralito	589771	9895919
E5. Higuerón	589086	9898707
E6. Naranjito	591176	9901642

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de 9 meses dentro de un año calendario incluyendo la elaboración y ejecución del trabajo.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Comunidad de macroinvertebrados.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad de agua del río Mosca, cantón Junín.

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1. MÉTODOS

De acuerdo con Palma y Arana (2014) la investigación estuvo enmarcada dentro de los siguientes métodos:

3.4.1.1. MÉTODO CUALITATIVO

Se basó en la identificación de los macroinvertebrados recolectados en el río Mosca hasta los niveles taxonómicos de orden y familia a través de claves dicotómicas

3.4.1.2. MÉTODO CUANTITATIVO

El enfoque cuantitativo se lo consideró basado en la aplicación del Índice BMWP para determinar la calidad de agua del río Mosca, en función del nivel de tolerancia de los organismos acuáticos.

3.4.2. TÉCNICAS

3.4.2.1. OBSERVACIÓN

La observación se utilizó para identificar a los macroinvertebrados hasta los niveles taxonómico de orden y familia con ayuda de claves dicotómicas.

3.4.4.2. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación bibliográfica se utilizó para obtener la información referente a los índices biológicos y los macroinvertebrados.

3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo, se encuentra basado en la investigación descriptiva, ya que de acuerdo a Armijo (2015) este tipo de investigación se ocupa de especificar las características de la población que se está estudiando, entonces para este caso se recopiló directamente la información, es decir que se capturó los insectos acuáticos presentes en el río Mosca, para así determinar su calidad biológica.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.4. FASE I. ESTABLECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA, DEL CANTÓN JUNÍN

Para el cumplimiento de esta fase, se efectuaron las siguientes actividades:

3.6.4.2. ACTIVIDAD 1. ELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Para el establecimiento de las estaciones de muestreo se realizó un recorrido a lo largo del río Mosca, considerando aspectos como: hábitats existentes en el tramo, esto incluyó aspectos como: la profundidad (somero-profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (grandes rocas y guijarros decimétricos, gravas, arenas y limos), presencia de vegetación y uso del suelo que rodea al río. Una vez establecidas las estaciones de muestreo, de acuerdo a la metodología utilizada por Quinteros y Cedeño (2016), se tomaron 5 submuestras en cada estación, con la unión de las submuestras se formó una muestra compuesta en concordancia con Karr y Chu (1999).

Cuadro 3.1. Estaciones de muestreo seleccionadas

Nomenclatura	Nombre de estación
E1	Dos Bocas
E2	La Perla
E3	El Zapote
E4	El Moralito
E5	Higuerón
E6	Naranjito

Para la georreferenciación de las estaciones de muestreo, se utilizó un GPS, además, se describen las principales características físicas de las estaciones de muestreo en base a los aspectos anteriores.

3.6.4.3. ACTIVIDAD 2. CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS

La captura de los macroinvertebrados se realizó durante los meses de febrero, mayo, junio y julio con frecuencias de muestreo quincenal. Los muestreos se realizaron durante esos meses para obtener datos durante la temporada lluviosa y seca.

Para la recolección de los insectos acuáticos se utilizó, redes de patadas (profundidad del río > 45 cm), redes de surber de río poco profundos (< 45 cm) y pinzas para extraer los macroinvertebrados presentes en troncos de árboles caídos, rocas y vegetación para recolectar insectos acuáticos. Teniendo en cuenta el método sugerido por Álvarez (2015) se colocó las muestras en una bandeja blanca bien iluminada y extraiga los microorganismos presentes con las pinzas de punta fina, con cuidado de no excederse, el fondo se mezcló cuidadosamente de un extremo a otro de la bandeja hasta que no queden organismos.

Además, se tuvo en cuenta que muchas criaturas pueden pasar desapercibidas sin la experiencia suficiente, ya sea por su tamaño o porque se camuflan con restos vegetales o sustratos minerales. Los macroinvertebrados colectados en cada estación, se almacenaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% y dos gotitas de glicerina rotulados con las fechas y los nombres de las estaciones respectivamente (Pino y Bernal, 2009).

3.6.5. FASE II. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JUNÍN A TRAVÉS DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS

En esta fase se efectuaron las siguientes actividades:

3.6.5.2. ACTIVIDAD 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS

Los macroinvertebrados recolectados fueron identificados hasta los niveles taxonómicos de orden y familia con ayuda de claves dicotómicas establecidas por Roldan (2016). Los macroinvertebrados fueron identificados a través de un estetoscopio para facilitar la visualización de cada estructura de los organismos, los datos obtenidos fueron registrados en una hoja de cálculo de Excel.

3.6.5.3. ACTIVIDAD 4. CÁLCULO DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS

Para la realización de esta actividad, se determinó el índice de Shannon-Weaver, el índice BMWP (Biológica Monitoring Working Party) y el índice EPT (utilizando tres grupos de macroinvertebrados), de acuerdo con la metodología de Quinteros y Cedeño (2016). La metodología para la aplicación de los índices biológicos está especificada en el Capítulo 2 de la presente investigación. Una vez obtenidos estos valores, se procedió a determinar la calidad del agua de acuerdo a la puntuación obtenida del índice BMWP, establecida por Sánchez (2005), la cual se encuentra en una escala que oscila de <16 (Calidad mala) a >150 (Muy buena calidad).

Cuadro 3.2. Clasificación de la calidad del agua según el índice de BMWP

Clase	Puntuación	Calidad del agua
I	>150	Muy buena calidad
	101-150	Muy buena calidad
II	61-100	Buena calidad
III	36-60	Calidad media
IV	16-35	Baja calidad
V	<16	Calidad mala

Siguiendo lo establecido por Wilhm y Dorris (1968), quienes indican que la calidad de agua de acuerdo al índice de Shannon, se encuentra determinada en una escala que fluctúa entre <1 (Contaminación severa) a >3 (Agua limpia), como se muestra en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Clasificación de la calidad de agua de acuerdo al índice de Shannon

H'	Calidad del agua
>3	Agua limpia
1-3	Contaminación moderada
<1	Contaminación severa

En el caso del índice EPT, se utilizó la escala establecida por Carrera y Fierro (2001), la cual se encuentra indicado desde un porcentaje de 0 - 24 % (Mala) hasta 75 - 100 % (Muy buena), lo que se muestra en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Porcentajes de la calidad del agua de acuerdo al índice EPT

Porcentaje	Calidad del agua
75 - 100 %	Muy buena
50 - 74 %	Buena
25 - 49 %	Regular
0 - 24 %	Mala

3.6.5.4. ACTIVIDAD 5. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

El pH, temperatura y oxígeno disuelto fueron medidos *in situ* en cada estación de muestreo por medio de un equipo portátil electrónico denominado multiparámetros, para conocer su influencia sobre la abundancia y distribución de los macroinvertebrados según la metodología empleada por Quinteros y Cedeño (2016).

3.6.6. FASE III. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE EPT Y DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.6.6.2. ACTIVIDAD 6. CORRELACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron correlacionados a través del programa estadístico Infostat y Microsoft Excel, para conocer la influencia de las características físicas como: pH, temperatura, oxígeno disuelto sobre la

distribución y presencia de los macroinvertebrados. Estos son un software para análisis estadístico de aplicación general basado en el coeficiente de correlación de Pearson.

Para establecer una correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos – químicos, se siguió lo establecido por Batista (2020), en donde indica la siguiente escala para obtener el tipo de correlación:

Cuadro 3.6. Escala de correlación

Valores	Tipo de correlación
$r = -1$	Correlación inversa perfecta
$-1 > r > 0$	Correlación inversa
$r = 0$	No hay correlación
$0 < r < 1$	Correlación directa
$r = 1$	Correlación directa perfecta

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTABLECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA, DEL CANTÓN JUNÍN

Para obtener una muestra representativa de la comunidad de macroinvertebrados, se establecieron 6 estaciones de muestreo a lo largo del río Mosca. En cada estación se registraron sus características físicas. El cuadro 4.1 muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo:

Cuadro 4. 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo

# de las estaciones de muestreo	Estaciones	Coordenadas UTM	
		X	Y
1	E1. Dos Bocas	600480	9892658
2	E2. La Perla	595511	9894476
3	E3. El Zapote	592749	9894905
4	E4. El Moralito	589771	9895919
5	E5. Higuerón	589086	9898707
6	E6. Naranjito	591176	9901642

Las características de las estaciones de muestreo se muestran gráficamente en los anexos, estas fueron las siguientes:

ESTACIÓN DE MUESTREO 1: su corriente era lenta, contaba con un suelo arenoso y arcilloso, con gran acumulación de hojarasca y troncos. En esta estación existen grandes árboles y cultivos en las orillas del río, además, esta zona es hábitat de especies como el mono Aullador (*Alouatta palliata*), Armadillos (*Dasybus novemcinctus*), Gatillos (*Sauz gatillo*), Tigrillos (*Felis wiedii*), Perdiz (*Felis wiedii*) también existen gran variedad de flora como el Guachapelí (*Albizia guachapele*), Teca (*Tectona grandis*) y Samán (*Samanea saman*).

ESTACIÓN DE MUESTREO 2: la corriente es lenta, cuenta con un suelo arenoso-rocoso y tiene presencia de hojarasca. La vegetación es arbustiva en las orillas del río, además, es un área altamente intervenida, en épocas de verano debido a que constituye un lugar turístico, sin embargo, es un sitio alterado por presencia de desechos producto de las actividades turísticas.

ESTACIÓN DE MUESTREO 3: la corriente es lenta, con suelo lecho arenoso, se observó la presencia de cultivos a ciclos cortos que representan la mayor parte de los ingresos económicos de las comunidades pertenecientes a este sitio, existía escasa presencia de hojarasca y poca vegetación en los márgenes del río.

ESTACIÓN DE MUESTREO 4: su corriente es lenta, con suelo arenoso, y existe una gran vegetación en las orillas, sin embargo, se realizan actividades ganaderas y comerciales, lo que provoca escasa presencia de hojarasca, troncos y ramas.

ESTACIÓN DE MUESTREO 5: su corriente lenta, con suelo arenoso – rocoso, y presenta piedras grandes y pequeñas en la orilla del río, se realizan actividades de agricultura y existe vegetación en la orilla del río. Presenta gran acumulación de hojarasca, troncos y ramas.

ESTACIÓN DE MUESTREO 6: al igual que las estaciones anteriores, su corriente es lenta, con suelo arenoso, y tiene presencia de rocas, piedras, además, cuenta de vegetación en los márgenes del río incluidos cultivos.

Posteriormente, se efectuó la recolección de los macroinvertebrados, en el cual se utilizaron las redes de patada y la surber. El uso de estas herramientas fue en función de la profundidad del río, adicionalmente, se emplearon pinzas para capturar los insectos adheridos a hojas y troncos. En el apartado anexo, se observan los registros fotográficos que evidencian la captura de los especímenes.

El cuadro 4.2 muestra el número de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo lluvioso y seco. Los insectos recolectados en las estaciones de muestreo fueron identificados hasta los niveles de orden y familia con ayuda de claves dicotómicas. Los macroinvertebrados acuáticos recolectados en las 6 estaciones de muestreo establecidas en el río Mosca corresponden a 1038 individuos, de los cuales 627 fueron recolectados en la época seca y 411 en la época de lluvia. Se identificaron 20 familias, entre las cuales se encuentran: *Perlidae*, *Leptophlebiidae*, *Baetidae*, *Libellulidae*, *Lestidae*, *Aeshnidae*, *Coenagrionidae*, *Naucoridae*, *Gerridae*, *Hydrometridae*, *Nepidae*,

Hydrobiosidae, Polycentropodidae, Leptoceridae, Hydrophilidae, Cerambicidae, Chrysomelidae, Elmidae, Culicidae y Chrysomelidae. Los órdenes que presentaron mayor variación de familias son *Odonata, Hemiptera y Coleóptera.*

Los órdenes con mayor abundancia de especímenes son el *Ephemeroptera* con 241 individuos correspondientes a la familia *Leptophlebiidae*, seguido del orden *Hemiptera* con 154 insectos correspondientes a la familia *Gerridae*. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la investigación de Quinteros y Cedeño (2016), quienes encontraron estas familias en la subcuenca del río Carrizal. La familia con menor abundancia de individuos corresponde a *Polycentropodidae* perteneciente al orden *Trichoptera* con 1 insecto recolectado.

Cuadro 4. 2. Número de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo lluvioso y seco

Phylum	Clase	Orden	Familia	Periodo seco						Periodo lluvioso						Total		
				E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6			
Arthropodo	<i>Insecta</i>	<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>												12		12	
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	56	11	15	19	25	13	18	13	15	6	36	14			241
			<i>Baetidae</i>	19					11	13				22				65
		<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	10	12	14	11	17	12	8				14	5			103
			<i>Lestidae</i>	5						1								6
			<i>Aeshnidae</i>	5				11									2	18
			<i>Coenagrionidae</i>	12		1		6		3		1		5	7			35
			<i>Naucoridae</i>	7	1	1		18		3							2	32
		<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	18	4	2	5	53	23	7	7	5	10	9	11			154
			<i>Hydrometridae</i>	3					27								13	43
			<i>Nepidae</i>	2								3						5
		<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	19				11		17				8	1			56
			<i>Polycentropodidae</i>									1						1
			<i>Leptoceridae</i>	21				19	17	17				14	3			91
		<i>Coleóptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	29						16				11	6			83
			<i>Cerambycidae</i>							11								11
			<i>Chrysomelidae</i>							9								9
			<i>Elmidae</i>					11	9	13			1	2	1			37
			<i>Chironomidae</i>	3								5				1		9
		<i>Diptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	8	1			9		4				2	3			27
Total				217	29	33	35	180	133	140	29	21	17	135	69	1038		
Total de individuos por época de muestreo				627						411						-		

El orden Plecóptera estuvo representado por la familia *Perlidae* con un total de 12 individuos recolectados. De acuerdo con Roldán (2016), la familia *Perlidae* es una de las formas inmaduras de entomofauna que tienen un buen potencial de bioindicadores de contaminación, además de tener amplia distribución en América. La familia *Perlidae* es altamente sensible a la degradación de los ecosistemas y del aumento de cargas contaminantes.

El orden *Ephemeroptera* está representado por las familias *Leptophlebiidae* y *Baetidae* con 241 y 65 individuos respectivamente. Zuñiga y Cardona (2009), afirman que estas dos familias representan los individuos más sensibles a la contaminación de los ecosistemas acuáticos, lo que significa que estos insectos viven en ambientes con buena oxigenación.

El orden *Odonata* está representado por familias como *Lestidae* (6), *Libellulidae* (103), *Aeshnidae* (18) y *Coenagrionidae* (35). Los individuos del orden *Odonata* son de gran importancia ecológica, ya que reflejan cambios en el estado de los ecosistemas acuáticos. Muchos autores concuerdan en indicar que la presencia de larvas y adultos de algunas especies de libélulas cerca de los ríos son muestra de un ecosistema sano, por el contrario, están ausentes cuando existen indicios de que el medio está contaminado, considerando que las larvas requieren de mucho oxígeno y agua libre de contaminación para desarrollarse (Clavijo y Cázares, 2016).

El orden Hemiptera estuvo representado por las familias *Naucoridae* (32), *Gerridae* (154), *Hydrometridae* (43) y *Nepidae* (5). El orden *Trichoptera* con 148 individuos recolectados, están conformados por las siguientes familias *Hydrobiosidae* (56), *Polycentropodidae* (1) y *Leptoceridae* (91). Álvarez *et al.*, (2013) afirman que la presencia de este orden en ambientes acuáticos indica un nivel aceptable respecto a la calidad del agua, lo que refleja el aumento en la salud del recurso hídrico.

El orden *Coleoptera* está representado familias como *Hydrophilidae* (83), *Cerambicidae* (11), *Chrysomelidae* (9) y *Elmidae* (37). Según Patiño (2015), los individuos de este orden son buenos indicadores de calidad de agua de un río con posibilidad de soportar ligeras alteraciones causadas por materia

orgánica. Habitan en las aguas continentales lóxicas y léxicas y también en las riberas de los ríos.

El orden *Díptera* está representado por las siguientes familias: *Chironomidae* (9) y *Chrysomelidae* (27). Tapia *et al.*, (2018), mencionan que la dominancia de la familia *Chironomidae* en un área específica se debe a su adaptación a ambientes con alta carga orgánica y metales pesados. Estos individuos generalmente toleran son tolerantes a condiciones químicas extremas, lo que concuerda con lo reportado en la presente investigación registrándose a pH de 5 a 8 unidades.

En el cuadro 4.2 se observa que la mayor cantidad de individuos recolectados fue en el periodo seco con un total de 627, mientras que el número de individuos recolectados para el periodo lluvioso corresponde a 411. Según Tapia *et al.*, (2018), afirman que las lluvias influyen de manera significativa en la presencia de la entomofauna acuática, debido a que, con el aumento del caudal la mayoría de los insectos son arrastrados por las fuertes corrientes y su deposición en diversas partes del río, influyendo en la distribución de los insectos. Por lo expuesto, la mayor cantidad de individuos recolectados en el Río Mosca fue en el periodo seco.

Las estaciones donde se recolectaron la mayor cantidad de insectos son la E1 “Dos Bocas” y la E5 “Higuerón” tanto en el período seco como en el lluvioso. En la estación de muestreo 1 se recolectaron un total de 357 individuos, de los cuales 217 corresponden al periodo seco y 140 son los insectos recolectados en el periodo lluvioso, mientras que en la E5 “Higuerón” se recolectó un total de 315 especímenes, de los cuales 180 se capturaron en el periodo seco y 135 en el periodo de lluvia. En la E6 “Naranjito” se recolectaron un total de 202 individuos, de los cuales, 133 corresponde a la época seca y 69 al periodo invernal. En la descripción de las estaciones de muestreo realizado anteriormente, se menciona que en las estaciones E1, E5 y E6 existe gran cantidad de hojas, troncos, rocas y presencia de vegetación en el río, lo cual según Corbacho *et al.*, (2003), indican que son factores en influyen en la presencia de los macroinvertebrados, debido a que la vegetación ribereña tiene más conexión con la vida que sucede dentro del río a la vida que sucede fuera de él, siendo un factor importante para la

cadena trófica en los ecosistemas. Así mismo, Rivera (2004), afirma que los lechos arenosos albergan pocos insectos mientras que los lechos rocosos suelen ser más abundantes y cuando existe vegetación de entomofauna es más diversa. Los sustratos como hojas y troncos brindan mayor disponibilidad de superficies, porque además de presentar alta riqueza de individuos sostiene una mayor densidad de organismos acuáticos. En las estaciones E1, E5 y E6 se presentó la mayor cantidad de individuos recolectados, posiblemente por la presencia de vegetación en la ribera del río.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JUNÍN A TRAVÉS DE ÍNDICES BIOLÓGICOS

Para determinar la calidad biológica del río Mosca se utilizaron tres índices biológicos; índice de Shannon-Weaver, índice BMWP y el índice EPT. A continuación, se muestran los resultados de los cálculos de cada índice:

● ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

Para evaluar la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados presentes en el río Mosca, se calculó la diversidad mediante el índice de Shannon-Weaver. A continuación, se muestran los resultados del índice en mención:

Cuadro 4. 3. Resultados del cálculo del índice de Shannon-Weaver

Estación	Época		Interpretación	Diversidad
	Seca	Lluviosa		
E1 "Dos Bocas"	3,386	3,544	Agua limpia	Diversidad alta
E2 "La Perla"	1,786	1,957	Contaminación moderada	Diversidad media
E3 "El Zapote"	1,593	1,049	Contaminación moderada	Diversidad baja
E4 "El Moralito"	1,404	1,221	Contaminación moderada	Diversidad baja
E5 "Higuerón"	3,030	3,076	Agua limpia	Diversidad alta
E6 "Naranjito"	2,906	3,214	Agua limpia	Diversidad alta

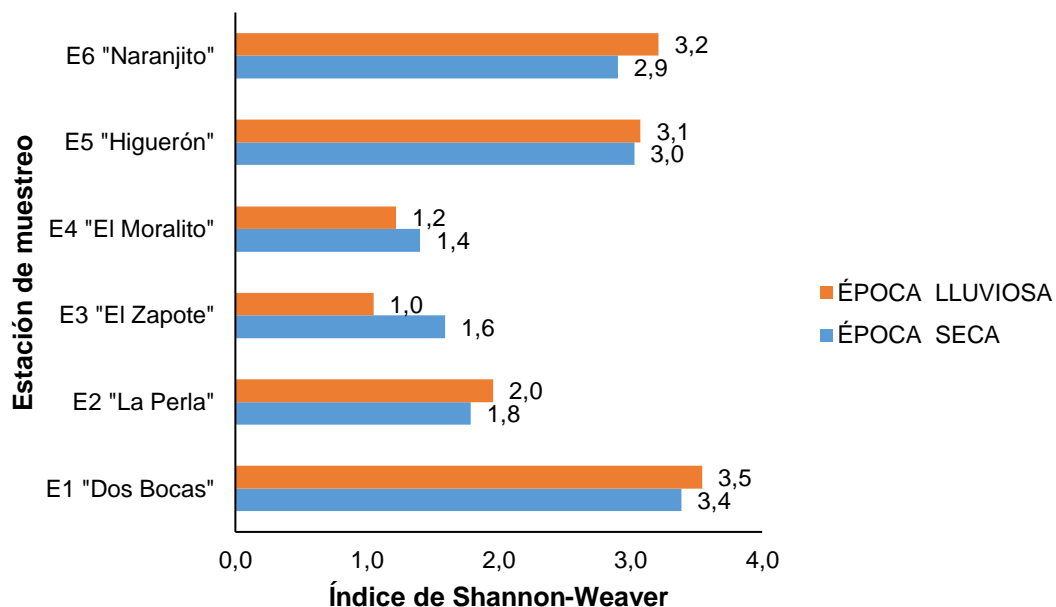


Gráfico 4.1. Índice de Shannon-Weaver calculado para la época lluviosa y seca

De acuerdo con el cuadro 4.3 las estaciones de muestreo, según el índice de Shannon-Weaver la calidad de agua del río Mosca es catalogada como “Agua Limpia (Agua sin contaminación)” en las E1 "Dos Bocas", E5 "Higuerón" y E6 "Naranjito". La estación 1 presentó un índice de 3,38 en época seca y 3,54 en época de lluvias, por su parte, la E5 dio como resultado un índice de 3,03 para la época seca y 3,07 para la época de lluvia mientras que en la estación 6 se obtuvo un índice de 2,90 para el periodo seco y 3,21 para el periodo lluvioso. Además de brindar una categoría que cualifica la calidad del agua, este índice permite calcular la diversidad de individuos en cada estación. Las estaciones E1 "Dos Bocas", E5 "Higuerón" y E6 "Naranjito" presentaron una diversidad alta, mientras que la estación 2 “La Perla” con un valor de 1,78 en verano y 1,95 en invierno, presentó una diversidad de insectos acuáticos media.

Finalmente, las estaciones que se ubicaron dentro de la categoría “Contaminación moderadas” y “Diversidad de individuos acuáticos baja” son E3 "El Zapote" y E4 "El Moralito", lo que demuestra que el sistema está sometido a diversas tensiones (Armijo, 2015). Fierro *et al.*, (2012), afirman que la composición de individuos recolectados, pudo ser porque los ríos tienen excelentes mecanismos de autodepuración o limpieza que permiten el desarrollo

y supervivencia de la entomofauna acuática. En los anexos se adjuntan las tablas de los cálculos realizados.

● ÍNDICE EPT

Se empleó este índice EPT para calcular la calidad del agua basados en la riqueza de *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* según lo expuesto por Liñero *et al.*, (2016). A continuación, se muestran los resultados del índice:

Cuadro 4. 4. Resultados del cálculo del índice de EPT

Estación	Época		Interpretación
	Seca	Lluviosa	
E1 "Dos Bocas"	57,6	46,4	Buena calidad
E2 "La Perla"	37,9	48,3	Calidad regular
E3 "El Zapote"	45,5	71,4	Calidad regularmente buena
E4 "El Moralito"	59,3	35,3	Calidad regularmente buena
E5 "Higuerón"	30,6	68,1	Calidad regularmente buena
E6 "Naranjito"	30,8	26,1	Calidad regular

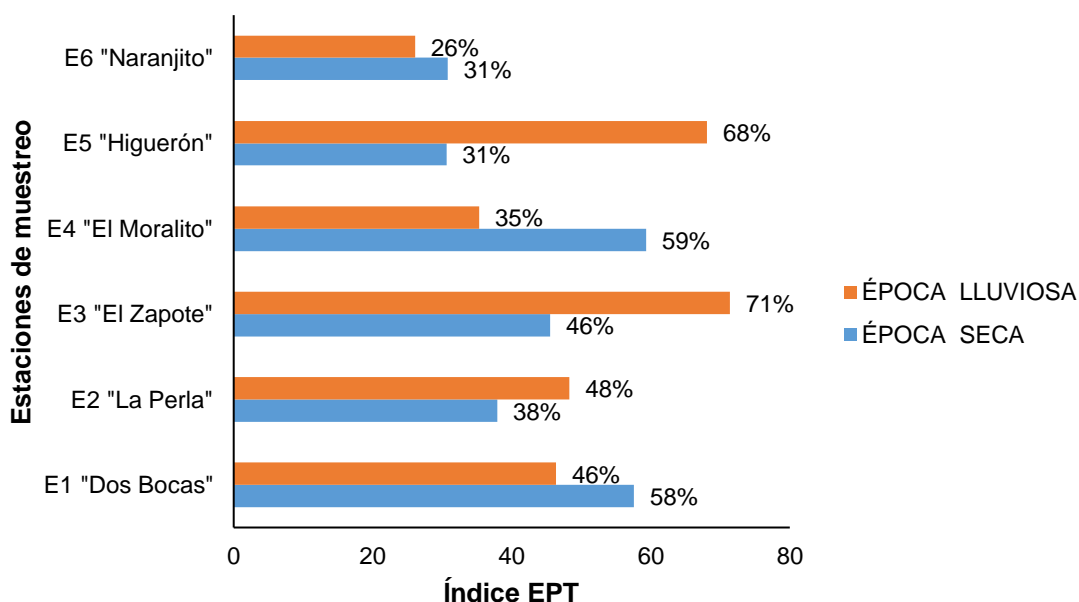


Gráfico 4.2. Índice EPT calculado para la época lluviosa y seca

De acuerdo a lo observado en el cuadro 4.4 se determinó que en el río Mosca existe diversidad media alta y presenta una calidad de agua que oscila desde regular a buena, por lo cual, es indispensable que se realicen actividades de

control de los impactos ambientales que pueden disminuir las comunidades acuáticas inmersas en este ecosistema. Las acciones que se consideran para proteger al río de las actividades antropogénicas son: evitar la acumulación de residuos, reforestar las riberas del río con plantas endémicas del sector, no introducir especies de flora y fauna alóctonas, adicionalmente, se pueden establecer ordenanzas que regulen estas actividades (Autoras del proyecto). El Índice EPT indica que la calidad del agua de las estaciones va de buena a regular, en la estación 1 la calidad es buena, en las estaciones 2 y 6 la calidad según el índice se considera regular mientras que en las estaciones 3, 4 y 5 la calidad es regularmente buena. Los individuos abundantes en este río fueron las del orden *Ephemeroptera* y *Trichoptera*. Los órdenes son indicadores de buena calidad del agua y su abundancia puede indicar un mayor equilibrio del estado ecológico del sistema hídrico (Peña *et al.*, 2019).

Aunque el río Mosca presenta cierto grado de intervención humana asociada en especial a las actividades turísticas, agrícolas y ganaderas, la aplicación de los índices biológicos permitió establecer la calidad del agua. No obstante, al evaluar diferentes estacionalidades (invierno y verano) se presentaron ciertas diferencias relacionadas con las propiedades físico químicas de las estaciones establecidas, lo que permitió observar diferente distribución y abundancia de insectos acuáticos.

Los resultados obtenidos muestran que existe una alta correlación entre la altura de la estación y el pH determinado in situ en invierno. Esta condición puede estar relacionada con una disminución en la diversidad y número de taxones detectados, principalmente de ordenes *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, generando la reducción del índice BMWP y del %EPT. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en otras investigaciones donde se pudo verificar que valores de pH entre 5–5,4 influyen en la reducción del número de taxa, particularmente del orden *Ephemeroptera* y *Trichoptera*. Tal condición podría explicar la relativa abundancia de miembros del orden Díptera en dicho periodo, que presentan una mayor tolerancia a niveles bajos de pH (Peña *et al.*, 2019).

El caudal hidrológico río Mosca varió durante las dos épocas, lo cual se evidenció al momento de realizar la recolección de macroinvertebrados. Este cambio

ecológico afecta directamente la disponibilidad de microhábitats y fuentes de alimento para las macroinvertebrados, y como resultado afecta su diversidad, composición y presencia de organismos susceptibles y tolerantes, afectando la calidad del agua que reflejan. (Machado *et al.*, 2018).

● ÍNDICE BMWP

El índice BMWP empleado presentó datos cualitativos (presencia – ausencia) presentados en el cuadro 4.5 y que están acordes a los descritos por Buenaño *et al.*, (2018).

Cuadro 4. 5. Resultados del cálculo del índice BMWP

Estación	Época		Interpretación
	Seca	Lluviosa	
E1 "Dos Bocas"	94	97	Buena calidad
E2 "La Perla"	31	25	Baja calidad
E3 "El Zapote"	32	19	Baja calidad
E4 "El Moralito"	21	20	Baja calidad
E5 "Higuerón"	70	83	Buena calidad
E6 "Naranjito"	56	84	Calidad medianamente buena

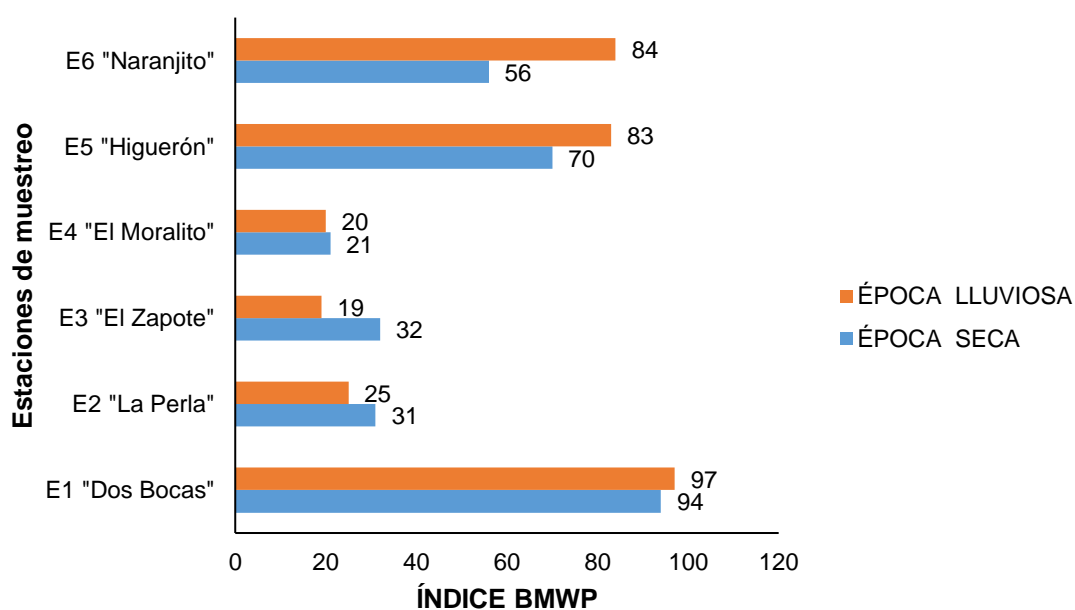


Gráfico 4.3. Índice BMWP calculado para la época lluviosa y seca

Basados en los resultados del Índice BMWP mostrados en el cuadro 4.5, en las estaciones E1 (Dos Bocas), E5 (Higuerón) y E6 (Naranjito) la calidad de agua fue catalogada como “aguas de buena calidad”, el resto de las estaciones (E2 “La Perla”, E3 “El Zapote” y E4 “El Moralito”) presentaron según el índice biológico aguas catalogadas como de “baja calidad” puesto que se observaron valores entre 21 – 32.

Con base a el índice BMWP, Quinteros y Cedeño (2016), encontraron que la subcuenca del Río Carrizal mostró calidad diferencial dependiendo de la ubicación de las estaciones de muestreo, la cual varió desde aguas con biomasa normal, aguas con biomasa aceptable en zonas sin mucho impacto humano, hasta aguas de mala calidad en las partes bajas de la cuenca. Los autores concluyen que las condiciones físico-químicas del río han cambiado debido a las actividades turísticas, ganaderas y agrícolas, y al deficiente tratamiento de aguas residuales en centros densamente poblados, asimismo los resultados son similares a los obtenidos en este estudio y es claro que la calidad del agua varía de una estación de muestreo a otra.

Según Rivera (2004), los fondos de arena albergan pocos individuos mientras que los fondos pedregosos más ricos, en especial cuando las piedras son de gran tamaño. Cuando hay vegetación, la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la entomofauna de otros sustratos. Las estaciones de muestreo E1 “Dos Bocas”, E5 “Higuerón” y E6 “Naranjito” presentaron la mayor cantidad de géneros exclusivos, posiblemente porque la vegetación ribereña en esta zona está compuesta por bofedales y pastizales. La calidad buena de las estaciones E1 “Dos Bocas”, E5 “Higuerón” y E6 “Naranjito”, se ve reflejado en la recolección de especímenes de algunas familias (por ejemplos del orden *Ephemeroptera*: *Baetidae* y *Leptophlebiidae*, del orden *Plecoptera*: *Perlidae*, del orden *Odonata*: *Aeshnidae*, *Libellulidae*, *Lestidae* y *Coenagrionidae* y del orden *Trichoptera* familias como: *Polycentropodidae*, *Leptoceridae* e *Hydrobiosidae*, que de acuerdo con Ríos *et al.*, (2014) son insectos exigentes y viven en aguas rápidas y muy oxigenadas. En comparación con los otros dos sitios estudiados, se constata que en esta zona la abundancia de macroinvertebrados es mayor, debido a que posee una vegetación ribereña.

Según los resultados del índice BMWP, la calidad del agua de las estaciones E1, E5 y E6 es similar; sin embargo, la calidad de las estaciones de muestreo E2, E3 y E4 es diferente, debido, posiblemente, a que estas últimas estaciones existen actividades agrícolas y ganaderas en zonas aledañas a la vegetación ribereña (Canchapoma *et al.*, 2016).

En cuanto a las variables fisicoquímicas medidas in situ en las estaciones de muestreo, se determinó que el pH oscila entre 6,89 – 7,94 lo que significa que el pH del río Mosca es ligeramente neutro. Por otro lado, el oxígeno disuelto mostró valores comprendidos en un rango de 73% - 96% en las estaciones de muestreo. Así mismo, el rango de la temperatura del agua del río Mosca está comprendido de 26,35 °C a 27,84 °C en las estaciones de muestreo. Realizando una comparación de los parámetros evaluados con la normativa ambiental vigente (Tabla 1 y 2 del Acuerdo Ministerial 097A), todas las estaciones cumplen con los límites máximos permisibles para el potencial de hidrogeno, mientras que el oxígeno disuelto de las estaciones E2 "La Perla" y E3 "El Zapote" no cumple con los límites máximo permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

Cuadro 4. 6. Resultados de la medición de pH en las estaciones de muestreo

Estación	Época		Límites máximos permisibles (AM 097A – tabla 2)
	Seca	Lluviosa	
E1 "Dos Bocas"	7,62	7,90	6,5 – 9
E2 "La Perla"	7,72	6,89	6,5 – 9
E3 "El Zapote"	7,53	7,58	6,5 – 9
E4 "El Moralito"	7,61	7,93	6,5 – 9
E5 "Higuerón"	7,78	7,65	6,5 – 9
E6 "Naranjito"	7,94	7,80	6,5 – 9

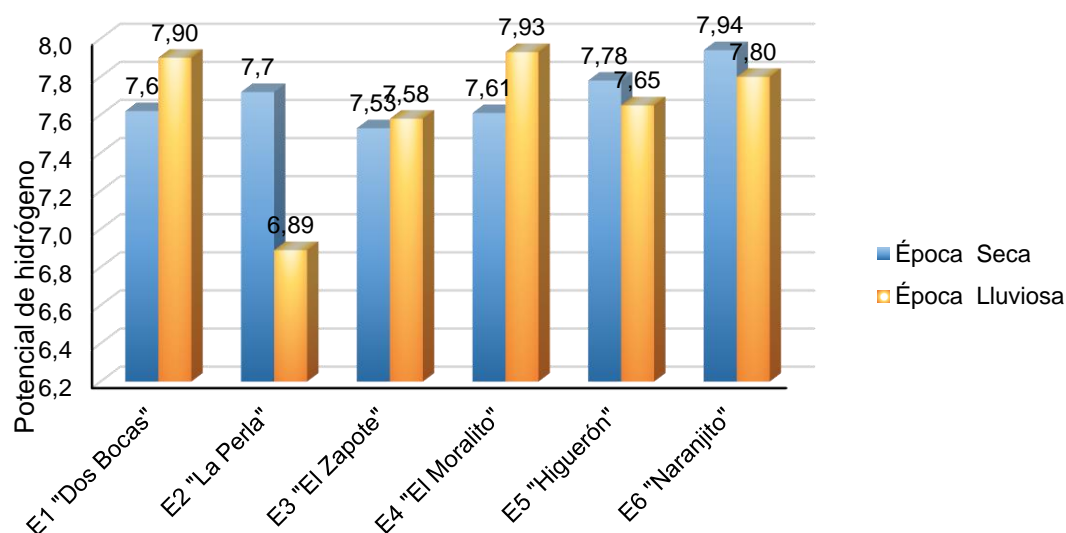


Gráfico 4.4. Resultados de la medición de pH en las estaciones de muestreo

Según Pérez y Rodríguez (2008) esta variación de pH está relacionada con las Estos cambios pueden deberse a las condiciones del suelo por donde atraviesa el río, a las actividades agrícolas realizadas en este sitio y a las descargas de aguas residuales que soportan este cuerpo de agua (Córdova *et al.*, 2009). Esta información concuerda con resultados obtenidos en la Amazonía peruana, donde Araujo *et al.*, (2014) reportaron aumento del pH de los ríos causado por pequeñas fuentes contaminantes, lo que se pudo atribuir a carga de materia orgánica producto de la descomposición de los vegetales y presencia de desechos en el ecosistema.

Según el cuadro 4.5 y el gráfico 4.4, el potencial de hidrógeno (pH) se mantuvo dentro del rango 6-9, valores que de acuerdo con la normativa ambiental vigente son aceptables para la preservación de la vida acuática y para uso y consumo humano (Aveiga *et al.*, 2019).

Cuadro 4. 7. Resultados de la medición de oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo

Estación	Época		Límites máximos permisibles (AM 097A – tabla 2)
	Seca	Lluviosa	
E1 "Dos Bocas"	96%	85%	>80%
E2 "La Perla"	75%	79%	>80%
E3 "El Zapote"	73%	75%	>80%
E4 "El Moralito"	86%	81%	>80%
E5 "Higuerón"	81%	88%	>80%
E6 "Naranjito"	92%	89%	>80%

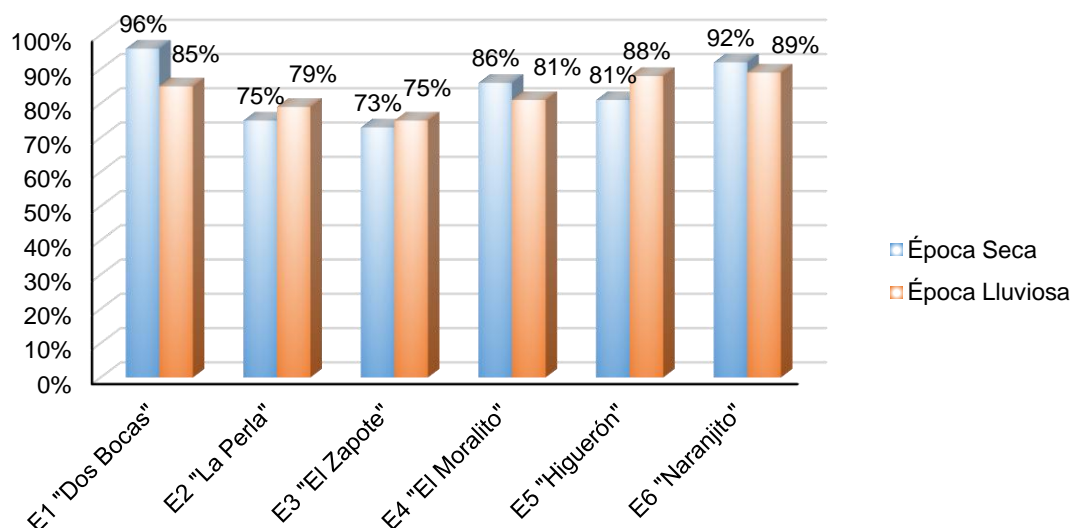


Gráfico 4.5. Resultados de la medición de oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo

Los valores de oxígeno disuelto obtenidos en las seis estaciones de muestreo establecidas en el río Mosca reflejan los niveles relativamente buenos de oxígeno. Sin embargo, según Guerrero *et al.*, (2003) la presencia de oxígeno disuelto en el agua va a depender de las características del cauce, la velocidad y turbulencia del agua, la presencia de rocas y de los procesos químicos-biológicos del cuerpo de agua. El oxígeno disuelto y la temperatura son parámetros determinantes de la riqueza y distribución de la entomofauna acuática. Borja (2011), considera recomendable una concentración de oxígeno disuelto superior a 70% para la preservación y desarrollo de la fauna acuática.

Cuadro 4. 8. Resultados de la medición de temperatura en las estaciones de muestreo

Estación	Temperatura		Límites máximos permisibles (AM 097A – tabla 2)
	Época		
	Seca	Lluviosa	
E1 "Dos Bocas"	26,95 °C	27,37 °C	Condición natural \pm 3
E2 "La Perla"	27,84 °C	26,90 °C	Condición natural \pm 3
E3 "El Zapote"	26,87 °C	26,23 °C	Condición natural \pm 3
E4 "El Moralito"	26,71 °C	26,66 °C	Condición natural \pm 3
E5 "Higuerón"	26,35 °C	26,78 °C	Condición natural \pm 3
E6 "Naranjito"	27,30 °C	26,54 °C	Condición natural \pm 3

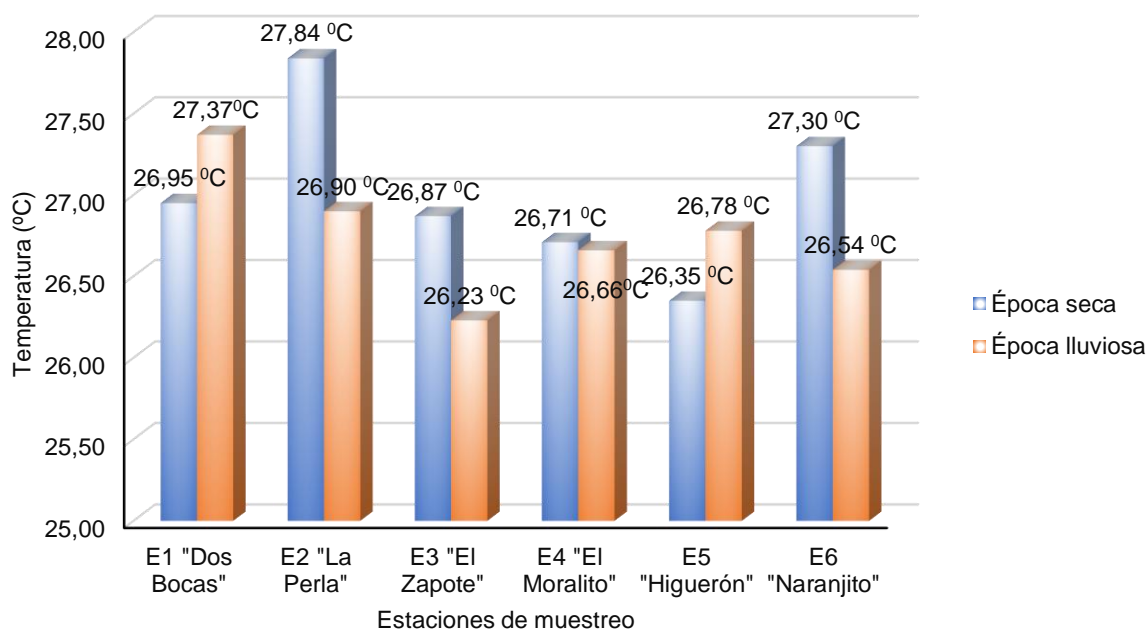


Gráfico 4.6. Resultados de la medición de temperatura en las estaciones de muestreo

Las temperaturas de las seis estaciones de muestreo establecidas en el río Mosca muestran una temperatura uniforme comprendida en un rango de 26°C - 28°C. Bustamante *et al.*, (2008) afirman que la temperatura es uno de los parámetros que limita la vida de la fauna acuática, es tan importante que determina la tendencia de sus características físicas, riqueza y distribución de las familias de macroinvertebrados. Estos valores fueron similares a los obtenidos por Aveiga *et al.*, (2019) quienes reportaron 26,8 en época lluviosa y 25,6 °C en época seca en el río Carrizal en Manabí.

4.3. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE EPT Y DE LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO MOSCA.

Para determinar la influencia de los parámetros físicos-químicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y temperatura) con el índice biótico EPT se utilizó la técnica estadística de coeficiente de correlación de Pearson (r) calculado en el software estadístico infostat. Con el supuesto de un nivel de confianza del 5%, se asume que la probabilidad de cometer error para este análisis es de un $\alpha=0,05$.

Para el análisis de correlación, se determinó la correlación por cada época y general, el cual hace referencia a los valores obtenidos en las dos épocas de estudio, entre los índices BMWP y ETP (por separado) y los parámetros de cada estación. De acuerdo al r calculado, se realizó el análisis de regresión para los valores con un mínimo de asociación moderada (Considerando los límites establecidos en el epígrafe 2.15) y significancia alta (valor $p < 0,05$).

En el coeficiente de correlación de Pearson un signo positivo indica que ambas variables se incrementan o disminuyen en el mismo sentido; un signo negativo indica que mientras una variable se incrementa la otra disminuye (Fernández y Díaz, 2004). Los resultados se muestran como una matriz, donde los elementos de la diagonal son todos iguales a 1 ya que representan la correlación de una variable consigo misma; por debajo de la diagonal se encuentra el coeficiente de correlación y por encima, el valor p asociado a la prueba de hipótesis de correlación nula (Batista, 2020).

A continuación, se muestran los análisis de correlación planteados, iniciando con el BMWP.

Cuadro 4. 9. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice BMWP

	BMWP	OD	Temperatura	PH
Época = Lluviosa				
BMWP	1	0,02	0,27	0,4
OD	0,87	1	0,47	0,41
Temperatura	0,54	0,37	1	0,96
PH	0,43	0,42	0,03	1
Época = Seca				
BMWP	1	0,17	0,62	0,65
OD	0,64	1	0,81	0,52
Temperatura	-0,26	-0,13	1	0,65
PH	0,23	0,33	0,24	1
General (Época lluviosa y seca)				
BMWP	1	0,01	0,74	0,26
OD	0,68	1	0,89	0,33
Temperatura	0,11	0,05	1	0,71
PH	0,35	0,31	0,12	1

En el cuadro 4.9 se observa la correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice BMWP, en el cual, durante la época de lluviosa, se aprecia una correlación

directa, entre el índice y los parámetros antes mencionados. En el caso de la correlación entre las dos épocas (lluviosa y seca), se obtuvo una correlación directa, que demuestran una relación positiva clara, por lo que, cuando aumenten los parámetros pH, oxígeno disuelto y temperatura, la presencia de comunidades de macroinvertebrados ascenderá y, por el contrario, si estos parámetros disminuyen la presencia de comunidades descendería, confirmando que la distribución de los individuos depende de las variables ambientales del medio.

De acuerdo a Amar (2016), el OD tiene asociación alta en época lluviosa y moderada en época seca y general (época lluviosa y seca), siendo únicamente los valores de época lluviosa y general los que presentan una significancia alta (valor $p < 0,05$), por lo que se realizó el análisis de regresión de estos valores. Los valores del pH y Temperatura presentaron asociaciones positivas (excepto la temperatura en época seca cuya asociación es negativa) por debajo de mediana, por lo que no se consideraron para este análisis.

De acuerdo al análisis de regresión realizado, la ecuación entre OD y BMWP en época lluviosa es $BMWP = -432,69 + 588,35OD$, con la línea de tendencia descrita en el gráfico 4.7.

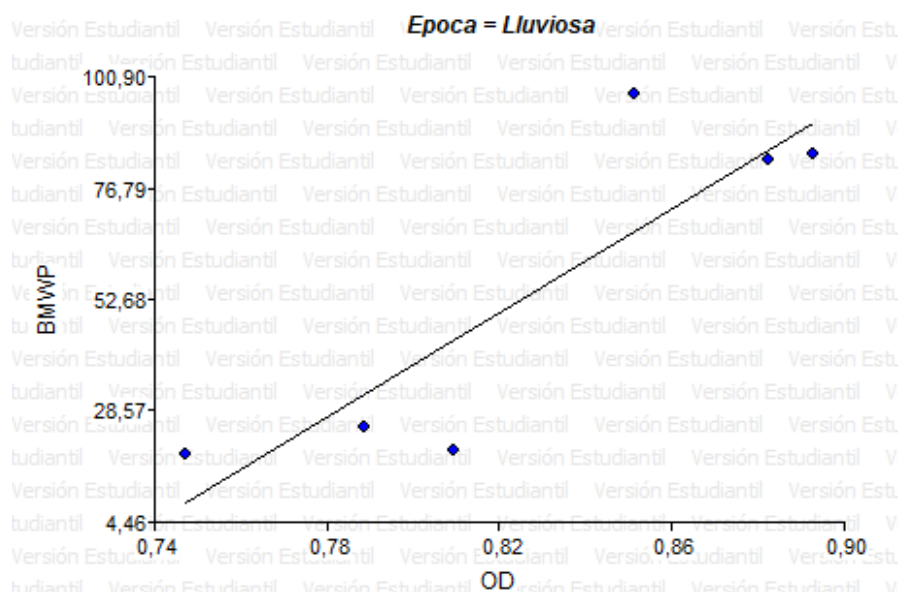


Gráfico 4.7. Análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en época lluviosa

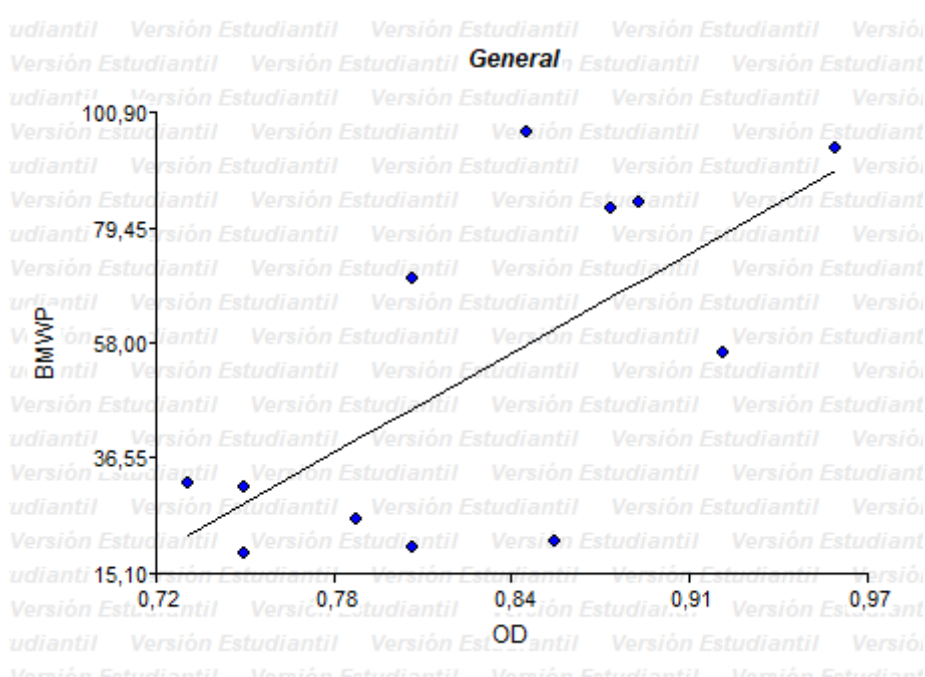
Cuadro 4. 10. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en época lluviosa

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Lluviosa	BMWP	6	0,76	0,7	772,51	56,75	56,13

Cuadro 4. 11. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice BMWP en época lluviosa

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-432,69	138,46	-817,1	-48,27	-3,13	0,0354		
OD	588,35	166,85	125,11	1051,6	3,53	0,0243	12,43	1

De acuerdo al análisis de regresión realizado, la ecuación entre OD y BMWP en general es $BMWP = -192,6 + 294,32OD$, con la línea de tendencia descrita en el gráfico 4.8.

**Gráfico 4.8.** Análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general**Cuadro 4. 12.** Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
General	BMWP	12	0,46	0,41	738,98	114,17	115,63

Cuadro 4. 13. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice BMWP en general

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-192,6	83,82	-379,37	-5,82	-2,3	0,0444		
OD	294,32	100,24	70,96	517,67	2,94	0,0149	8,62	1

En cuanto al ETP, se muestra a continuación:

Cuadro 4. 14. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice EPT

	EPT	Temperatura	PH	OD
Época = Lluviosa				
EPT	1	0,71	0,62	0,43
Temperatura	-0,2	1	0,96	0,47
PH	-0,26	0,03	1	0,41
OD	-0,4	0,37	0,42	1
Época = Seca				
EPT	1	0,74	0,08	0,59
Temperatura	-0,17	1	0,65	0,81
PH	-0,76	0,24	1	0,52
OD	0,28	-0,13	0,33	1
General (Época lluviosa y seca)				
EPT	1	0,48	0,23	0,9
Temperatura	-0,22	1	0,71	0,89
PH	-0,37	0,12	1	0,33
OD	-0,04	0,05	0,31	1

En el Cuadro 4.14, se observa que existe una correlación marcada entre el Índice EPT y los parámetros fisicoquímicos. A través de este análisis se demuestra que cuando los parámetros como la temperatura, pH y OD disminuyen la comunidad de macroinvertebrados aumenta y, por el contrario, si estos aumentan la comunidad de macroinvertebrados descende, ante esto, se confirma el rol importante que juegan estas variables en la presencia o ausencia de la entomofauna acuática.

El análisis del Índice de Shannon se presenta a continuación:

Cuadro 4. 15. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice de Shannon

	Shannon	OD	PH	Temperatura
Época = Lluviosa				
Shannon	1	0,03	0,65	0,18
OD	0,86	1	0,41	0,47
PH	0,24	0,42	1	0,96
Temperatura	0,63	0,37	0,03	1
Época = Seca				
Shannon	1	0,14	0,32	0,71
OD	0,67	1	0,52	0,81
PH	0,49	0,33	1	0,65
Temperatura	-0,2	-0,13	0,24	1
General (Época lluviosa y seca)				
Shannon	1	0,01	0,37	0,55
OD	0,7	1	0,33	0,89
PH	0,28	0,31	1	0,71
Temperatura	0,19	0,05	0,12	1

El cuadro 4.15 exhibe la Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice de Shannon, donde el OD tiene asociación alta en época lluviosa y moderada en época seca y general (época lluviosa y seca), siendo únicamente los valores de época lluviosa y general los que presentan una significancia alta (valor $p < 0,05$), por lo que se realizó el análisis de regresión de estos valores. Los valores del pH y Temperatura presentaron asociaciones positivas (excepto la temperatura en época seca cuya asociación es negativa) por debajo de mediana, por lo que no se consideraron para este análisis.

De acuerdo al análisis de regresión realizado, la ecuación entre OD y Shannon en época lluviosa es $Shannon = -11,81 + 17,09OD$, con la línea de tendencia descrita en el gráfico 4.9

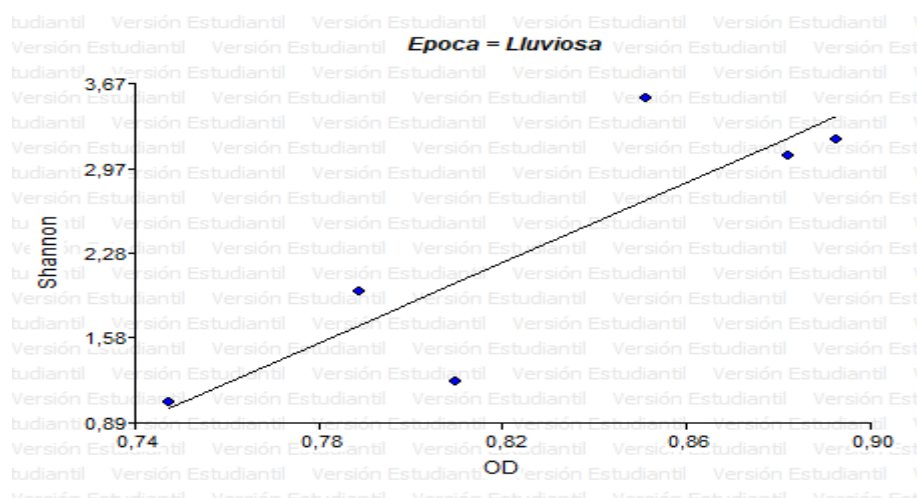


Gráfico 4.9. Análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa

Cuadro 4. 16. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Lluviosa	BMWP	6	0,75	0,68	0,59	14,61	13,98

Cuadro 4. 17. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice de Shannon en época lluviosa

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-11,81	4,13	-23,28	-0,35	-2,86	0,0459		
OD	17,09	4,98	3,27	30,91	3,43	0,0264	11,79	1

De acuerdo al análisis de regresión realizado, la ecuación entre OD y BMWP en general es $Shannon = -5,17 + 9,02OD$, con la línea de tendencia descrita en el gráfico 4.7

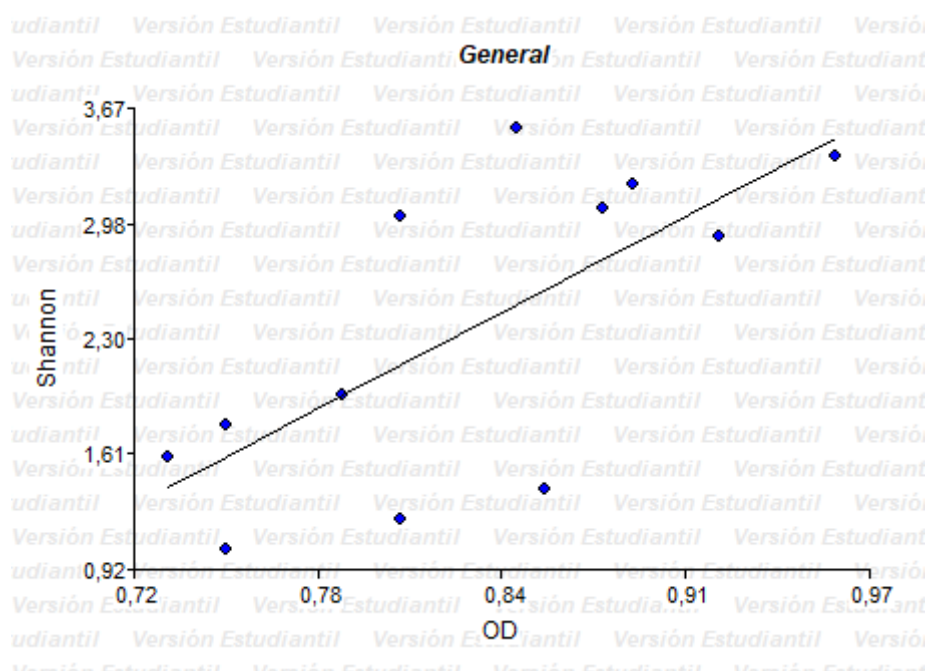


Gráfico 4.10. Análisis de regresión entre OD y el índice de Shannon en general

Cuadro 4. 18. Resultados de análisis de regresión entre OD y el índice BMWP en general

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
General	BMWP	12	0,49	0,44	0,6	29,01	30,47

Cuadro 4. 19. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados entre OD y el índice de Shannon en general

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-5,17	2,41	-10,54	0,21	-2,14	0,0579		
OD	9,02	2,88	2,59	15,44	3,13	0,0108	9,77	1

De acuerdo a Amar (2016), el pH tiene asociación alta en época seca, pero sus valores no presentan una significancia alta (valor $p > 0,05$), por lo que no se realizó el análisis de regresión de estos valores. Los valores restantes presentaron asociaciones por debajo de mediana, y con baja significancia (valor $p > 0,05$) por lo que tampoco fue necesario un análisis más profundo.

De acuerdo con Morelli y Verdi (2014), para describir el hábitat en cada estación de muestreo es necesario registrar in situ los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno. Diversos autores resaltan la importancia de los factores fisicoquímicos del medio acuático, como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura, en la distribución de los macroinvertebrados acuáticos y son, además, los parámetros a los que los organismos son más sensibles (Meza *et al.*, 2012).

Olarte y González (2018), afirman que la temperatura del ecosistema es una variable que determina la distribución de los insectos acuáticos y afecta la eclosión de los huevos. Por otro lado, el potencial de hidrógeno es un factor frente al cual responden los organismos que dependen de ella para sobrevivir y cuya alteración se manifiesta por elementos externos de modificación del hábitat o de contaminación.

Yépez *et al.*, (2017) mencionan que el aumento de la materia orgánica genera la multiplicación de los organismos encargados de su descomposición, esto produce el consumo del oxígeno disuelto en el agua. La mayoría de los invertebrados son sensibles a esta reducción de oxígeno disuelto, de tal forma que reducen su abundancia o incluso desaparecen.

De acuerdo con el análisis realizado, el OD podría servir como indicador para definir únicamente BMWP y Shannon en época lluviosa y para un análisis general. No obstante, el pH, la temperatura e incluso el OD en época seca son indicadores a pesar de mostrar una correlación marcada con los índices ETP, BMWP y Shannon, al no contar con valores de significancia (valor $p < 0,05$) y valores de asociación altos ($r > 0,7$), no servirían como indicadores claros para calcular los valores de ETP, BMWP y Shannon.

Aplicando la metodología de Batista (2020) se buscó establecer la correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos – químicos, a continuación, se muestran los resultados de la correlación:

Cuadro 4. 20. Correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en época seca

Estación	Época seca	Parámetros físicos – químicos		
		Oxígeno disuelto	Temperatura	pH
E1 "Dos Bocas"	57,6	0,96	26,95	7,62
E2 "La Perla"	37,9	0,75	27,84	7,72
E3 "El Zapote"	45,5	0,73	26,87	7,53
E4 "El Moralito"	59,3	0,86	26,71	7,61
E5 "Higuerón"	30,6	0,81	26,35	7,78

E6 "Naranjito"	30,8	0,92	27,3	7,94
Coef. Pearson		0,28	-0,17	-0,76
Determinación (r²)		0,08	0,03	0,57

El cuadro 4.20 muestra la correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en la época seca, el coeficiente de Pearson expresa una correlación inversa en los parámetros Temperatura (- 0,17) y pH (- 0,76), ya que se encuentra en valores que oscilan entre -1 y 0, lo que refiere que la relación en estos parámetros es débil, sin embargo, en el oxígeno disuelto (0,28) se aprecia una correlación directa entre las variables.

Morelli y Verdi (2014), indica que la correlación inversa se da cuando al aumentar una de las variables la otra disminuye, además, esta correlación se desarrolla en dos variables que se relacionan y se mueven en direcciones diferentes, su relación se vuelve negativa. Fernández y Díaz (2004), mencionan que la correlación directa se establece cuando al incrementar una de las variables la otra aumenta.

Cuadro 4. 21. Correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en época lluviosa

Estación	Época lluviosa	Parámetros físicos – químicos		
		Oxígeno disuelto	Temperatura	pH
E1 "Dos Bocas"	46,4	0,85	27,37	7,9
E2 "La Perla"	48,3	0,79	26,9	6,89
E3 "El Zapote"	71,4	0,75	26,23	7,58
E4 "El Moralito"	35,3	0,81	26,66	7,93
E5 "Higuerón"	68,1	0,88	26,78	7,65
E6 "Naranjito"	26,1	0,89	26,54	7,8
Coef. Pearson		-0,40	-0,20	-0,26
Determinación (r²)		0,16	0,04	0,07

El cuadro 4.21 muestra la correlación entre el índice EPT y los parámetros físicos-químicos en época lluviosa. Esta exhibe que existe una correlación inversa, ya que el coeficiente de Pearson presenta valores que oscilan entre -

0,40 y -0,20. Esto se explica debido a que, al aumentar las temporadas lluviosas el clima varía, y es completamente variable las condiciones físicas de los puntos de muestreo.

Fernández y Díaz (2004), aseguran que una correlación más próxima a cero indica que no hay relación lineal entre las dos variables. De acuerdo a Amar (2016), el oxígeno disuelto tiene asociación alta en época lluviosa y moderada en época seca, siendo únicamente los valores de época lluviosa los que presentan una significancia alta (valor $p < 0,05$).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se identificaron 1038 insectos, correspondiendo 627 en la época seca y 411 en la época lluviosa entre estas destacaron *Leptophlebiidae*, *Gerridae*, *Libellulidae* y *Leptoceridae*. Los órdenes con mayor abundancia de especímenes fueron el *Ephemeroptera* con 241 individuos correspondientes a la familia *Leptophlebiidae*, seguido del orden *Hemiptera* con 154 insectos correspondientes a la familia *Gerridae*.
- Por medio del índice de Shannon-Weaver la calidad de agua del río Mosca en las estaciones E1 "Dos Bocas", E5 "Higuerón" y E6 "Naranjito" fue agua limpia, con una diversidad de especies alta, mientras que las E3 "Zapote" y E4 "Moralito" mostraron una contaminación moderada con diversidad baja. El índice EPT mostró que la E1 tuvo una buena calidad del agua, sin embargo, las E2 y E6 revelaron una calidad regular del agua. Con relación al índice BMWP las estaciones E1 y E5 tienen una buena calidad del agua, al contrario, las E2, E3 y E4 que exhibieron una baja calidad del agua, mostrando así que la calidad del agua en el río Mosca es Buena.
- En la época seca existió una correlación inversa, entre los parámetros Temperatura (- 0,17) y pH (- 0,76) y el índice EPT, debido a que el coeficiente de Pearson oscila entre -1 y 0, por el contrario, el oxígeno disuelto (0,28) presentó una correlación directa entre las variables. Y en la época lluviosa, se aprecia una correlación indirecta, donde el coeficiente de Pearson del oxígeno disuelto es de -0,40 la temperatura obtuvo -0,20 y el pH -0,26.

5.2. RECOMENDACIONES

- Establecer más puntos de muestreo para la determinación de comunidades de macroinvertebrados y considerar los factores ambientales a la hora de realizar el estudio debido a que los insectos se ven afectados por las características fisicoquímicas, climáticas y ambientales.
- Incrementar los periodos de muestreo de macroinvertebrados a dos por época con la finalidad de obtener más información que permita realizar un análisis más eficiente, llevando un registro de las características ambientales de los lugares de muestreo
- Utilizar los macroinvertebrados como indicadores biológicos en el proceso de determinación de la calidad del agua debido a las ventajas que este presenta en el proceso como: el ahorro de recursos, tecnologías sostenibles que no afectan el medio ambiente, uso de métodos comprensibles, le da valor a la biodiversidad, se pueden implementar a pequeñas escalas, también permiten la toma de decisiones en tareas de gestión.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R., De Lanza, G., Contreras, A. y González, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 381-383.
- Álvarez., L. (2015). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.
- Armijo, J. (2015). Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del bosque protector Murocomba en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador. Quevedo: universidad técnica estatal de Quevedo.
- Aveiga, A., Noles, P., De la Cruz, A., Peñarrieta, F. y Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41.
- Borja, A. (2011). Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 18(1), 41-49.
- Buenaño, M., Vázquez, C., Zurita, H., Parra, G. y Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intrópica*, 13(1), 41-49.
- Bustamante, T., Monsalve, D. y García, R. (2008). Análisis de la calidad del agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. *Rev. Invest. Univ. Quindío*, 1, 22-31.
- Canchapoma, K., Casas, K., Palacin, A., Rojas, D. y Vargas, I. (2016). La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín. *Revista Ingenium*, 1(2), 36-39.
- Carranza, L. y Córdova, A. (2018). Evaluación ambiental de la microcuenca Pabloyacu, en pérdidas de valores ambientales por el huayco del 2014, Moyobamba, 2018. Perú: Universidad César Vallejo, Moyobamba.
- Clavijo, C. y Cázares, M. (2016). Odonatos como bioindicadores de la calidad de agua en Surutato, Sinaloa. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 2, 1-5.

- Corbacho, C., Sánchez, J. y Costillo, E. (2003). Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agriculture landscapes of a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems and Environment.*, 13, 495-507.
- Córdova, S., Gaete, H., Aránguiz, F. y Figueroa, R. (2009). Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Lat. Am. J. Aquat. Res*, 73, 199-209.
- Coronel, N. (2015). Diseño e implementación a escala de un biofiltro Tohá en la ESPOCH para la depuración de aguas residuales domésticas procedentes de la comunidad Langos La Nube (tesis de pregrado). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cruz, B., Gaspari, F. y Rodríguez, A. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia.*, 23(64), 26-34.
- Custodio, M. y Chanamé, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44.
- Duarte, J. (2017). Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Encalada., V. (2014). Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca el Jambué, por medio de análisis de biodiversidad de macroinvertebrados. Zamora, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- F., A., Chávez, L., Vargas, V., Argomeda, J., Paria, D., Huamantico, A., Prenda, J. (2014). Biodiversidad de masa de agua sometida a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios). *Biodiversidad Amazónica*, 4(4), 17-33.
- Ferrer, V. y Torrero, M. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 48(143), 12-19.
- Fierro, P., Bertrán, M., Mercado, F., Peña, J. y Vargas, L. (2012). Benthic macroinvertebrate assemblages as indicators of water quality applying a

- modified biotic index in a spatio-seasonal context in a coastal basin of Southern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47, 23-33.
- Gallozo., A. y Yauri., J. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, relacionados con metales pesados en la sub cuenca Yanayacu. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo.
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV Albeitar*, 45, 1-8.
- Guerrero, B., Manjarréz, H. y Núñez, P. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua (Vol. 8). Colombia: Acta Biológica Colombiana.
- Guerrero, N., Díaz, M., Urdanigo, J., Tayhing, C., Guerrero, R. y Yépez, A. (2017). Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(2), 1-11.
- Huiza, J. y Ordoñez, N. (2018). Eficiencia de lombrifiltro implementando la técnica de pared caliente en el tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado de Huaylacucho del distrito de Huancavelica (tesis de pregrado). Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- IANAS (Red Regional de Academias de Ciencias). (2019). Calidad del agua en las Américas. Riesgos y Oportunidades.
- Ibarrarán, M., Mendoza, A., Pastrana, C. y Manzanilla, E. (2017). Determinantes socioeconómicos de la calidad del agua superficial en México. *Región y Sociedad*, 24(69), 89-125.
- Iza, A. (2015). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y estado de conservación de la microcuenca del río Pindo Mirador, sector estación biológica "Pindo Mirador (tesis de pregrado). Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Karr, J. y Chu, E. (1999). Restoring life in running waters: Better biological.
- Liñero, I., Balarezzo, V., Eraso, E., Pacheco, F., Ramos, C., Muzo, R. y Calva, C. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 1, 68-75.

- Liñero, I., Balarezzo, V., Eraso, H. y Pacheco, F. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. Cuadernos de Investigación UNED, 8(1), 68-75.
- Machado, V., Granda, R. y Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. Enfoque UTE, 9(4), 1-8.
- Martínez, Y. y Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 39(1), 1-8.
- Meneses, C., Castro, M. y Jaramillo, M. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/col. Y ABI. Acta Biológica Colombiana, 24(2), 3.
- Meza, A., Días, L. y Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Caldasia, 34(2), 443-456.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio. Perú: Ministerio de Ambiente.
- Morelli, E. y Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. Revista Mexicana de Biodiversidad, 84(4), 1160-1170.
- Nieto, C., Malizia, A., Carilla, J., Izquierdo, A., Rodríguez, J., Cuello, S., . . . Grau, R. (2016). Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. Revista de Biología Tropical. 64(1), 747-762. Revista de Biología Tropical, 64(1), 747-762.
- Nugra, F., Segovia, E., Benítez, M. y Reinoso, D. (2016). Guía metodológica para el biomonitoreo de macroinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo. Ecuador: SENAGUA.
- Olarte, A. y González, D. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Dinámica Ambiental, 2(2), 1-8.
- Organización de las Naciones Unidas. (2014). Calidad del Agua. Obtenido de <http://www.un.org>

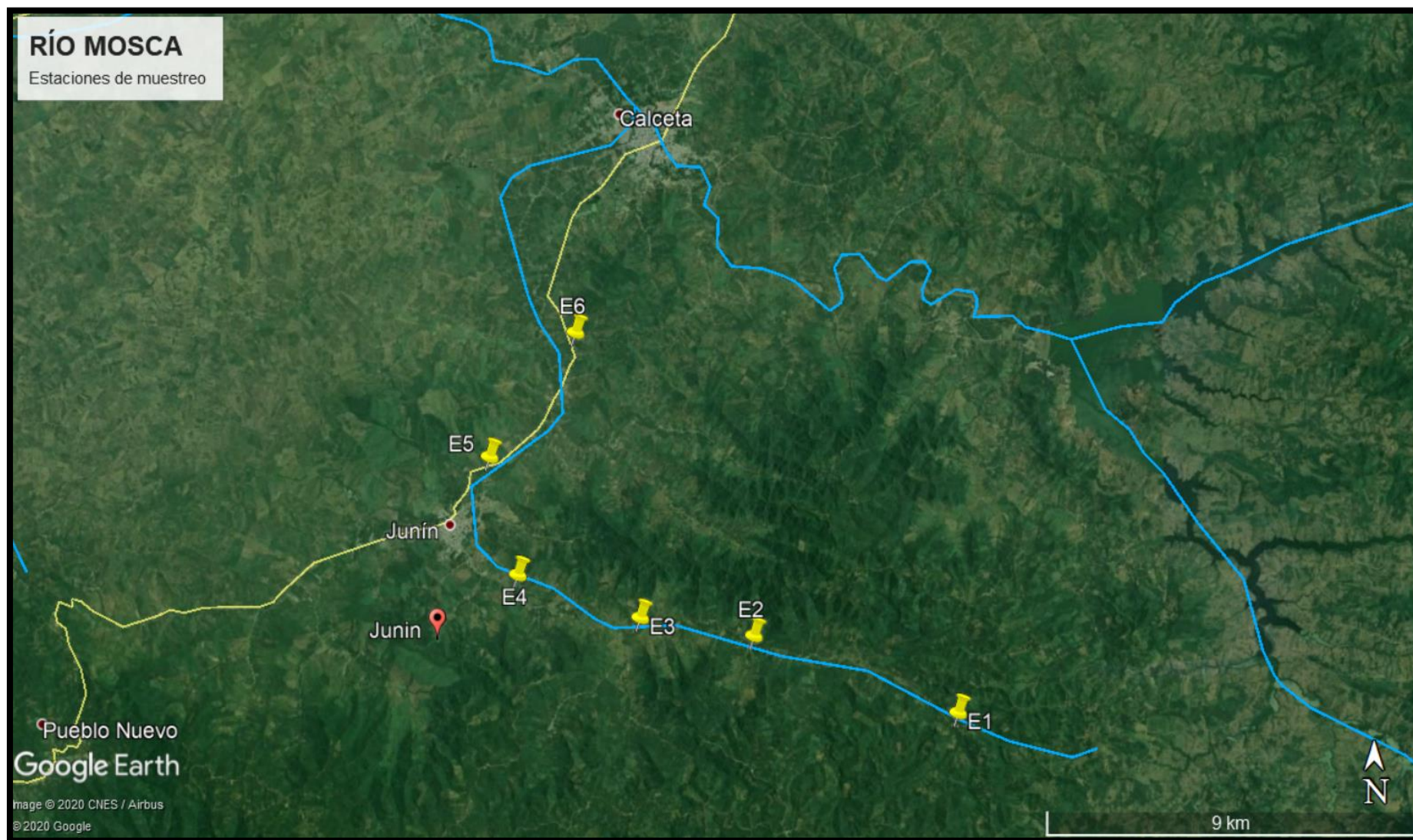
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015. ONU.
- Palma, C. y Arana, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima-Perú: Zona Comunicaciones S.A.C.
- Paredes, J. (2013). Importancia del agua. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaagua.html>
- Pastran, M. (2017). Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macro invertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez (Chiquinquirá – Boyacá). Bogota: Universidad Libre.
- Patiño, G. (2015). Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Vieja. Bogotá: universidad distrital Francisco José De Caldas.
- Pérez, C. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev Biol Trop*, 56, 1905-1918.
- Prieto, M. (2017). Evaluación de dos índices de diversidad para definir sustentabilidad biológica en una finca agrícola, del cantón Urdaneta (tesis de pregrado). Babahoyo, Ecuador.: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Quinteros, E. y Cedeño, A. (2016). Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río Carrizal. Calceta: ESPAM MFL.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., González, E. y Díaz, M. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revistas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*. Obtenido de revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/download/5447/4518.

- Ríos, T., González, G., y Bernal, J. (2014). Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá (Vol. 18). Panamá.
- Rivera, R. (2004). Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos. Mérida: Universidad de los Andes.
- Rodríguez, L., Ríos, P., Espinosa, M., Cedeño, P. y Jiménez, G. (2016). Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Hidrobiológica*, 26(1), 497-507.
- Rodríguez, V. y Cárdenas, X. (2017). Estructura trófica de la entomofauna acuática y calidad del agua de los ríos Zaratí y la Chorrera, provincia de Coclé, República de Panamá. *Tecnociencia.*, 29(1), 35.
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, 40(155), 254-274.
- Roldán., G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación). (2013). Evaluación del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Ecuador.
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D. y Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2), 1-8.
- Tenjo, A. y Cárdenas., E. (2019). Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos.
- Terneus, E., Hernández, K. y Racines, M. (2015). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Ciencias*, 16(1), 31-45.

- Terneus, J. y Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 6-22.
- Vozmediano., P. (2015). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como indicadores de la calidad del agua para generar una propuesta de manejo participativo de la microcuenca del río San Joaquín para fomentar la gestión comunitaria del recurso hídrico. Ibarra, Ecuador.
- Walteros, J., Castaño, R. y Marulanda, J. (2016). Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Revista Hidrobiológica*, 26(3), 359-371.
- Yépez, Á., Bolívar, Á., Urdánigo-Zambrano, J. Morales-Cabezas, D., Guerrero-Chuez, N. y Tayhing, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Revista Ciencias Ambientales*, 10(1), 27-34. Recuperado el 19 de Jul de 2018, de <https://www.google.com/url?Sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahukewieubqgo6vcahvpovmkhudrct8qfggqmaa&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6261804.pdf&usg=aovvaw0tu0wp431ui06wkrsf4u2w>
- Yépez, A., Yépez, A., Urdánigo, J., Morales, C. y Guerrero, N. (s.f.). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencias Ambientales*, 27-34.
- Yépez, R., Yáñez, Y., Bolívar, A., Zambrano, U. y Morales, D. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 10(1), 1-8.
- Zúñiga, M. y Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. Colombia, Cali: Universidad del Valle.

ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreo



Anexo 2. Estación de muestreo 1 “Dos Bocas



Anexo 3. Estación de muestreo 2 “La Perla”



Anexo 5. Estación de muestreo 3 “El Zapote”



Anexo 4. Estación de muestreo 4 “El Moralito”



Anexo 6. Estación de muestreo 5 “El Higerón”



Anexo 7. Estación de muestreo 6 “El Naranjito”





LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL Y SUELOS

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certifico que **JESSICA NICOL CRUZ LARA** con CI 1314762210 y **JENNIFER PAOLA INTRIAGO VÉLEZ** con CI 0804149185 egresadas de la carrera de Ing. Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis físicos (Oxígeno disuelto, Temperatura y pH) para llevar a cabo el proyecto de titulación **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO MOSCA DEL CANTÓN JUNÍN"** tutorado por el Ing. José Manuel Calderón Pincay Mg.

Prácticas que estuvieron supervisadas bajo el personal del laboratorio Química Ambiental y Suelos, y se reporta los resultados obtenidos

Estaciones de muestreo	Época Seca			Época lluviosa		
	Oxígeno Disuelto (%)	Temperatura	pH	Oxígeno disuelto (%)	Temperatura	pH
EM1. Dos Bocas	96%	26,95	7.62	85%	27,37	7,90
EM2. La Perla	75%	27,84	7.72	79%	26,90	6,89
EM3. El Zapote	73%	26,87	7,53	75%	26,23	7,58
EM4. El Moralito	86%	26,71	7,61	81%	26,66	7,93
EM5. Higuierón	81%	26,35	7,78	88%	26,78	7,65
EM6. Soledad	92%	27,30	7,94	89%	26,54	7,80

Particular que me suscribe a usted para los trámites académicos pertinentes.


 MG. FABIÁN PENARRIETA MACÍAS
 TÉCNICO

Anexo 9. Cronología fotográfica del desarrollo de la investigación

Anexo 10. Especie identificada (*Ephemerellidae* – *Ephemeroptera*)



Anexo 11. Especie identificada (*Baetide*- *Ephemeroptera*).



Anexo 13. Especie identificada (*Trichoptera - Hydrobiosidae*).



Anexo 12. Especie identificada (*Diptera - Chironomidae*).



Anexo 14. Especie identificada (Coleóptera - Hydrophilidae).



Anexo 15. Especie identificada (Odonata - Libellulidae).



Anexo 16. Medición del oxígeno disuelto del agua recolectada del Río Mosca



Anexo 17. Medición del pH del agua recolectada del Río Mosca.



Anexo 18. Cálculos para obtener los índices biológicos

Época Seca

ESTACIÓN 1 "DOS BOCAS" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	56	56	10	0,258064516	0,504309
	<i>Baetidae</i>	19	19	7	0,087557604	0,307644
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	10	10	8	0,046082949	0,204591
	<i>Lestidae</i>	5		8	0,023041475	0,125337
	<i>Aeshnidae</i>	5		8	0,023041475	0,125337
	<i>Coenagrionidae</i>	12		6	0,055299539	0,230963
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	7		5	0,032258065	0,159813
	<i>Gerridae</i>	18		3	0,082949309	0,297923
	<i>Hydrometridae</i>	3		3	0,013824885	0,085391
	<i>Nepidae</i>	2		3	0,009216598	0,062318
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	19	19	8	0,087557604	0,307644
	<i>Leptoceridae</i>	21	21	10	0,096774194	0,326055
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	29		8	0,133640553	0,388035
<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	3		2	0,013824885	0,085391
	<i>Chrysomelidae</i>	8		5	0,036866359	0,175541
TOTAL		217	125	94	1	3,386292
			57,6			

ESTACIÓN 2 "LA PERLA" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	11	11	10	0,379310345	0,530484
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	12		8	0,413793103	0,526766
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	1		5	0,034482759	0,167517
	<i>Gerridae</i>	4		3	0,137931034	0,394204
<i>Diptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	1		5	0,034482759	0,167517
TOTAL		29	11	31	1	1,786488
37,9						

ESTACIÓN 3 "EL ZAPOTE" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	15	15	10	0,454545455	0,517047
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	14		8	0,424242424	0,524805
	<i>Coenagrionidae</i>	1		6	0,03030303	0,15286
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	1		5	0,03030303	0,15286
	<i>Gerridae</i>	2		3	0,06060606	0,245115
TOTAL		33	15	32	1	1,592687
45,5						

ESTACIÓN 4 "EL MORALITO" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	19	19	10	0,542857143	0,47845
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	11		8	0,314285714	0,524814
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	5		3	0,142857143	0,401051
TOTAL		35	19	21	1	1,404311
54,3						

ESTACIÓN 5 "EL HIGUERÓN" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	25	25	10	0,13888888	0,395555
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	17		8	0,09444444	0,32152
	<i>Aeshnidae</i>	11		8	0,06111111	0,24642
	<i>Coenagrionidae</i>	6		6	0,03333333	0,16356
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	18		5	0,1	0,33219
	<i>Gerridae</i>	53		3	0,29444444	0,51938
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	11	11	8	0,06111111	0,24642
	<i>Leptoceridae</i>	19	19	10	0,10555555	0,34241
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	11		7	0,06111111	0,24642
<i>Díptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	9		5	0,05	0,21609
TOTAL		180	55	70	1	3,03000
			30,6			5

ESTACIÓN 6 "NARANJITO" (ÉPOCA DE SECA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	13	13	10	0,09774436	0,32791
	<i>Baetidae</i>	11	11	7	0,08270676	0,29740
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	12		8	0,09022556	0,31311
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	23		3	0,17293233	0,43781
	<i>Hydrometridae</i>	27		3	0,20300751	0,46699
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	17	17	10	0,12781954	0,37934
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	21		8	0,15789473	0,42046
	<i>Elmidae</i>	9		7	0,06766917	0,26291
TOTAL		133	41	56	1	2,90597
			30,8			6

Época Lluviosa

ESTACIÓN 1 "DOS BOCAS" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	18	18	10	0,128571429	0,380489
	<i>Baetidae</i>	13	13	7	0,092857143	0,318393
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	8		8	0,057142857	0,235959
	<i>Lestidae</i>	1		8	0,007142857	0,050923
	<i>Coenagrionidae</i>	3		6	0,021428571	0,118807
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	3		5	0,021428571	0,118807
	<i>Gerridae</i>	7		3	0,05	0,216096
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	17	17	8	0,121428571	0,369364
	<i>Leptoceridae</i>	17	17	10	0,121428571	0,369364
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	16		6	0,114285714	0,357632
	<i>Cerambycidae</i>	11		6	0,078571429	0,288345
	<i>Chrysomelidae</i>	9		8	0,064285714	0,254534
	<i>Elmidae</i>	13		7	0,092857143	0,318393
<i>Diptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4		5	0,028571429	0,146551
TOTAL		140	65	97	1	3,543653
			46,4			

ESTACIÓN 2 "LA PERLA" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	13	13	10	0,44827586	0,51889
					2	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>	3		3	0,10344827	0,33858
					6	8
	<i>Gerridae</i>	7		3	0,24137931	0,49497
						9
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	1	1	7	0,03448275	0,16751
					9	7
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	5		2	0,17241379	0,43725
					3	1
TOTAL		29	14	25	1	1,95723
						2
			48,3			

ESTACIÓN 3 "EL ZAPOTE" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	15	15	10	0,71428571	0,34673
					4	3
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	1		6	0,04761904	0,20915
					8	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	5		3	0,23809523	0,49295
					8	
TOTAL		21	15	19	1	1,04884
						1
			71,4			

ESTACIÓN 4 "EL MORALITO" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	6	6	10	0,35294117	0,53029
					6	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	10		3	0,58823529	0,45031
					4	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1		7	0,05882352	0,24043
					9	9
TOTAL		17	6	20	1	1,22104
						8
			35,3			

ESTACIÓN 5 "EL HIGUERÓN" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
Plecóptera	Perlidae	12	12	10	0,08888888 9	0,31038 7
<i>Ephemeroptera</i>	Baetidae	22	22	7	0,16296296 3	0,42653 7
	<i>Leptophlebiidae</i>	36	36	10	0,26666666 7	0,50850 4
Odonata	<i>Libellulidae</i>	14		8	0,10370370 4	0,33905 5
	<i>Coenagrionidae</i>	5		6	0,03703703 7	0,17610 7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	9		3	0,06666666 7	0,26045 9
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	8	8	8	0,05925925 9	0,24158 9
	<i>Leptoceridae</i>	14	14	10	0,10370370 4	0,33905 5
Coleóptera	<i>Hydrophilidae</i>	11		9	0,08148148 1	0,29475
	<i>Elmidae</i>	2		7	0,01481481 5	0,09002 7
<i>Diptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	2		5	0,01481481 5	0,09002 7
TOTAL		135	92	83	1	3,07649 7
			68,1			

ESTACIÓN 6 "NARANJITO" (ÉPOCA LLUVIOSA)						
Orden	Familia	Número de individuos (Abundancia)	ÍNDICE EPT	ÍNDICE BMWP	ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER	
					pi	H'
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	14	14	10	0,202898551	0,466904
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	5		8	0,072463768	0,274391
	<i>Aeshnidae</i>	2		8	0,028985507	0,148073
	<i>Coenagrionidae</i>	7		6	0,101449275	0,334901
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	2		5	0,028985507	0,148073
	<i>Gerridae</i>	11		3	0,159420299	0,422319
	<i>Hydrometridae</i>	13		3	0,188405797	0,453697
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	1	1	8	0,014492754	0,088529
	<i>Leptoceridae</i>	3	3	10	0,043478261	0,196677
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	6		9	0,086956522	0,306397
	<i>Elmidae</i>	1		7	0,014492754	0,088529
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	1		2	0,014492754	0,088529
	<i>Chrysomelidae</i>	3		5	0,043478261	0,196677
TOTAL		69	18	84	1	3,213697
			26,1			