

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



Calidad del agua de la quebrada Amojú empleando el índice
Biological Monitoring Working Party - BMWP, Jaén - Cajamarca

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autores : Bach. Reyner Alberti Carrasco Castillo
: Bach. Romal Alexander Villalobos Santos

Asesor : Dr. José Luis Polo Corro

JAÉN – PERÚ, SEPTIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 10 de septiembre del año 2019, siendo las 7:20 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador**:

Presidente Dr. Juan Manuel Garay Román
Secretario Dr. Alexander Huamán Mera
Vocal Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo

Para evaluar la Sustentación del INFORME FINAL DE TESIS; titulado: "Calidad del agua de la quebrada Amojú empleando el índice Biological Monitoring Working Party - BMWP, Jaén-Cajamarca"; presentado por los señores Reyner Alberti Carrasco Castillo y Romal Alexander Villalobos Santos de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador acuerdan**:

(☒) Aprobar () Desaprobar (☒) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	(<u>16</u>)
Bueno	14, 15	()
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las... 8:20horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Dr. Alexander Huamán Mera
Secretario Jurado Evaluador


Dr. Juan Manuel Garay Román
Presidente Jurado Evaluador


Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
Vocal Jurado Evaluador

**CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA AMOJÚ EMPLEANDO EL
ÍNDICE BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY - BMWP,
JAÉN – CAJAMARCA**


Bach. Reynier Alberti Carrasco Castillo
TESISTA


Bach. Romal Alexander Villalobos Santos
TESISTA


Dr. José Luis Polo Corro
ASESOR

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

Aprobado por el siguiente jurado:


Dr. Juan Manuel Garay Román
PRESIDENTE


Dr. Alexander Huamán Mera
SECRETARIO


Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
VOCAL

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Tipo de estudio y diseño de investigación	16
3.2. Población, muestra y muestreo de estudio	17
3.2.1. Población de estudio	17
3.2.2. Muestra de estudio	17
3.2.3. Muestreo	17
3.2.4. Área de estudio	17
3.3. Muestreo de macroinvertebrados	20
3.3.1. Seleccionar el área de observación.	20
3.3.2. Muestreo de los hábitats.....	20
3.3.3. Identificación de los taxones.....	20
3.3.4. Estaciones de no referencia.....	21
3.3.5. Cálculo del índice BMWP	22
3.3.6. Diversidad de Shannon-Weaver.....	23
3.3.7. Índice de dominancia y diversidad de Simpson.....	24
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos de los parámetros físicoquímicos	24
3.4.1. Métodos	24
3.4.2. Fase de campo.....	27
3.4.3. Fase de laboratorio.....	29
3.4.4. Instrumentos usados en la medición de los parámetros físicoquímicos.....	30
IV. RESULTADOS	32
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
AGRADECIMIENTO	95
DEDICATORIA.....	96
ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de las tres estaciones de muestreos ubicados en la cuenca de la quebrada Amojú.	18
Tabla 2. Calidad del agua empleando el índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), agregando familias.	22
Tabla 3. Rangos de calidad del agua.	23
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos medidos en la quebrada Amojú, con sus respectivas unidades y método empleado.	25
Tabla 5. Consideraciones para tomar lecturas con el correntómetro.....	29
Tabla 6. Instrumentos utilizados en la medición de los parámetros fisicoquímicos	31
Tabla 7. Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Amojú, durante abril, mayo y junio de 2019.....	33
Tabla 8. Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Abril 2019.....	35
Tabla 9. Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Mayo 2019.....	37
Tabla 10. Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Junio 2019.....	39
Tabla 11. Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, abril del 2019.....	41
Tabla 12. Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, mayo del 2019.....	42
Tabla 13. Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, junio del 2019.....	43
Tabla 14. Densidad (N° ind. /1 hora de esfuerzo) y abundancia relativa (%) totales de las familias de macroinvertebrados bentónicos.....	44
Tabla 15. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, abril del 2019.....	46
Tabla 16. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, mayo del 2019.....	46
Tabla 17. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, junio del 2019.....	46
Tabla 18. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Abril del 2019.....	49

Tabla 19. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Mayo del 2019.....	50
Tabla 20. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Junio del 2019.	51
Tabla 21. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante abril del 2019.	52
Tabla 22. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú, durante mayo de 2019.....	52
Tabla 23. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú, durante junio de 2019.....	52
Tabla 24. Cálculo del caudal del primer punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.	107
Tabla 25. Cálculo del caudal del segundo punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.	108
Tabla 26. Cálculo del caudal del tercer punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.....	109
Tabla 27. Cálculo del caudal en la primera estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.	110
Tabla 28. Cálculo del caudal de la segunda estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.	111
Tabla 29. Cálculo del caudal de la tercera estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.	112
Tabla 30. Cálculo del caudal de la primera estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.....	113
Tabla 31. Cálculo del caudal de la segunda estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.....	114
Tabla 32. Cálculo del caudal de la tercera estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.....	115
Tabla 33. Resumen de los parámetros fisicoquímicos y biológicos registrados durante los meses de abril mayo y junio del 2019.....	116

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de diseño descriptivo – comparativo	16
Figura 2. Distribución de las estaciones de muestreo.....	19
Figura 3. Número de taxones registrados en las tres estaciones en la quebrada Amojú correspondiente al mes de abril del 2019.	36
Figura 4. Número de taxones registrados en las tres estaciones de muestreo quebrada Amojú. Jaén– Cajamarca. Mayo 2019.....	38
Figura 5. Número de taxones registrados en las tres estaciones de muestreo quebrada Amojú. Jaén– Cajamarca. Junio 2019.	40
Figura 6. Variabilidad de la densidad (N° ind/hora de esfuerzo) por estación de muestreo en la quebrada Amojú, en abril, mayo y junio de 2019.....	45
Figura 7. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante abril del 2019.....	47
Figura 8. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante mayo del 2019.	47
Figura 9. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante junio del 2019.	48
Figura 10. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante abril de 2019.	53
Figura 11. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante mayo de 2019.	54
Figura 12. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante junio de 2019.	55
Figura 13. Caudales promedios de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	56
Figura 14. Temperatura promedio de la quebrada Amojú durante los meses de abril, mayo y junio del 2019	57
Figura 15. pH promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.	58
Figura 16. Conductividad eléctrica promedio de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	58

Figura 17. Oxígeno disuelto promedio de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	59
Figura 18. Demanda bioquímica de oxígeno promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.	60
Figura 19. Demanda química de oxígeno promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.....	61
Figura 20. Turbidez promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.	62
Figura 21. Sólidos suspendidos totales promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.....	63
Figura 22. Relación del caudal promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	64
Figura 23. Relación de la temperatura promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	65
Figura 24. Relación del pH promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	66
Figura 25. Relación de la conductividad eléctrica promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	67
Figura 26. Relación del oxígeno disuelto promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	68
Figura 27. Relación de la demanda bioquímica de oxígeno promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	69
Figura 28. Relación de la demanda química de oxígeno promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	70
Figura 29. Relación de la turbidez promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.	71

Figura 30. Relación de los sólidos suspendidos totales promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.....	72
Figura 31. Estación de muestreo N° 01- bocatoma de la empresa prestadora de servicios- Marañon.....	98
Figura 32. Estación de muestreo N° 02 - puente Pardo Miguel	98
Figura 33. Estación de muestreo 3 – altura de la urbanización La Pradera.....	99
Figura 34. Equipo de investigación junto al multiparámetro portátil WTW.....	100
Figura 35. Verificación de los sensores del multiparámetro.	100
Figura 36. Toma de muestra de agua para el análisis in situ.	100
Figura 37. Inicio de la medición de los parámetros de campo.	100
Figura 38. Equipo correntómetro.....	100
Figura 39. Medición de la velocidad con el correntómetro.....	100
Figura 40. Depósito para el traslado de muestras de agua al laboratorio.	101
Figura 41. Envases con muestras de agua para el análisis fisicoquímico.....	101
Figura 42. Calibración de equipo turbidímetro.	101
Figura 43. Lectura de turbidez en el equipo turbidímetro.	101
Figura 44. Equipo de investigación haciendo uso del multiparámetro para determinar parámetros in situ.	101
Figura 45. Lectura digital en el multiparametro WTW.	101
Figura 46. Recolección de macroinvertebrados de la quebrada Amojú.	102
Figura 47. Los macroinvertebrados atrapados en la red Surber, son puestos en bandejas transparentes para su separación de los sedimentos	102
Figura 48. Frascos con macroinvertbrados para su transporte al laboratorio.....	102
Figura 49. Identificación de macroinvertebrados al estereoscopio.	102
Figura 50. Hydropsychidae	103
Figura 51. Corydalidae	103
Figura 52. Blepharoceridae	104
Figura 53. Perlidae.....	104
Figura 54. Simuliidae	105
Figura 55. Tipulidae	105
Figura 56. Belostomatidae.....	106
Figura 57. Chironomidae.....	106

RESUMEN

Se logró determinar la calidad del agua empleando macroinvertebrados, con la ayuda de claves taxonómicas y algunos parámetros fisicoquímicos en la quebrada Amojú, Jaén, Cajamarca entre abril, mayo y junio del 2019, se evaluó parámetros como: caudal (m^3/s), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxígeno disuelto (mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (mgO_2/L), demanda química de oxígeno (mgO_2/L), sólidos suspendidos totales (mgSST/L), turbidez (NTU) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$). La composición de macroinvertebrados bentónicos fue de 2 phylum, 2 clases, 8 órdenes y 19 familias, según el índice de BMWP, el agua de la quebrada Amojú fluctúa desde “regular calidad (agua contaminada)” a “aceptable calidad (agua con signo de estrés)”, los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con el D.S.- N° 007-2017-MINAM - categoría 1 son la demanda bioquímica de oxígeno ($12.10 \text{ mgO}_2/\text{L} - 15.51 \text{ mgO}_2/\text{L}$), demanda química de oxígeno ($20.35 \text{ mgO}_2/\text{L} - 35.77 \text{ mgO}_2/\text{L}$) para las estaciones de muestreo N° 02 y N° 03 pero si cumplen para la estación N° 01 en la subcategoría A y que a la misma vez la DQO cumple en la subcategoría B para las tres estaciones de muestreo; los valores de pH ($8.16 - 8.18$), conductividad eléctrica ($180.33 \mu\text{S/cm} - 186.17 \mu\text{S/cm}$), oxígeno disuelto ($6.8 \text{ mg/L} - 7.66 \text{ mg/L}$), turbidez ($9.17 \text{ NTU} - 12.52 \text{ NTU}$), temperatura ($23.5^{\circ}\text{C} - 23.77^{\circ}\text{C}$) están dentro de los ECAs establecidos.

Palabras claves: *BMWP, calidad del agua, parámetros fisicoquímicos, bentónicos*

ABSTRACT

The water quality was determined using macro invertebrates, with the help of taxonomic keys and some physicochemical parameters in the Amojú, Jaen, Cajamarca ravine between april, may and june 2019, parameters such as: flow rate (m³/s), temperature (°C), pH, dissolved oxygen (mg/L), biochemical oxygen demand (mgO₂/L), chemical oxygen demand (mgO₂/L), total suspended solids (mgSST/L), turbidity (NTU) and electrical conductivity (μS/cm). The composition of benthic macroinvertebrates was 2 phylum, 2 classes, 8 orders and 19 families, according to the BMWP index, the water of the Amojú stream fluctuates from “regular quality (contaminated water)” to “acceptable quality (water with a stress sign)”, the physicochemical parameters that do not comply with the DS- N ° 007-2017-MINAM - category 1 are the biochemical oxygen demand (12.10 mgO₂/L - 15.51 mgO₂/L), chemical oxygen demand (20.35 mgO₂/L - 35.77 mgO₂ / L) for sampling stations N° 02 and N° 03 but if they comply with station N° 01 in subcategory A and at the same time the DQO meets in subcategory B for the three sampling stations; pH values (8.16 - 8.18), electrical conductivity (180.33 μS / cm - 186.17 μS / cm), dissolved oxygen (6.8 mg / L - 7.66 mg / L), turbidity (9.17 NTU - 12.52 NTU, temperature (23.5 °C - 23.77 °C) are within the established ECAs.

Keywords: *BMWP, water quality, physicochemical parameters, benthic*

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso que posee características únicas y de gran importancia en los procesos físico, químicos y biológicos que se realizan en la naturaleza, los cuales son determinantes para la preservación la diversidad biológica, desde pequeños riachuelos hasta los más grandes cuerpos de agua dulce, que van desde regiones montañosas hasta zonas costeras (Organización de las Naciones Unidas, 2005).

Según la Autoridad Nacional del Agua (2019), el Perú ocupa el puesto número 8 en el mundo como país con mayor cantidad de agua superficial, lo que representa el 1.89% de disponibilidad total de agua dulce del planeta, además de poseer 159 cuencas hidrográficas divididas en tres regiones hidrográficas, la del Amazonas (84 cuencas), la del Pacífico (62 cuencas) y la del Titicaca (13 cuencas)”, por lo tanto para Moncada (2015), el desarrollo sostenible del Perú depende en gran medida de la adecuada gestión del recurso hídrico.

Con R.J. N° 202-2010-ANA, la Autoridad Nacional del Agua otorga la categoría de quebrada Amojú, perteneciente a la cuenca Chamaya; esta a su vez es la principal fuente de suministro de agua potable y regadío que abastece a la población de los Distritos de Jaén y Bellavista en el departamento de Cajamarca, por ende, preservar su calidad y garantizar su sostenibilidad es tarea fundamental para todos los actores sociales (Plan de gestión de la cuenca Amojú, 2007)

La quebrada Amojú posee influencia antropogénica, como la tala del bosque circundante, perdiéndose de esta manera gran parte del colchón hídrico, haciendo que la cantidad de agua varíe enormemente, según épocas de escases o presencia de lluvias; también encontramos contaminantes producto de descargas de aguas servidas que se vierten en la parte central de la ciudad, haciendo que la calidad del agua empeore (Polo et al, 2014).

La cuenca Amojú es de gran importancia económica y ecológica, se observa en la misma la presencia de actividades ganaderas (crianza de ganado vacuno y porcino) y el vertimiento de aguas residuales provenientes de las comunidades que se asientan a lo largo de su cauce (Plan de gestión de la cuenca Amojú, 2007). La realización de actividades antropogénicas genera una polución al cauce de la quebrada impactando de manera negativa en las cualidades organolépticas, fisicoquímicas del cuerpo de agua generando que la presencia – ausencia de comunidades de macroinvertebrados bentónicos sea muy variable. Para García (2016), las modificaciones de la concentración de oxígeno disuelto, cambio del pH, etc y la modificación del hábitat y el canal fluvial (erosión de la ribera, acumulación de sedimentos, etc.) acarrea con una disminución de la riqueza y abundancia de especies.

Los macroinvertebrados de las corrientes de agua dulce incluyen varios grupos como platelmintos, anélidos, moluscos (los caracoles y los bivalvos), crustáceos (camarones, cangrejos, otros), ácaros, y sobre todo, los insectos (*ephemeroptera*, *plecóptera*, *trichoptera*, *coleóptera*, *díptera*). Los taxa (familias, géneros, especie) dentro de estos grupos de organismos poseen una amplia gama de requisitos para colonizar el hábitat, cuya diferencia está basada en los grados de tolerancia a diversos factores químicos (concentraciones del oxígeno disuelto, pH e iones metálicos), y a la amplia gama de alimento. Pueden ser clasificados según sus papeles ecológicos dentro de las corrientes de agua como herbívoros, omnívoros y carnívoros, o usando las categorías funcionales que acentúan las maneras de las cuales se alimentan, y por lo tanto las clases (y los tamaños) de los materiales del alimento que comen (Ministry for the Environment, 1999) y (Kalender, Engin Emlek , & Faruk-Yilmaz, 2001).

Estos estudios, hoy en día, constituyen una herramienta muy útil y relativamente de bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo. A diferencia de los análisis físico-químicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes. De igual manera, mediante el uso de indicadores biológicos es posible detectar eventos puntuales de toxicidad, los cuales a menudo no son detectados por las mediciones físico-químicas (Springer, 2010).

En el Perú y específicamente en la quebrada Amojú no existen planes ni programas de seguimiento del agua como si los existen en diversos ríos de Europa, como el Estado Ecológico de Masas de Agua de la Comunidad Autónoma del País Vasco - CAPV, donde se hace el seguimiento del estado químico y biológico señalado en el informe del CAPV (2017), y en la cuenca de estudio solo existe el desarrollado por (Polo, 2014).

Ante ello nace la propuesta de analizar el agua de la quebrada Amojú haciendo uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de la misma usando como método el índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP), debido a que es el método más común de biomonitoreo utilizados por los administradores de agua para sintetizar grandes cantidades de datos de monitoreo ambiental. Este índice sintetiza información ecológica y los resultados son más accesibles para los no biólogos que requieren datos con fines de manejo ambiental (Armitage et al, 1983). Es común ver que el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), sea modificado y adaptado a la zona de estudio teniendo en cuenta principalmente el tipo de macroinvertebrados establecidos en nuestro país.

El estudio se centró en los macroinvertebrados bentónicos, puesto que constituyen importantes comunidades biológicas que caracterizan a los sistemas lóticos en las regiones alto andinas, según estudios reportados por Molina et al, (2008) donde se menciona que los macroinvertebrados son ubicuos, y su sensibilidad a los cambios ambientales los hacen buenos indicadores de la condición del agua, tal como lo afirma Ríos, 2014 , Walteros & Jorge, 2010 y Hussain & Pandit, 2012, donde señalan que su versatilidad en el uso los convierte en una herramienta adecuada en el monitoreo de la calidad del agua.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en época de lluvias establecida por la hidrología de la quebrada (abril, mayo y junio) las cuales se dan por la naturaleza irregular del caudal a lo largo del año. Teniendo en cuenta esta dinámica del flujo del agua, el primer muestreo se abril del 2019, el segundo en mayo del 2019 y el último en junio del 2019.

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo general

- Determinar la calidad del agua de la quebrada Amojú empleando el índice Biological Monitoring Working Party - BMWP, Jaén – Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Calcular un índice biótico: Biological Monitoring Working Party - BMWP, para la quebrada Amojú.
- Caracterizar los macroinvertebrados colectados en los tres puntos de muestreo. (bocatoma de la Empresa Prestadora de Servicios-MARAÑON, puente Pardo Miguel y altura de la urbanización La Pradera.), de la quebrada Amojú.
- Determinar la variedad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en las aguas de la quebrada Amojú, debido a diversas actividades antropogénicas.
- Determinar parámetros fisicoquímicos tales como: Caudal, temperatura, pH, conductividad, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales de la quebrada Amojú, describiendo la relación con índice biótico de macroinvertebrados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio y diseño de investigación

El tipo de estudio realizado fue descriptivo, debido que se trató de ampliar los conocimientos que se tienen sobre los macroinvertebrados bentónicos a través de su clasificación y descripción conforme se presenta en la quebrada Amojú, asimismo la presencia y ausencia de estos indican la calidad del agua, por lo que el diseño de investigación planteado fue comparativo, porque se hizo un contraste de una sola variable, la cual fue la calidad del agua asociada con los macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos. Este clima es considerado Aw (A. climas tropicales lluviosos. Todos los meses la temperatura media es superior a los 18° C. No existe estación invernal y las lluvias son abundantes. w. Clima con estación seca en invierno según la clasificación climática de Köppen-Geiger, tomado de (Izunza, 2010).

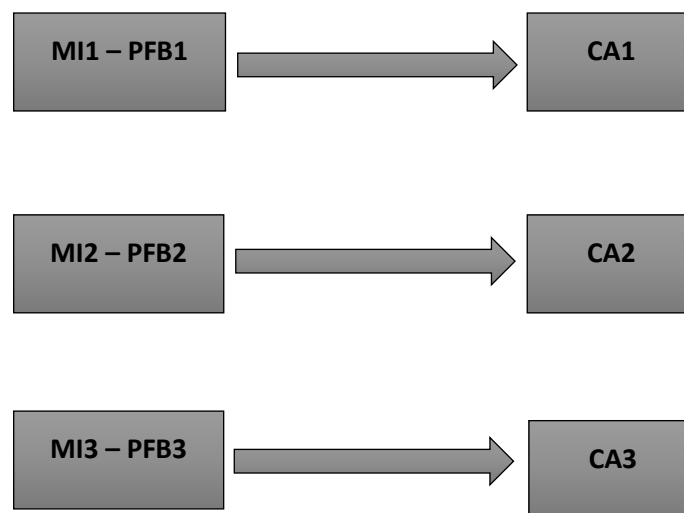


Figura 1. Esquema de diseño descriptivo – comparativo

Nota: **MI:** Macroinvertebrados, **PF:** Parámetros fisicoquímicos y biológicos **CA:** Calidad del agua

3.2. Población, muestra y muestreo de estudio

3.2.1. Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por los macroinvertebrados bentónicos de los tres puntos de muestreo ubicados en la quebrada Amojú distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. (Tabla 1).

3.2.2. Muestra de estudio

La muestra de estudio estuvo constituida por los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada Amojú.

3.2.3. Muestreo

El tipo de muestro fue no probabilístico por cuotas, definido por criterios del investigador y elección simple, describiendo las características de cada grupo de familias de macroinvertebrados presentes en la quebrada Amojú. Se tomaron 3 estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca de la quebrada Amojú. Las zonas se seleccionaron de acuerdo a la vegetación nativa, vegetación exótica y zona sin vegetación. Se realizaron 3 muestreos de macroinvertebrados en un solo periodo (lluvioso) en los meses de abril, mayo y junio del 2019 que se describen en la Tabla 1.

3.2.4. Área de estudio

El presente estudio se realizó en la quebrada Amojú, la que se encuentra ubicada en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Esta microcuenca nace en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”, por la unión de las quebrabas Huamantanga, Rinconada La jeña y Cascarilla formando la quebrada Miraflores la cual en su paso se une con la quebrada La Virginia y en el desarrollo de su cauce se une con la quebrada de Las Naranjas formando la quebrada Amojú que pasa por el centro de la ciudad de Jaén para finalmente desembocar en el río Marañón.

Se tomaron tres estaciones de muestreo (EM) a lo largo de la cuenca de la quebrada Amojú. Las zonas se seleccionaron de acuerdo a la vegetación

nativa, vegetación exótica y zona sin vegetación. Se realizaron 3 muestreos de macroinvertebrados en un solo periodo (lluvioso) en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Tabla 1. *Descripción de las tres estaciones de muestreos ubicados en la cuenca de la quebrada Amojú.*

Estación de muestreo (EM)	Descripción de la estación de muestreo	Ubicación Geográfica(UTM)		Altura (m.s.n.m)
		W	S	
EM -1	Bocatoma de la Empresa Prestadora de Servicios-MARAÑON	0739256	9368047	805
EM - 2	Puente Pardo Miguel	0742740	9368330	708
EM - 3	Altura de la Urbanización La Pradera.	0743947	9369118	695

Fuente: Elaboración propia

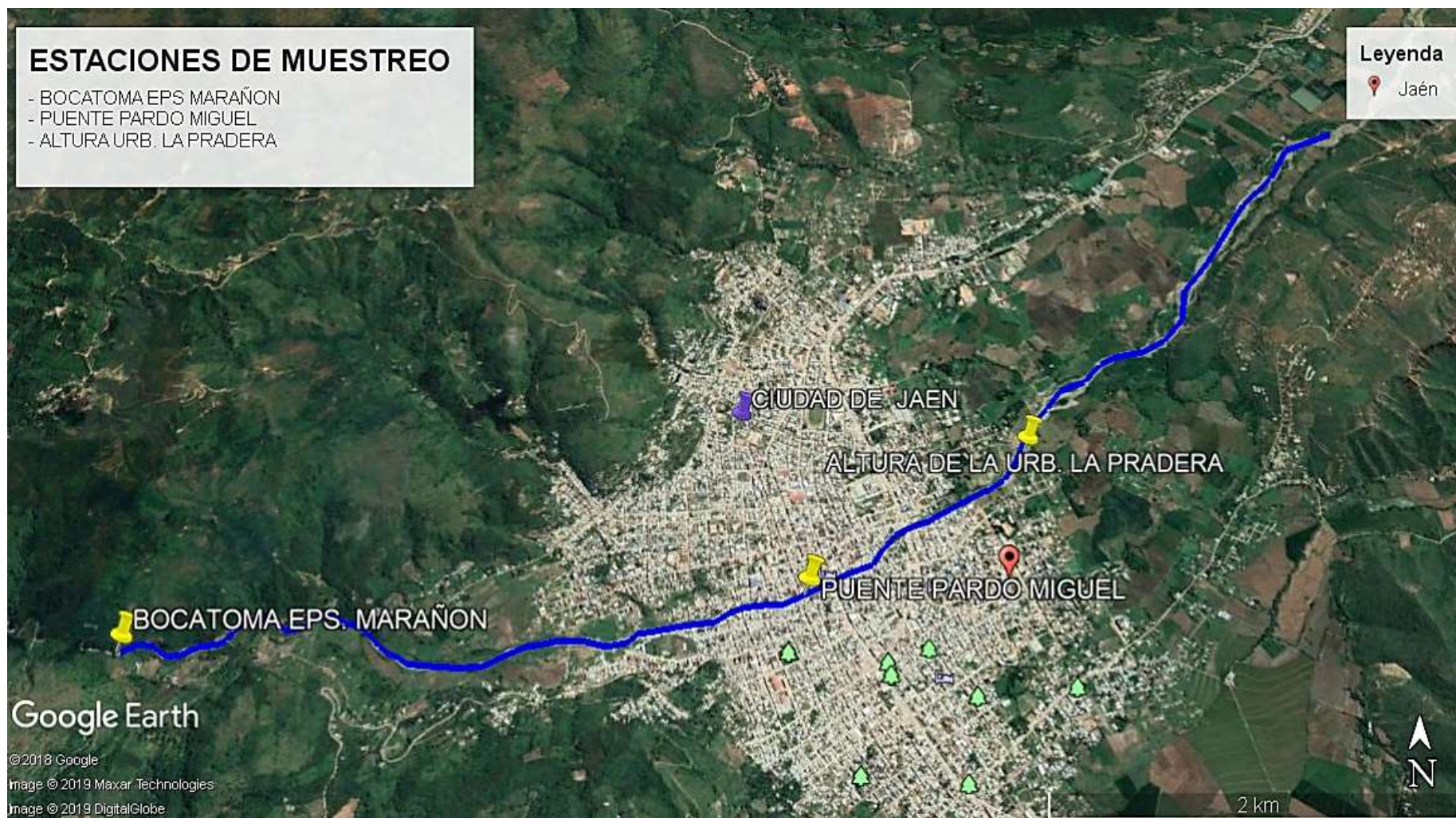


Figura 2. Distribución de las tres estaciones de muestreo.
Fuente: Google Earth

3.3. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados estuvo basado en el proyecto GUADALMED Cuéllar et al (2002), en el que se ha desarrollado un protocolo rápido de evaluación de la calidad ecológica (PRECE).

Pasos a seguir:

3.3.1. Seleccionar el área de observación.

El tramo de la quebrada en estudio tuvo una longitud aproximada de 100 metros. Se realizaron recorridos visuales a lo largo del tramo a muestrear y se identificó diferentes hábitats para macroinvertebrados presentes: zonas líticas o leníticas, con macrófitos o no, con raíces o con diferentes tipos de sustratos tales como arena, limo, etc.

3.3.2. Muestreo de los hábitats

Una vez recorrida la zona y localizados los diferentes microhábitats, antes de introducirse en el agua se verificó si había materiales flotantes en la superficie. A continuación, se muestrearon todos los hábitats presentes con una red “Surber” semi triangular de mano de 300 µm de luz de malla y una boca de entrada de unos 30 cm de diámetro. El muestreo se realizó colocando la malla a contracorriente y removiendo el sustrato aguas arriba de la manga con la mano y el pie durante una hora, realizando movimientos zigzagueantes con la red para que todo el material removido entre a través de ésta. Las piedras se limpiaron bien dentro de la red por ambas caras, así como troncos, raíces, masas de algas, etc, como se puede apreciar en la figura 46 y 47.

3.3.3. Identificación de los taxones

Se proponen dos protocolos de identificación dependiendo si se está muestreando una estación de referencia o no. En caso del muestreo de una estación de referencia se realiza un mayor esfuerzo en la identificación de los taxones, ya que se prevé que estas localidades serán mucho más diversas que las de “no referencia”. Además, en estas localidades, se propone la toma de

datos de abundancia relativa en laboratorio, para un posible posterior tratamiento de los datos.

3.3.4. Estaciones de no referencia

En el campo se tomó una batea blanca de plástico y se llenó de agua. El contenido de las redadas se depositó en la batea blanca asegurándose de que no quede ningún individuo adherido a la red. Se capturan los diferentes taxones con ayuda de pinzas entomológicas que ayudaron a la extracción de macroinvertebrados de la batea, luego las muestras colectadas fueron almacenadas en envases plásticos de 150 ml., rotuladas y fijadas en alcohol al 70 %, más dos gotas de glicerina para su posterior análisis en el laboratorio de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén y en el Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo.

La identificación de macroinvertebrados bentónicos se realizó utilizando bibliografía especializada y la metodología adecuada para cada grupo llegando hasta la categoría de familia como resolución taxonómica menor. Se emplearon claves taxonómicas de a nivel de orden y familia utilizando las de claves taxonómicas de (Fernández & Domínguez, 2001) y (Medina et al, 2010).

Se contabilizó la población por familia de cada muestra, los organismos seleccionados fueron caracterizados en frascos viales de vidrio debidamente rotulados y finalmente una vez determinada la población se procedió a evaluar las muestras de acuerdo a los índices bióticos y de diversidad requeridos para la investigación.

3.3.5. Cálculo del índice BMWP

Para el cálculo del índice se sumaron las puntuaciones parciales que se obtienen de la presencia de cada familia y de esta forma se obtiene la puntuación global del punto de muestreo. Si en el tramo aparecen más de un individuo de una familia esta sólo puntuará una vez.

El BMWP es un índice aditivo que suma puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10 tal como figura en la tabla 2, relacionado con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988).

Tabla 2. *Calidad del agua empleando el índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), agregando familias.*

FAMILIAS	PUNTAJE
Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae,	10
Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae	9
Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.	8
Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohyphidae.	7
Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda).	6
Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda, Entomobridae.	5
Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.	4
Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.	2
Oligochaeta, Syrphidae	1

Fuente: Medina et al (2010)

Para el cálculo general, el índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP) establece los rangos de calidad basados en una diferenciación por colores

especificados en la Tabla 3. Los rangos de calidad establecidos por (Acosta et al, 2009). A partir de esos rangos se establece la interpretación y valoración general de cada estación de muestreo.

Tabla 3. *Rangos de calidad del agua.*

CALIFICACIÓN	VALORES	COLOR	Calidad Biológica
Aguas muy limpias	≥ 100	 Azul	Buena
Aguas con signos de estrés	61-100	 Verde	Aceptable
Aguas contaminadas	36-60	 Amarillo	Regular
Aguas muy contaminadas	16-35	 Naranja	Mala
Aguas extremadamente contaminadas	≤ 15	 Rojo	Pésima

Fuente: (Acosta et al, 2009).

3.3.6. Diversidad de Shannon-Weaver.

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949), derivado de la teoría de información como una medida de la entropía.

Con la ayuda de este índice se determina que tan uniformemente están representadas las especies teniendo en cuenta el total de especies muestreadas, ayudando a cuantificar la diversidad específica en cada una de las unidades de muestreo basándose en la escala logarítmica. (Villarreal, 2006).

Viene representado por la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

En donde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Weaver.

S = número de taxones o familias.

i = número de orden de los taxones.

Pi = indicador de abundancia relativa.

Ln = logaritmo natural.

Rangos de diversidad Shannon-Weaver

Alta diversidad : > 3.5
Mediana diversidad : 1.5 – 3.5
Poca diversidad : 0 -1.5

3.3.7. Índice de dominancia y diversidad de Simpson

Este índice expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988).

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1-D$ (Lande, 1996). Este índice discrimina relativamente las especies poco abundantes y brinda mayor significación a las dominantes. Su rango de valores también varía entre 0 (menor dominancia) y 1 (mayor dominancia). (Moreno, 2001).

Viene representado por las siguientes formulas:

$D = (\sum P_i^2)$ Dominancia

$1 - D = (1 - \sum P_i^2)$Diversidad.

Rangos de dominancia

Alta dominancia : > 1

Baja dominancia : < 0

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos de los parámetros fisicoquímicos

3.4.1. Métodos

La medición del caudal, temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto se realizó in situ, mientras que la turbidez fue analizada en el Laboratorio de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén; en tanto los análisis de DBO, DQO y sólidos suspendidos totales fueron realizados en el Laboratorio OIKOS LAB. Ubicado en el pasaje San Pedro 113 – Morro Solar – Jaén.

Tabla 4. *Parámetros fisicoquímicos medidos en la quebrada Amojú, con sus respectivas unidades y método empleado.*

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	Sensor térmico integrado al sensor IDS del multiparámetro 3630 IDS - WTW
Caudal	m ³ /s	Método del correntómetro
pH	-	Electrometría, usando el sensor IDS – pH del multiparámetro 3630 IDS - WTW
Conductividad eléctrica	$\mu S/cm$	Electrométrico, usando el sensor IDS – pH del multiparámetro 3630 IDS - WTW
Oxígeno disuelto	mg/L	Electrométrico, usando el sensor IDS – pH del multiparametro 3630 IDS - WTW
Turbidez	NTU	Método Nefelométrico
Demanda bioquímica de oxígeno	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 D, 22nd Ed.
Demanda química de oxígeno	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed.
Sólidos suspendidos totales	mg STS/L	NTP 214.039:2015

Fuente: Información tomada del Autoridad Nacional del agua (2016) y el Laboratorio OIKOS LAB.

De acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales del Ministerio de Salud (2007) y el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales propuesto por la Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016), hacen mención como se deben tomar las muestras de agua, siguiendo los siguientes criterios:

Identificación: El punto de muestreo fue identificado y reconocido claramente, de manera que permitió su ubicación exacta en muestreos futuros. Se tomaron las coordenadas con un equipo denominado Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) marca Garmin 72s, el mismo que se registró en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.

Accesibilidad: Se eligió un lugar que permita un rápido y seguro acceso al lugar establecido para tomar la muestra.

Representatividad: Se evitó establecer una estación de muestreo en zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua ya que ese no era el objetivo de la investigación. Se eligió un punto en donde la quebrada Amojú estuvo de lo más regular, accesible y uniforme en profundidad.

Para el caso de la quebrada “Amojú” con código de identificación de cuerpo de agua N° 49896-2, categoría 03, clase 03, código de cuenca N° 49896 y perteneciente a la cuenca Chamaya reconocida como tal mediante R.J. N° 202-2010-ANA, que aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros.

Se compararon los resultados de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de calidad ambiental para el Agua en nuestro país establecidos mediante D.S. N° 007-2017 – MINAM, donde en el artículo 03 menciona sobre las categorías de los estándares de calidad ambiental para agua (ECA). Para la aplicación de los ECA, se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Además de las siguientes pautas para el análisis del siguiente estudio:

- La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.
- En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

3.4.2. Fase de campo

Los siguientes parámetros fueron identificados en campo siguiendo la normativa ya mencionada en el protocolo del Ministerio de Salud (2007) y del Autoridad Nacional del Agua – ANA, (2016). El personal de campo se colocó sus botas de jebe y sus guantes descartables, luego se tomó un balde el cual se procedió a enjugarse y posteriormente coleccionar 5 litros de muestra de agua de la quebrada Amojú para poder medir el primer parámetro que fue la temperatura con el sensor térmico integrado al sensor IDS del multiparámetro 3630 IDS – WTW, seguidamente se procedió a medir el oxígeno disuelto mediante el método electrométrico, usando el sensor IDS-OD del multiparámetro 3630 IDS – WTW, seguidamente se midió el pH del agua de la quebrada Amojú mediante el método de electrometría, usando el sensor IDS – pH del multiparámetro 3630 IDS – WTW, la conductividad eléctrica se midió usando el método electrométrico del sensor IDS – CE del multiparámetro 3630 IDS – WTW (ver figura 02).

a) Turbidez

Para la toma de muestra de la turbidez se siguió la metodología del Ministerio de Salud (2007), en primer lugar el personal de campo se colocó sus botas de jebe, sus guantes descartables y se tomó la muestra en un frasco de vidrio ámbar de 200 ml, previamente enjugado y posteriormente se conservó la muestra dentro de un cooler para mantener sus condiciones iniciales hasta ser llevada para su análisis en el Laboratorio de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

b) Demanda bioquímica de oxígeno

Para el caso de la DBO₅ se siguió la metodología propuesta por el Ministerio de Salud (2007) y la Autoridad Nacional del Agua (2016), donde el personal ingresó a la quebrada con sus botas de jebe, guantes descartables para ubicarse en el centro de la quebrada y tomar la muestra de agua en un frasco de 1000 ml previamente esterilizado, todo esto a 20 cm de profundidad de la película de agua teniendo cuidado de evitar la formación de burbujas para

no alterara la misma; luego se almacenó en un cooler y se transportó al Laboratorio OIKOS LAB. donde fue analizada.

c) Demanda química de oxígeno

Para el caso de la DQO se siguió la metodología propuesta por el Ministerio de Salud (2007) y la Autoridad Nacional del Agua (2016), para lo cual el personal ingreso a la quebrada con sus botas de jebe, guantes descartables para ubicarse en el centro de la quebrada y tomar la muestra de agua en un frasco de 200 ml previamente esterilizado, todo esto a 20 cm de profundidad de la película de agua teniendo cuidado de evitar la formación de burbujas para no alterara la misma; luego se almacenó en un cooler y se transportó al Laboratorio OIKOS LAB. donde fue analizada.

d) Sólidos suspendidos totales

Para el caso de los sólidos suspendidos totales se empleó la metodología propuesta por el Ministerio de Salud (2007) y Autoridad Nacional del Agua (2016), para lo cual el personal ingreso a la quebrada con sus botas de jebe, guantes descartables para ubicarse en el centro de la quebrada y tomar la muestra de agua en un frasco de 1000 ml previamente esterilizado, todo esto a 20 cm de profundidad de la película de agua teniendo cuidado de evitar la formación de burbujas para no alterara la misma; luego se almacenó en un cooler y se transportó al Laboratorio OIKOS LAB. donde fue analizada.

e) Caudal

Para las mediciones del caudal se empleó la metodología propuesta por la Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016), se procedió a medir con el correntómetro GLOBAL WATER/FP211 el cual tomó la velocidad en un punto.

Se seleccionó un tramo uniforme sin interferencia del curso de agua por piedras o algún otro material. Con la ayuda de una wincha se midió el ancho de la sección y se dividió este cada un metro de acuerdo al protocolo empleado.

En cada una de estas divisiones se midió la velocidad media con el correntómetro, se realizaron 3 repeticiones por cada punto. Las profundidades en las cuales se midió las velocidades con el correntómetro estuvieron en función a la altura del tirante de agua, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5. *Consideraciones para tomar lecturas con el correntómetro*

Tirante de Agua d (cm)	Profundidad de Lectura del Correntómetro
15	d / 2
15 < d < 45	0,6 d
> 45	0.2d y 0.8d ó 0.2d, 0.6d y 0.8d

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2016)

Los datos de distancia, profundidad o tirante y velocidad media, serán registrados en la tabla 33, y con estos se encontró el caudal usando el formato de Excel correspondiente (Anexo 05).

3.4.3. Fase de laboratorio

a) Turbidez

Las muestras llegaron al laboratorio en un cooler el cual logró mantenerlas en las condiciones iniciales.

Se procedió a calibrar el turbidímetro de la marca Turbiquant 1100 T, el operario se colocó sus guantes de látex, su guardapolvo tal como lo indica la norma. Seguidamente se limpió los viales que son los contenedores de la muestra de agua, para ello se empleó agua destilada y un paño para limpiar las paredes del vial que viene incluido en el equipo.

Posteriormente, se tomó la muestra de agua que fue recolectada en campo y se agregó aproximadamente 15 ml al vial que sirve para enjuagarlo que posteriormente es desechada, vertimos un aproximado de 30 ml al vial e invertimos lenta y cuidadosamente la cubeta de muestras para que esta se

mezcle en su totalidad teniendo cuidado de que no aparezcan burbujas de aire y cuidadosamente eliminar las gotas de agua, huellas de dedos en las paredes del vial con el paño.

Finalmente, se colocó la cubeta de muestra en el soporte de cubetas de muestras del turbidímetro alineado con la marca de referencia del soporte de cubeta de muestras esperando un lapso de 8-11 segundos para que el turbidímetro arroje la lectura (figura 40) en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) procediendo a repetir la operación para las diferentes muestras y tomando nota de los datos en la hoja de apuntes.

b) Demanda química de oxígeno

La muestra de agua fue llevada al laboratorio OIKOS LAB- Jaén, Perú para su análisis. El protocolo fue el SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed, establecidos por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

c) Demanda bioquímica de oxígeno

La muestra de agua fue llevada al laboratorio OIKOS LAB- Jaén, Perú para su análisis. El protocolo el SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 D, 22nd Ed, establecido por el Instituto Nacional de Calidad INACAL.

d) Sólidos suspendidos totales

La muestra de agua fue llevada al laboratorio OIKOS LAB- Jaén, Perú para su análisis. El protocolo fue la NTP 214.039:2015. (Método gravimétrico).

3.4.4. Instrumentos usados en la medición de los parámetros fisicoquímicos

En la siguiente tabla se dan a conocer los instrumentos utilizados en la medición de los parámetros de la quebrada Amojú.

Tabla 6. Instrumentos utilizados en la medición de los parámetros fisicoquímicos

INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN
GPSMAP 78s GARMIN	Equipo de posicionamiento global, usado para determinar las coordenadas del punto de muestreo.
Etiquetas/Rótulos	Identificación de las muestras.
Cámara digital Panasonic	Capturar imágenes de las acciones que se ejecutan al momento de tomar las muestras para el informe final de tesis.
Guantes de látex	Usado para tomar las muestras de agua en condiciones de asepsia sin alterar la muestra.
Frascos 1000 ml.	Tomar las muestras de agua para luego ser transportadas al laboratorio para su respectivo análisis.
Agua destilada.	Limpieza de material de laboratorio usado en la medición de los parámetros.
Soguilla nylon Couler Mediano.	Usado para medir ancho del cauce y medir los caudales. Transporte de las muestras de agua al laboratorio.
Multiparámetro Portátil	Usado en la medición de parámetros de calidad del agua que se determinan in situ.
Laptop HP Intel core i3	Procesamiento de datos y redacción del informe final de tesis.
Guardapolvo	Indumentaria que manda el protocolo de monitoreo de aguas.
Correntómetro	Instrumento para medir la velocidad del agua de la quebrada Amojú.
Wincha	Instrumento usado en la medición de segmentos.
Turbidímetro	Equipo usado en la medición de la turbidez.

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

La composición taxonómica de los macroinvertebrados colectados y determinados fueron 2 Phylum, 2 clases, 8 órdenes y 19 familias; constituidos por phylum **Annelida** con la clase **Oligochaeta** (1 familia), y el phylum **Arthropoda** con la clase **Insecta** con los órdenes: **Oligochaeta** (1 familia), **Ephemeroptera** (3 familias), **Plecoptera** (1 familia), **Hemiptera** (3 familias), **Coleoptera** (2 familias) y **Diptera** (5 familias). (Tabla 7).

Tabla 7. *Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Amojú, durante abril, mayo y junio de 2019.*

Phylum	Clase	Orden	Taxón
Annelida	Oligochaeta	No determinado	Oligochaeta
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae
			Leptophlebiidae
			Tricorythidae
		Plecoptera	Perlidae
		Hemiptera	Naucoridae
			Belostomatidae
			Vellidae
		Coleoptera	Elmidae
			Ptilodactilidae
		Neuroptera	Corydalidae
		Trichoptera	Hydrobiosidae
			Hydropsychidae
			Leptoceridae
			Blepharoceridae
		Diptera	Chironomidae
			Culicidae
			Simuliidae
			Tupilidae

Fuente: Sistema de clasificación tomado como base a Oscoz J. (2009)

La relación por meses de la familias colectadas y determinadas en total de las estaciones de muestreo son presentados en las Tablas 8, 9 y 10; y están constituidos por 16 taxas en abril, 14 taxas en mayo y 15 taxas en junio del 2019, la mayor parte corresponde a estados inmaduros de insectos, principalmente de los órdenes **Diptera** (4 taxas) en abril, **Diptera** (5 taxas) en mayo y **Trichoptera** y **Diptera** (3 taxas cada uno).

Los valores de densidad por estación de muestreo (ind/1 hora) y abundancia relativa son presentados en las tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13; para abril, mayo y junio respectivamente. En abril la estación en donde se presentó la mayor densidad fue la E-1 (85 individuos) (Tabla 8 y Figura 3), las taxas más abundantes relativos totales fueron **Baetidae** (17.43 %), **Tricorytidae** (16.97 %) y **Chironomidae** (10.55 %) (Tabla 14). En mayo la estación de muestreo donde se presentó en mayor densidad fue la E – 1 (102 individuos) (Tabla 9 y Figura 4), y sus taxas con mayor abundancia relativa totales fueron **Tricorytidae** (39.09 %), **Chironomidae** (13.20 %) y **Elmidae** (11.68 %) (Tabla 14). Finalmente en el mes de junio la estación de muestreo E – 1 tuvo un total de 43 individuos, siendo la de mayor densidad (Tabla 10 y Figura 5) y sus taxas con mayor abundancia relativas totales fueron **Tricorytidae** (29.13 %), **Baetidae** (19.42 %) y **Chironomidae** (9.71 %) (Tabla 14).

Tabla 8. *Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Abril 2019.*

Clase	Orden	Taxón	E - 1	E - 2	E - 3
Oligochaeta	No determinada	Oligochaeta		2	4
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	10	12	16
		Leptophlebiidae	3		
		Tricorythidae	22	7	8
	Plecoptera	Perlidae	4	2	2
	Hemiptera	Naucoridae	7	6	2
		Belostomatidae	3	5	3
		Vellidae	2		
	Coleoptera	Elmidae	6	7	7
	Trichoptera	Hydrobiosidae	6	3	2
		Hydropsychidae	9	6	
		Leptoceridae	2		
	Diptera	Chironomidae		9	14
		Culicidae		8	7
		Simuliidae	2		1
		Tupilidae	9		
Densidad de macroinvertebrados colectados 1 ind/hora			85	67	66

Fuente: Elaboración propia

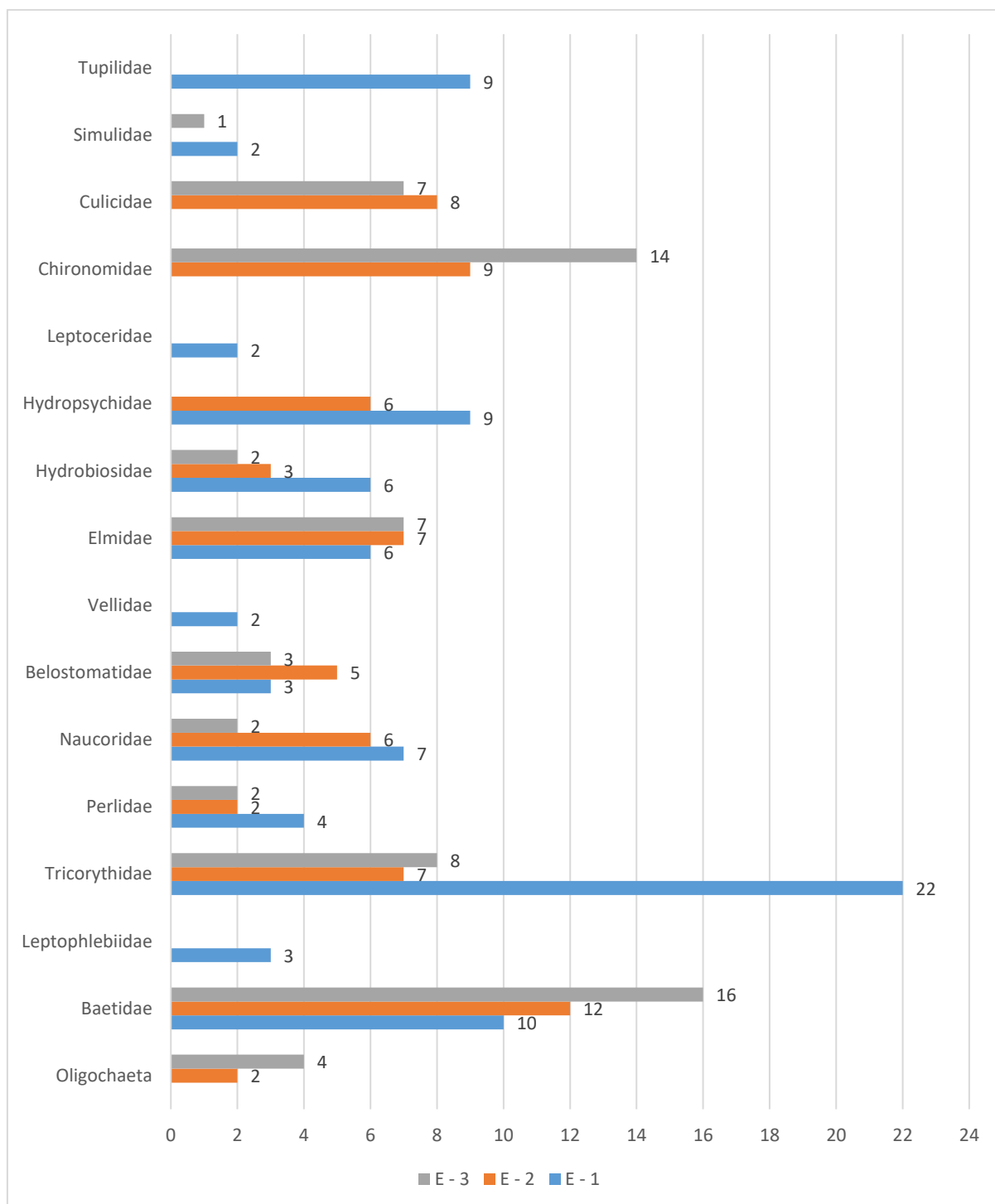


Figura 3. Número de taxones registrados en las tres estaciones en la quebrada Amojú correspondiente al mes de abril del 2019.

Tabla 9. *Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Mayo 2019.*

Clase	Orden	Taxón	E- 1	E - 2	E - 3
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7	2	
		Tricorythidae	33	31	13
	Plecoptera	Perlidae	3	1	1
	Hemiptera	Naucoridae			1
		Belostomatidae	6	1	2
	Coleoptera	Elmidae	15	2	6
	Neuroptera	Corydalidae	5		3
	Trichoptera	Hydropsychidae	10	6	5
		Leptoceridae	6	1	
	Diptera	Blephariceridae	1		
		Chironomidae	8	5	13
		Culicidae			1
		Simuliidae	5		1
		Tipulidae	3		
Densidad total de macroinvertebrados colectados			102	49	46

Fuente: Elaboración propia

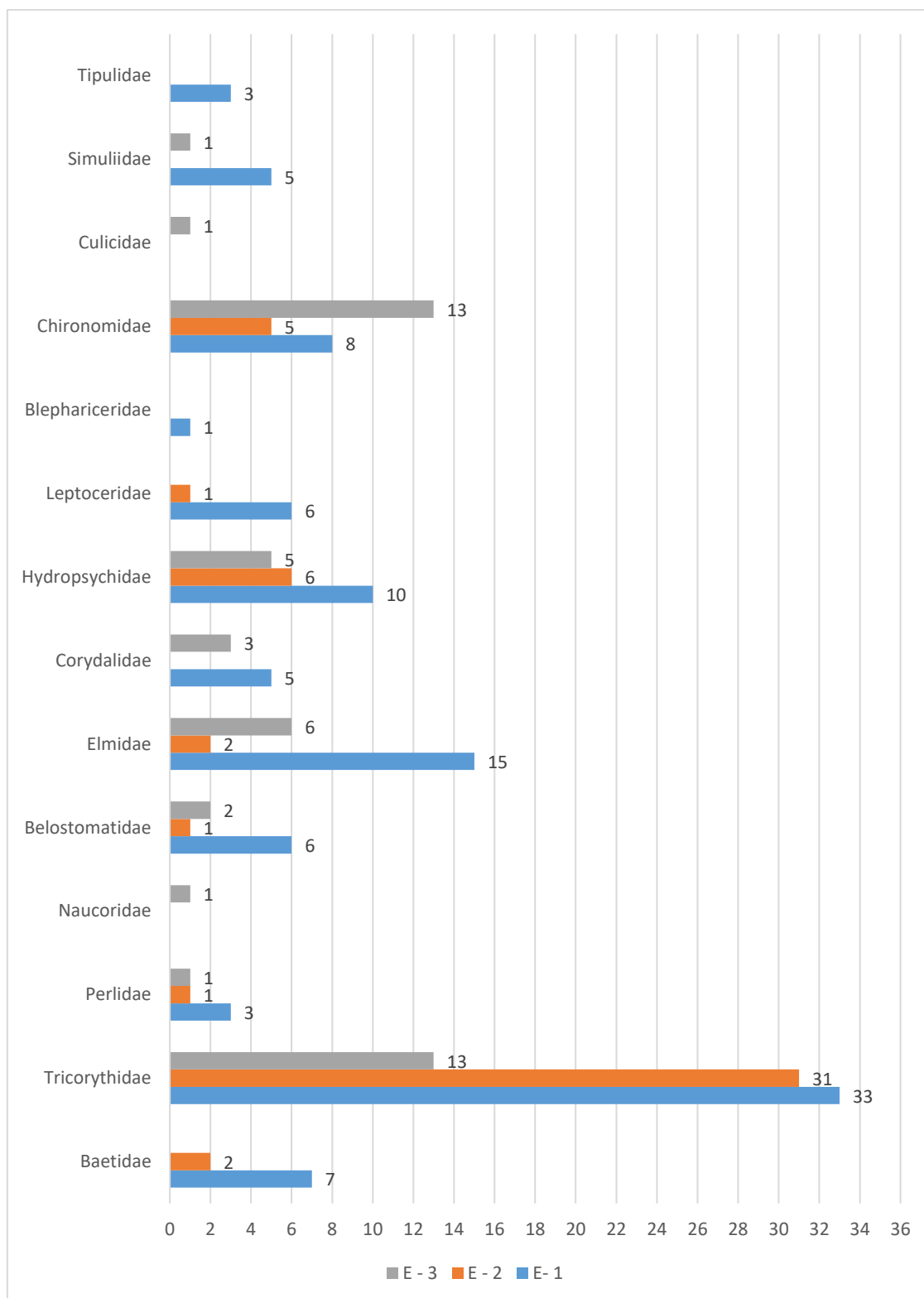


Figura 4. Número de taxones registrados en las tres estaciones de muestreo quebrada Amojú. Jaén–Cajamarca. Mayo 2019.

Tabla 10. *Densidad (N° ind. /1hora de esfuerzo) de los macroinvertebrados bentónicos colectados en cada estación. Junio 2019.*

Clase	Orden	Taxón	E - 1	E - 2	E - 3
Oligochaeta		Oligochaeta			1
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	10	5	5
		Leptophlebiidae	4		5
		Tricorythidae	12	13	5
	Hemiptera	Naucoridae	1		1
		Belostomatidae		1	
	Coleoptera	Elmidae	3	3	1
		Ptilodactilidae		1	
	Neuroptera	Corydalidae	4	1	
	Trichoptera	Hydrobiosidae	2	1	
		Hydropsychidae			6
		Leptoceridae	2	1	2
		Diptera	Blephariceridae	1	
	Chironomidae		3	4	3
	Culicidae		1	1	
Densidad total de macroinvertebrados colectados			43	31	29

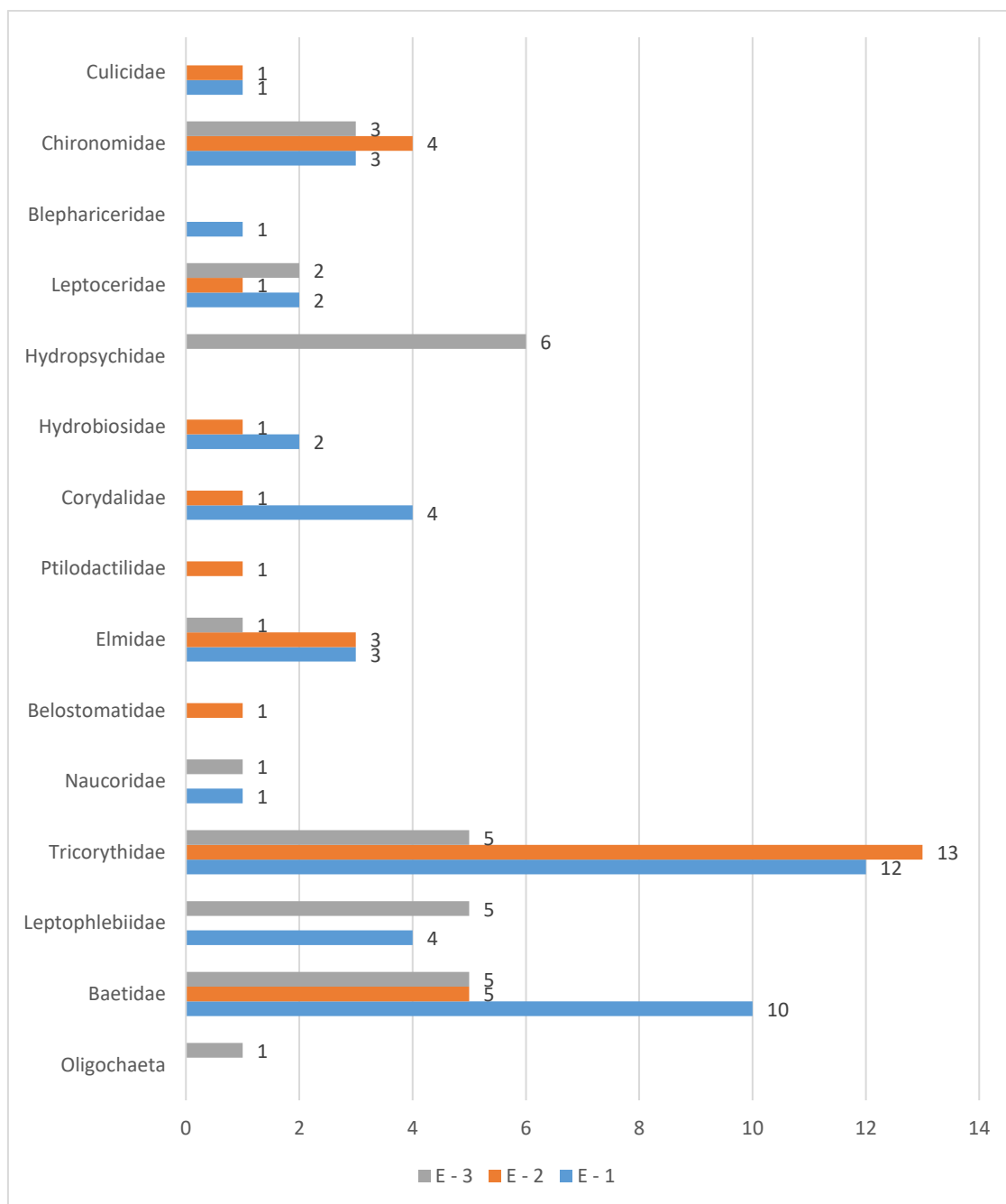


Figura 5. Número de taxones registrados en las tres estaciones de muestreo quebrada Amojú. Jaén–Cajamarca. Junio 2019.

Tabla 11. *Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, abril del 2019.*

Phylum	Orden	Familia	E - 1	E- 2	E- 3
Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta	0.00	2.99	6.06
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	11.76	17.91	24.24
		Leptophlebiidae	3.53	0.00	0.00
		Tricorythidae	25.88	10.45	12.12
	Plecoptera	Perlidae	4.71	2.99	3.03
	Hemiptera	Naucoridae	8.24	8.96	3.03
		Belostomatidae	3.53	7.46	4.55
		Vellidae	2.35	0.00	0.00
	Coleoptera	Elmidae	7.06	10.45	10.61
	Trichoptera	Hydrobiosidae	7.06	4.48	3.03
		Hydropsychidae	10.59	8.96	0.00
		Leptoceridae	2.35	0.00	0.00
	Diptera	Chironomidae	0.00	13.43	21.21
		Culicidae	0.00	11.94	10.61
		Simuliidae	2.35	0.00	1.52
		Tupilidae	10.59	0.00	0.00
			100	100	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. *Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, mayo del 2019.*

Phylum	Orden	Familia	E - 1	E - 2	E - 3
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	6.86	4.08	0.00
		Tricorythidae	32.35	63.27	28.26
	Plecoptera	Perlidae	2.94	2.04	2.17
	Hemiptera	Naucoridae	0.00	0.00	2.17
		Belostomatidae	5.88	2.04	4.35
	Coleoptera	Elmidae	14.71	4.08	13.04
	Neuroptera	Corydalidae	4.90	0.00	6.52
	Trichoptera	Hydropsychidae	9.80	12.24	10.87
		Leptoceridae	5.88	2.04	0.00
	Diptera	Blephariceridae	0.98	0.00	0.00
		Chironomidae	7.84	10.20	28.26
		Culicidae	0.00	0.00	2.17
		Simuliidae	4.90	0.00	2.17
		Tipulidae	2.94	0.00	0.00
			100	100	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. *Abundancia relativa (%) por estación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, junio del 2019.*

Phylum	Orden	Familia	E - 1	E - 2	E - 3
Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta	0.00	0.00	3.45
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	23.26	16.13	17.24
		Leptophlebiidae	9.30	0.00	17.24
		Tricorythidae	27.91	41.94	17.24
	Hemiptera	Naucoridae	2.33	0.00	3.45
		Belostomatidae	0.00	3.23	0.00
	Coleoptera	Elmidae	6.98	9.68	3.45
		Ptilodactilidae	0.00	3.23	0.00
	Neuroptera	Corydalidae	9.30	3.23	0.00
	Trichoptera	Hydrobiosidae	4.65	3.23	0.00
		Hydropsychidae	0.00	0.00	20.69
		Leptoceridae	4.65	3.23	6.90
	Diptera	Blepharoceridae	2.33	0.00	0.00
		Chironomidae	6.98	12.90	10.34
		Culicidae	2.33	3.23	0.00
			100	100	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. *Densidad (N° ind. /1 hora de esfuerzo) y abundancia relativa (%) totales de las familias de macroinvertebrados bentónicos.*

Taxón o Familia	Abril		Mayo		Junio	
	Densidad	A rel (%)	Densidad	A rel (%)	Densidad	A rel (%)
Oligochaeta	6	2.75	0	0.00	1	0.97
Baetidae	38	17.43	9	4.57	20	19.42
Leptophlebiidae	3	1.38	0	0.00	9	8.74
Tricorythidae	37	16.97	77	39.09	30	29.13
Perlidae	8	3.67	5	2.54	0	0.00
Naucoridae	15	6.88	1	0.51	2	1.94
Belostomatidae	11	5.05	9	4.57	1	0.97
Vellidae	2	0.92	0	0.00	0	0.00
Elmidae	20	9.17	23	11.68	7	6.80
Ptilodactilidae	0	0.00	0	0.00	1	0.97
Corydalidae	0	0.00	8	4.06	5	4.85
Hydrobiosidae	11	5.05	0	0.00	3	2.91
Hydropsychidae	15	6.88	21	10.66	6	5.83
Leptoceridae	2	0.92	7	3.55	5	4.85
Blepharoceridae	0	0.00	1	0.51	1	0.97
Chironomidae	23	10.55	26	13.20	10	9.71
Culicidae	15	6.88	1	0.51	2	1.94
Simulidae	3	1.38	6	3.05	0	0.00
Tupilidae	9	4.13	3	1.52	0	0.00
Total	218	100	197	100	103	100

Fuente: Elaboración propia

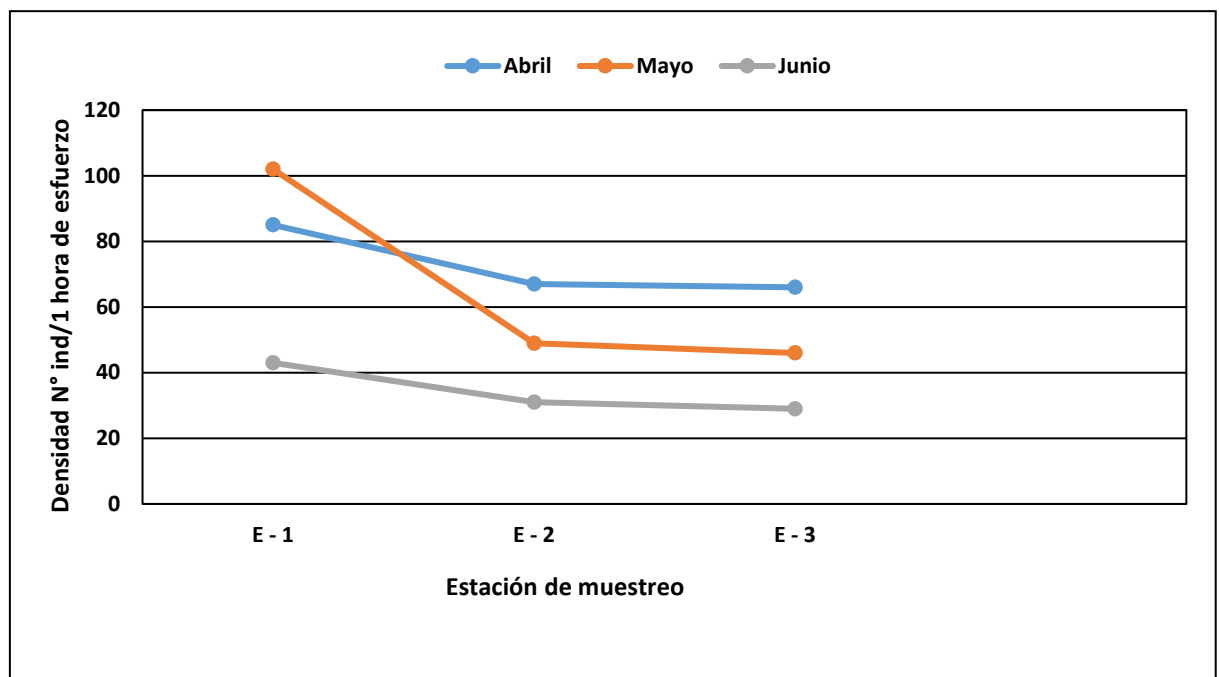


Figura 6. Variabilidad de la densidad (N° ind/hora de esfuerzo) por estación de muestreo en la quebrada Amojú, en abril, mayo y junio de 2019

Tabla 15. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, abril del 2019.

Estaciones de muestreo	Riqueza Específica N° de taxa	Densidad Ind / 1 hora	Uniformidad E	Índice de diversidad Shannon H'	Índice de dominancia Simpson S
E – 1	13	85	0.8973	2.302	0.8736
E – 2	11	67	0.9500	2.278	0.8884
E – 3	11	66	0.8741	2.096	0.8503

Tabla 16. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, mayo del 2019.

Estaciones de muestreo	Riqueza Específica N° de taxa	Densidad Ind / 1 hora	Uniformidad E	Índice de diversidad Shannon H'	Índice de dominancia Simpson S
E – 1	12	102	0.8612	2.400	0.8397
E – 2	8	49	0.6151	1.279	0.5698
E – 3	10	46	0.8115	1.868	0.8034

Tabla 17. Valores de los parámetros comunitarios obtenidos mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, junio del 2019.

Estaciones de muestreo	Riqueza Específica N° de taxa	Densidad Ind / 1 hora	Uniformidad E	Índice de diversidad Shannon H'	Índice de dominancia Simpson S
E – 1	11	43	0.8577	2.057	0.8350
E – 2	10	31	0.7876	1.814	0.7659
E – 3	9	29	0.4814	1.058	0.4386

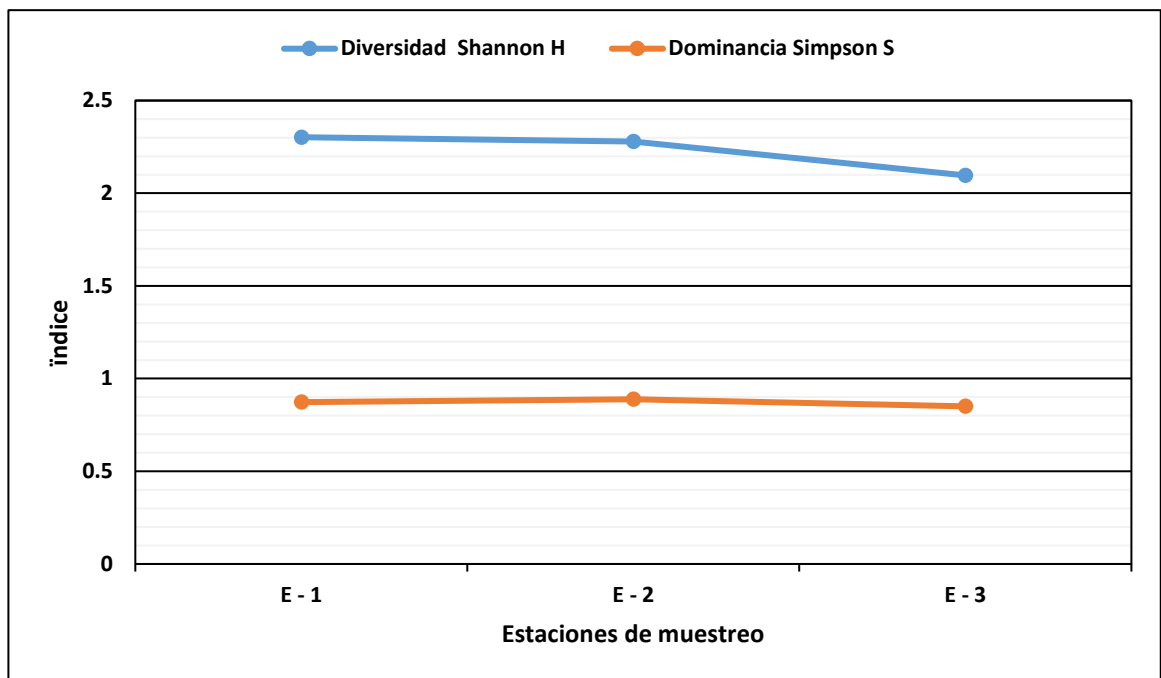


Figura 7. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante abril del 2019.

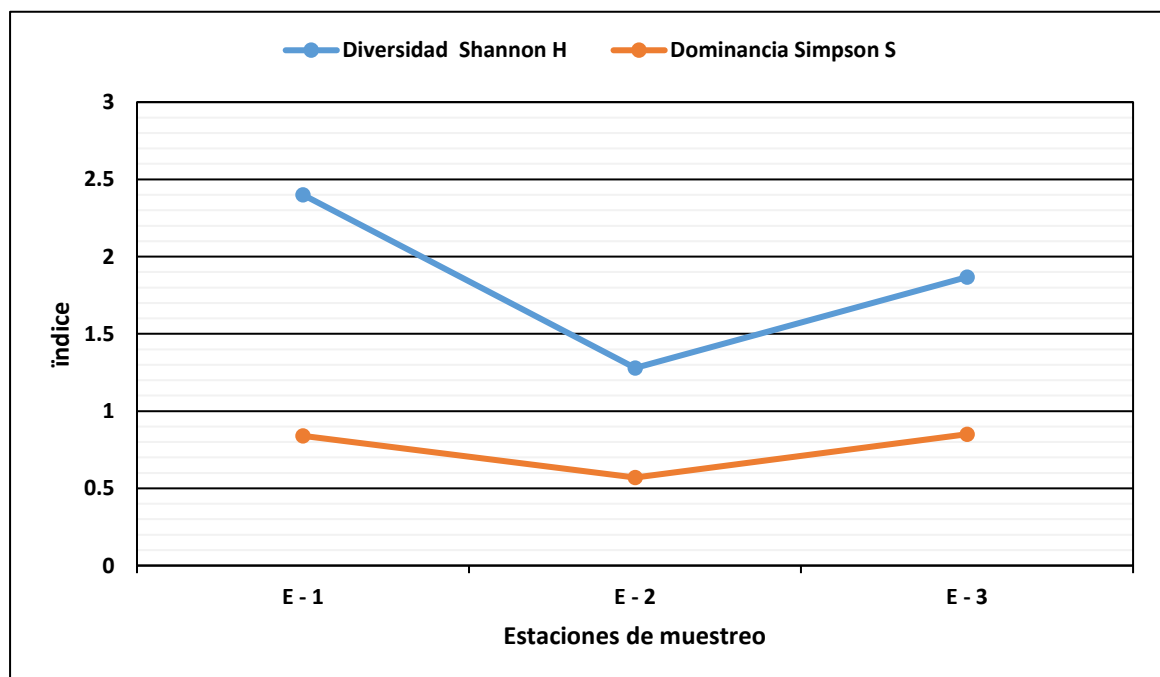


Figura 8. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante mayo del 2019.

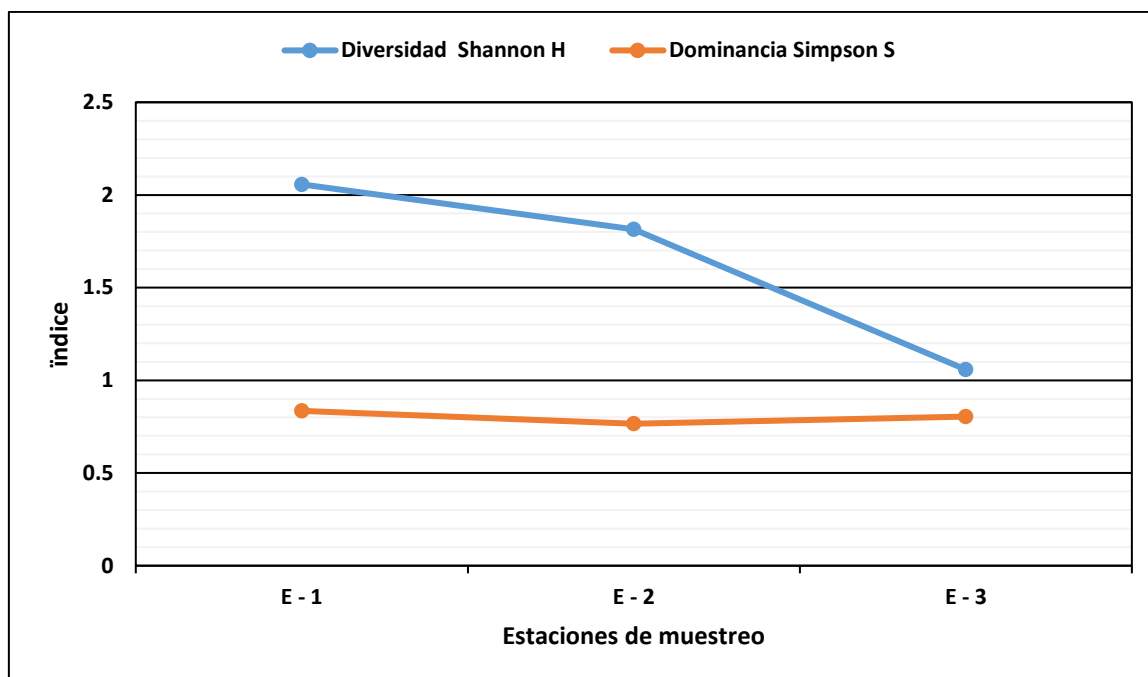


Figura 9. Variabilidad de los índices de Diversidad (H) y Dominancia (S) por estación de muestreo, en la quebrada Amojú, durante junio del 2019.

Tabla 18. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Abril del 2019.

Clase	Orden	Taxón	E - 1	E - 2	E - 3
Oligochaeta	No determinado	Oligochaeta		1	1
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	4	4
		Leptophlebiidae	10		
		Tricorythidae	10	10	10
	Plecoptera	Perlidae	10	10	10
		Hemiptera	Naucoridae	5	5
	Belostomatidae		4	4	4
	Vellidae		5		
	Coleoptera		Elmidae	5	5
	Trichoptera	Hydrobiosidae	8	8	8
		Hydropsychidae	8	8	
		Leptoceridae	8		
	Diptera	Chironomidae		2	2
		Culicidae		2	2
		Simulidae	5		5
		Tupilidae	5		
Densidad total de macroinvertebrados colectados			87	59	56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Mayo del 2019.

Clase	Orden	Taxón	E - 1	E - 2	E - 3
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	4	
		Tricorythidae	10	10	10
	Plecoptera	Perlidae	10	10	10
	Hemiptera	Naucoridae			5
		Belostomatidae	4	4	4
	Coleoptera	Elmidae	5	5	5
	Neuroptera	Corydalidae	6		6
	Trichoptera	Hydropsychidae	5	5	5
		Leptoceridae	8	8	
	Diptera	Blephariceridae	10		
		Chironomidae	2	2	2
		Culicidae			2
		Simuliidae	5		5
		Tipulidae	5		
Densidad total de macroinvertebrados colectados			74	48	54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Índice biótico (BMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú en Jaén. Cajamarca. Junio del 2019.

Clase	Orden	Taxón	E - 1	E - 2	E - 3
Oligochaeta		Oligochaeta			1
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	4	4
		Leptophlebiidae	10		10
		Tricorythidae	10	10	10
	Hemiptera	Naucoridae	5		5
		Belostomatidae		4	
	Coleoptera	Elmidae	5	5	5
		Ptilodactilidae		5	
	Neuroptera	Corydalidae	6	6	
	Trichoptera	Hydrobiosidae	8	8	
		Hydropsychidae			5
		Leptoceridae	8	8	8
		Diptera	Blephariceridae	10	
	Chironomidae		2	2	2
	Culicidae		2	2	
Densidad total de macroinvertebrados colectados			70	54	50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante abril del 2019.

EM	BMWP		Calidad Biológica	Calificación
E-1	87	●	Aceptable calidad	Aguas con signos de estrés
E-2	59	●	Regular calidad	Aguas contaminadas
E-3	56	●	Regular calidad	Aguas contaminadas

Tabla 22. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú, durante mayo de 2019.

EM	BMWP		Calidad Biológica	Calificación
E-1	74	●	Aceptable calidad	Aguas con signos de estrés
E-2	48	●	Regular calidad	Aguas contaminadas
E-3	54	●	Regular calidad	Aguas contaminadas

Tabla 23. Valores obtenidos del BMWP y clases de calidad de aguas, de las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú, durante junio de 2019.

EM	BMWP		Calidad Biológica	Calificación
E-1	70	●	Aceptable calidad	Aguas con signos de estrés
E-2	54	●	Regular calidad	Aguas contaminadas
E-3	50	●	Regular calidad	Aguas contaminadas



Figura 10. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante abril de 2019.



Figura 11. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante mayo de 2019.



Figura 12. Calidad de aguas de las estaciones de muestreo en la quebrada Amojú, durante junio de 2019.

En lo que respecta al caudal el mayor promedio es de $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$, este se obtuvo en los meses de abril, mayo y junio del 2019 para la estación de muestreo N° 01 debido ya que esta fecha se encuentra en época creciente; por otra parte el menor caudal promedio es de $1.69 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual corresponde a la estación de muestreo N° 03 en los meses de abril, mayo y junio del 2019 encontrándose en época de lluvias tal como se puede apreciar en la figura 13. Para obtener la medida de los caudales promedios se procesó los datos de campo de área y velocidad (Anexo 05).

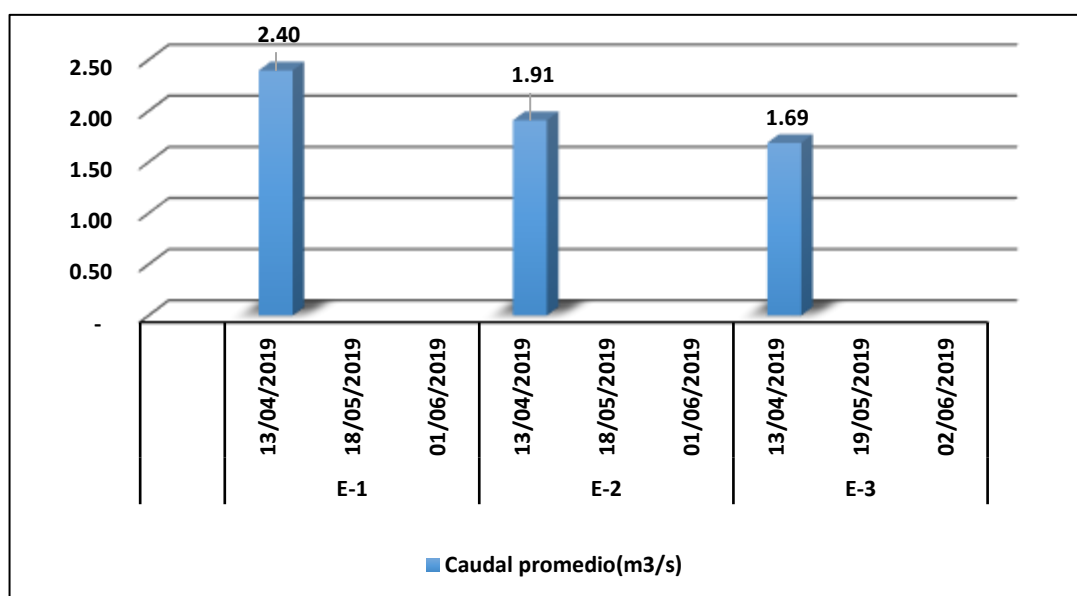


Figura 13. Caudales promedios de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Los resultados correspondientes de la temperatura son mostrados en la figura 14, donde el máximo valor promedio del parámetro es de 23.77°C en la estación de muestro N° 01 durante el mes de abril, mayo y junio del 2019 y la temperatura mínima correspondió a 23.50°C la estación de muestro N° 02 durante el mes de abril, mayo y junio del 2019.

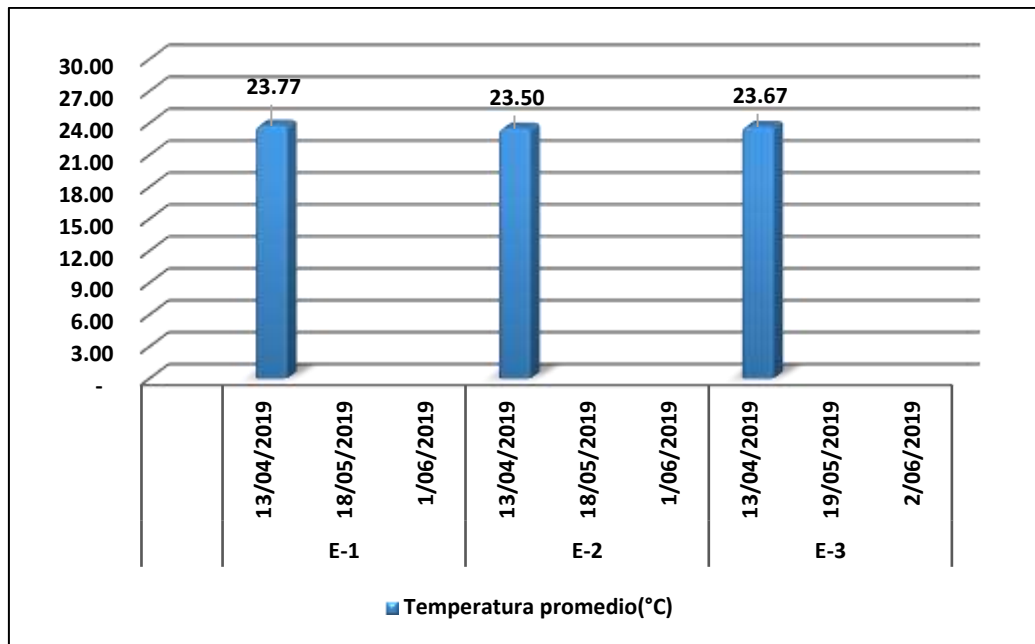


Figura 14. Temperatura promedio de la quebrada Amojú durante los meses de abril, mayo y junio del 2019

Para el caso del pH encontramos los siguientes resultados que son mostrados en la figura 15, donde el máximo valor promedio del parámetro es de 8.18 en la estación de muestro N° 01 durante los meses de abril, mayo y junio del 2019 y el pH mínimo ha coincidido con un valor de 8.16 para la estación N° 02 y N° 03 correspondientes al mes de abril, mayo y junio de 2019.

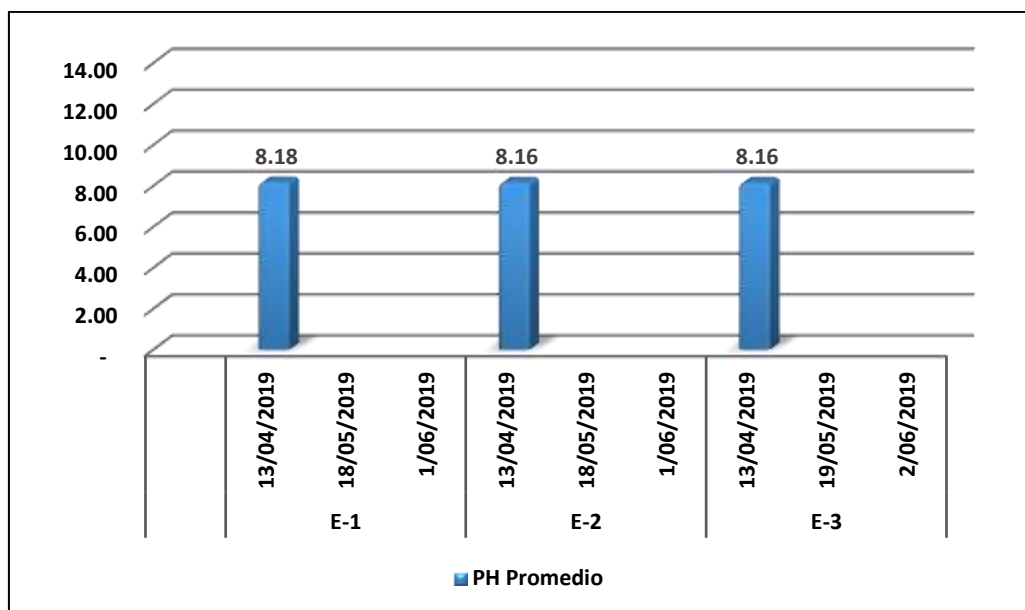


Figura 15. pH promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.

En los resultados de la conductividad eléctrica promedio tal como se aprecia en la figura 16 (se obtuvo: el máximo valor de 186.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación de muestreo N° 03 durante los meses de abril, mayo y junio del 2019 y el mínimo valor promedio se registró en la estación de muestro N° 01 durante los meses abril, mayo y junio del 2019.

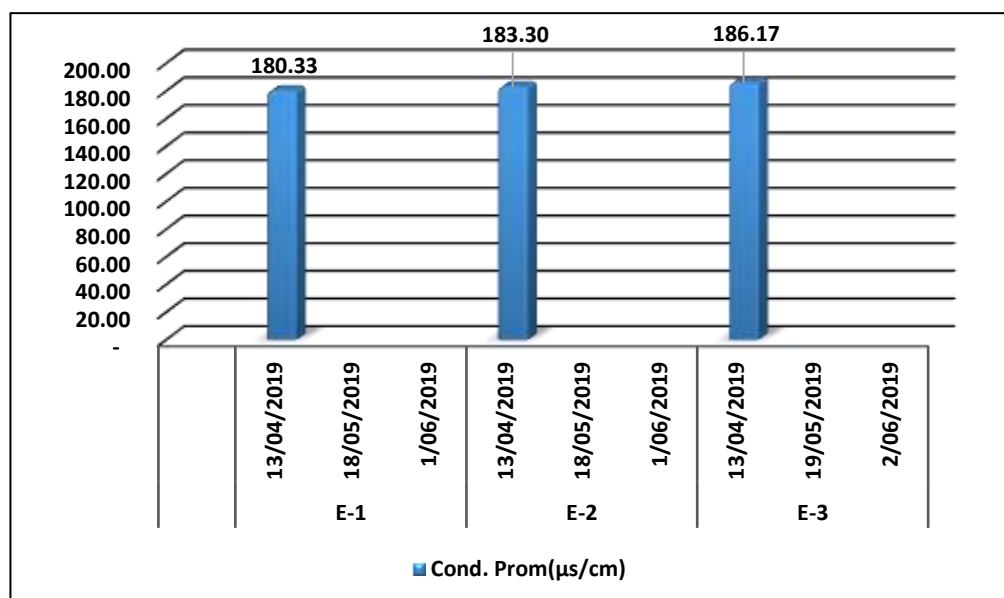


Figura 16. Conductividad eléctrica promedio de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

El siguiente parámetro analizado fue el oxígeno disuelto (mg/L) figura 17: El máximo valor es de 7.6 mg/L en la estación de muestreo N° 01 durante los meses de abril, mayo y junio del 2019 y el mínimo valor correspondió a 6.8 mg/L en la estación de muestreo N° 02 en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

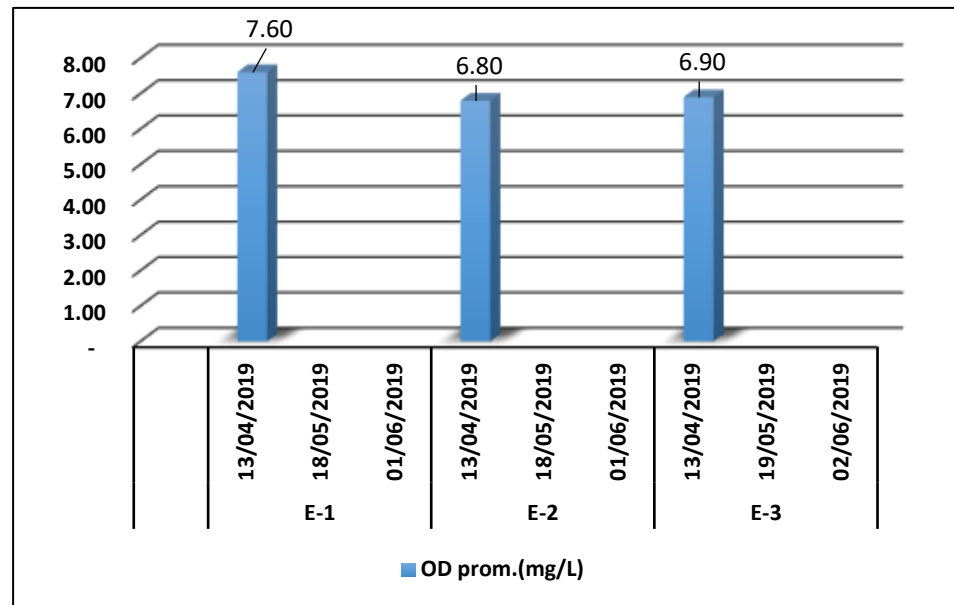


Figura 17. Oxígeno disuelto promedio de la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Los resultados obtenidos de la demanda bioquímica de oxígeno tal como se muestra en la figura 18 se registró valor máximo de 15.51 MgO_2/L para la estación de muestreo N°02 correspondiente al mes de abril, mayo y junio del 2019 y el mínimo valor fue de 12.10 MgO_2/L para la estación de muestreo N° 01 que corresponde a los meses de abril, mayo junio del 2019.

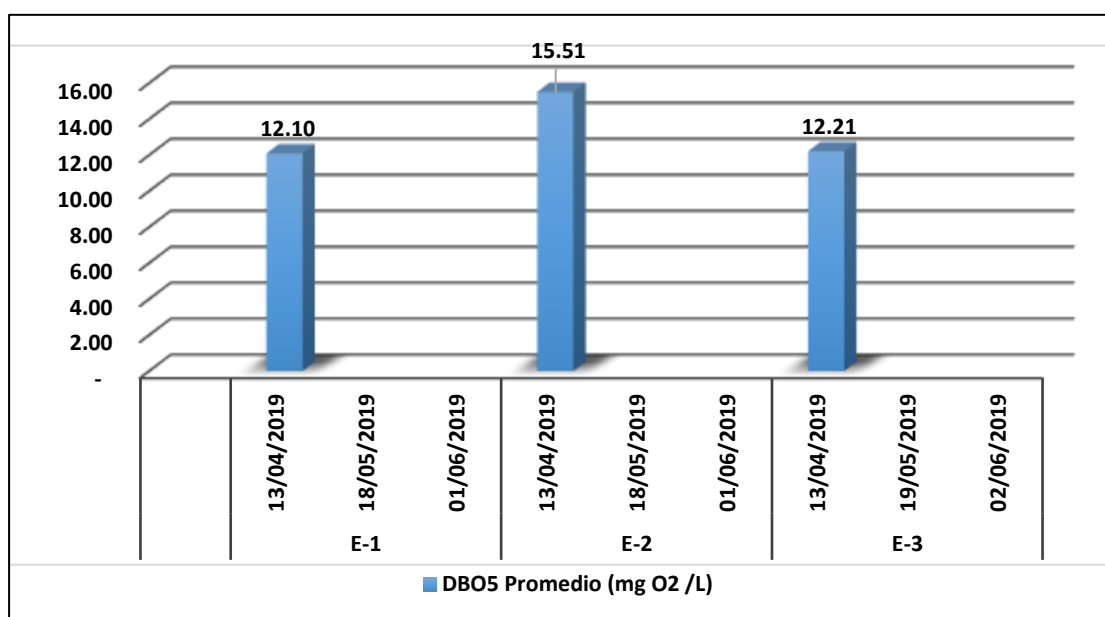


Figura 18. Demanda bioquímica de oxígeno promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.

La demanda química de oxígeno tal como se muestra en la figura 19 registró un valor máximo promedio de 35.77 mg/L para la estación de muestreo N° 02 correspondiente al mes de abril, mayo y junio del 2019 y el mínimo valor promedio fue de 20.35 mg/L para la estación de muestreo N° 01 que corresponde a los meses de abril, mayo junio del 2019.

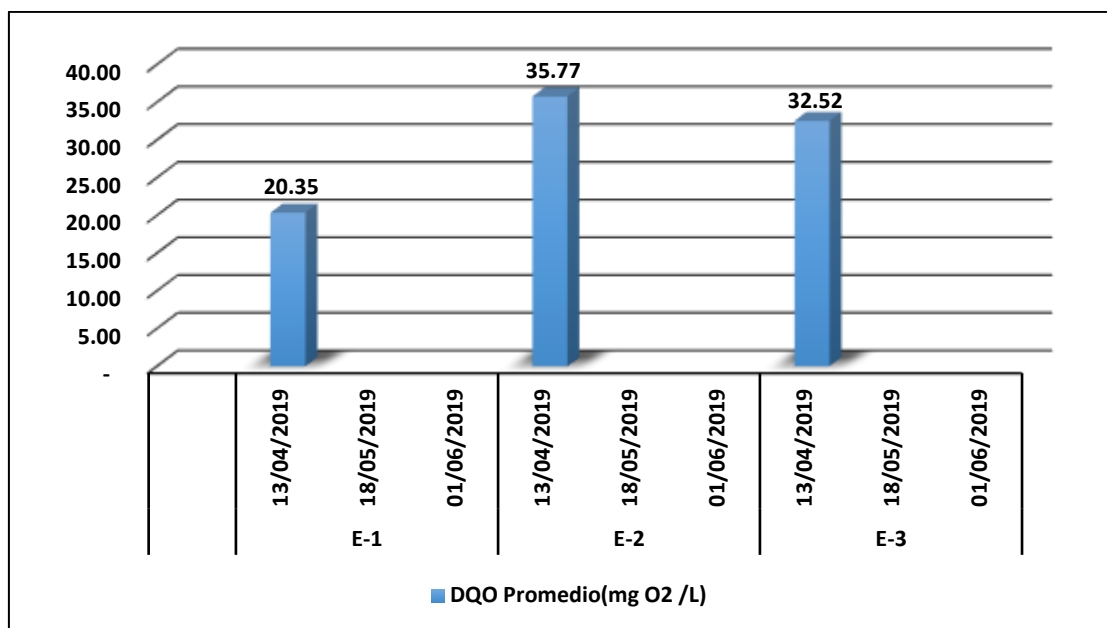


Figura 19. Demanda química de oxígeno promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.

La turbidez tal como se muestra en la figura 20 registró un valor máximo promedio de 12.52 NTU para la estación de muestreo N°02 correspondiente al mes de abril, mayo y junio del 2019 y el mínimo valor promedio fue de 9.17 NTU para la estación de muestreo N° 01 que corresponde a los meses de abril, mayo junio del 2019.

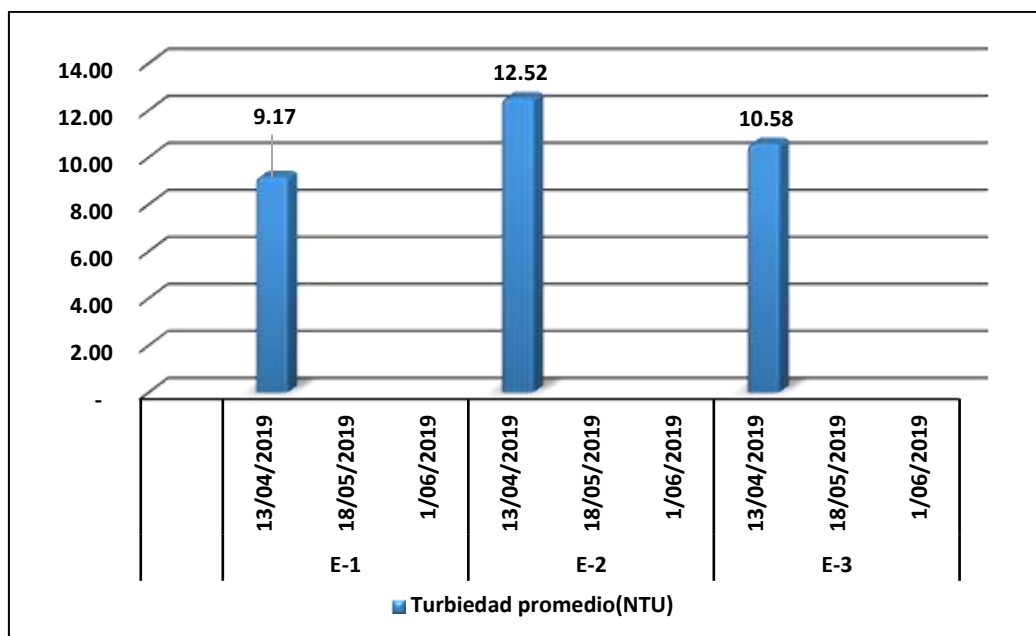


Figura 20. Turbidez promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Finalmente, el parámetro de calidad de agua a medir fueron los sólidos suspendidos totales promedio donde se obtuvo un valor máximo promedio que coincide entre la estación de muestreo N° 01 y N° 03 de 7 mgSST/L correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019, en tanto el valor mínimo promedio fue de 6.67 mgSST/L perteneciente a la estación de muestreo N° 02 que corresponde a los meses de abril, mayo y junio del 2019 (Figura 21).

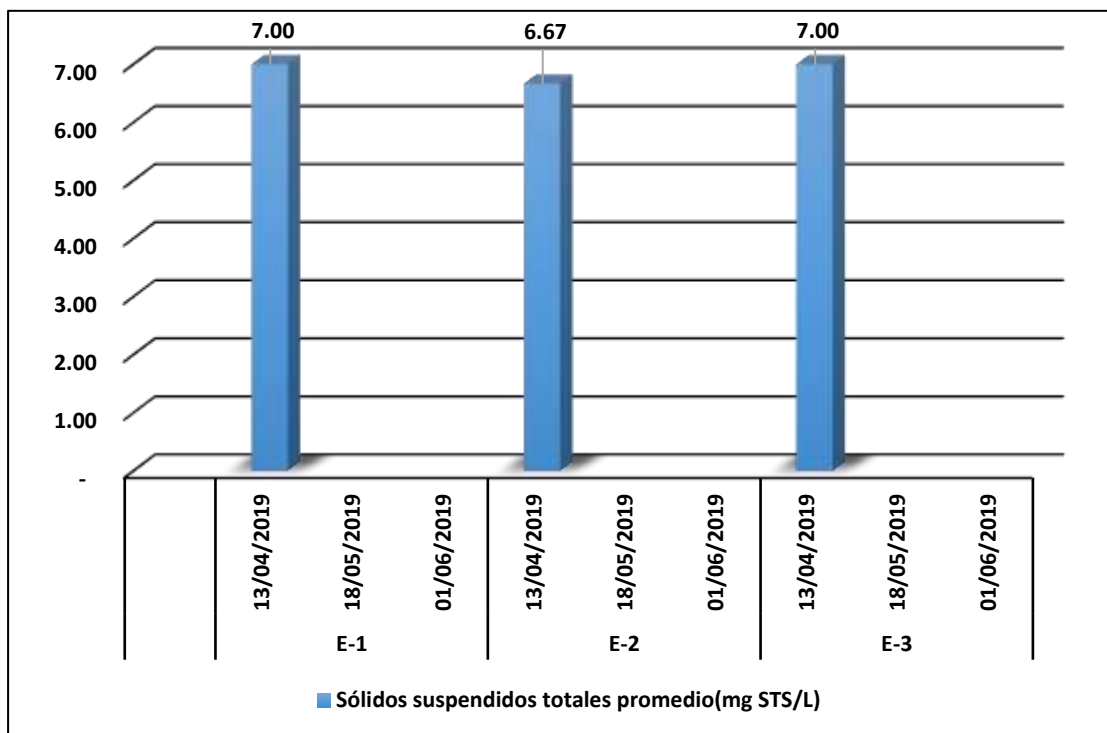


Figura 21. Sólidos suspendidos totales promedio de la quebrada Amojú correspondiente a los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Por otro lado, la relación entre los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada se dan a conocer en las siguientes tablas:

Para la estación de muestreo N° 01 con un caudal promedio de $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$ se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con un caudal promedio de $1.91 \text{ m}^3/\text{s}$ presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con un caudal promedio $1.69 \text{ m}^3/\text{s}$ la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias tal como aprecia en la figura 22.

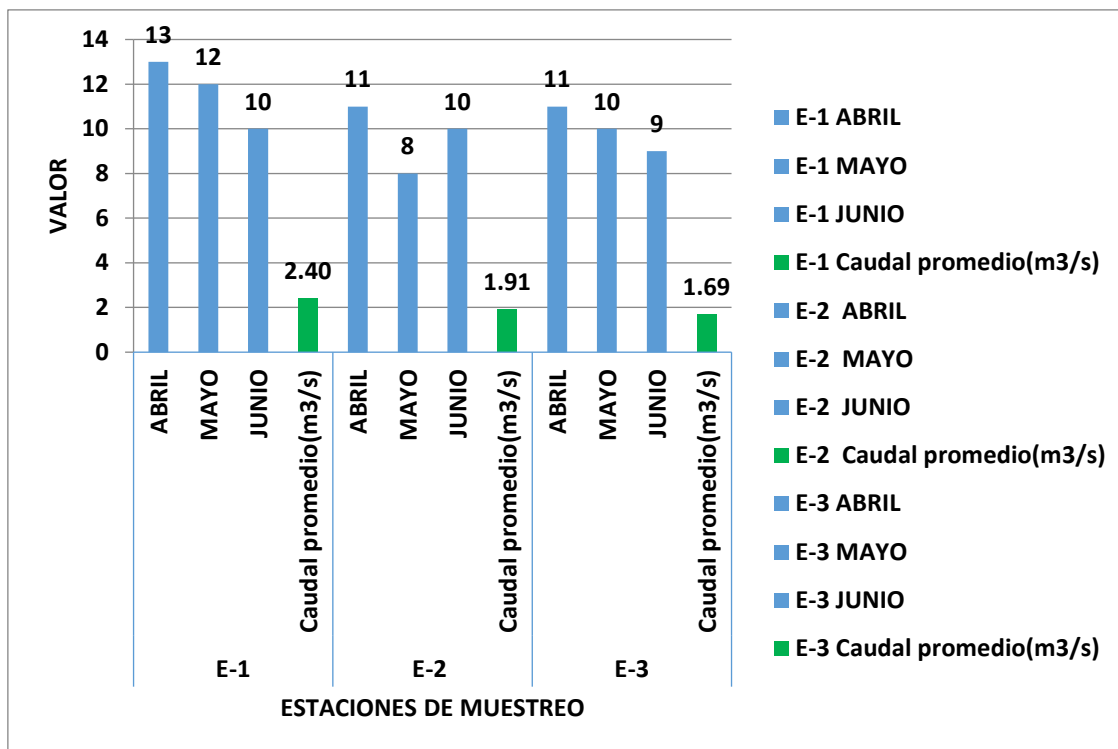


Figura 22. Relación del caudal promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

En la figura 23, para la estación de muestreo N° 01 con una temperatura promedio de 23.77 °C se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una temperatura promedio de 23.50°C presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una temperatura promedio de 23.67 °C la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias.

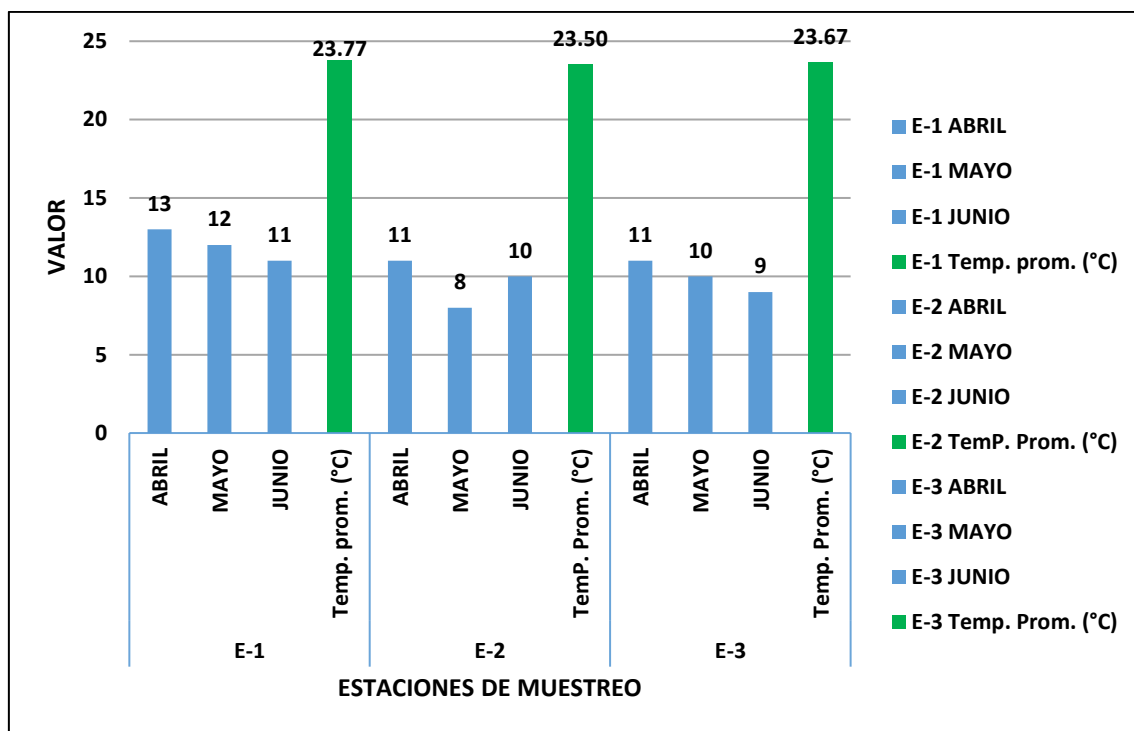


Figura 23. Relación de la temperatura promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Para la estación de muestreo N° 01 con un pH promedio de 8.18 se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con un pH promedio de 8.16 presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con un pH promedio de 8.16 la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias, lo que se aprecia en la figura 24.

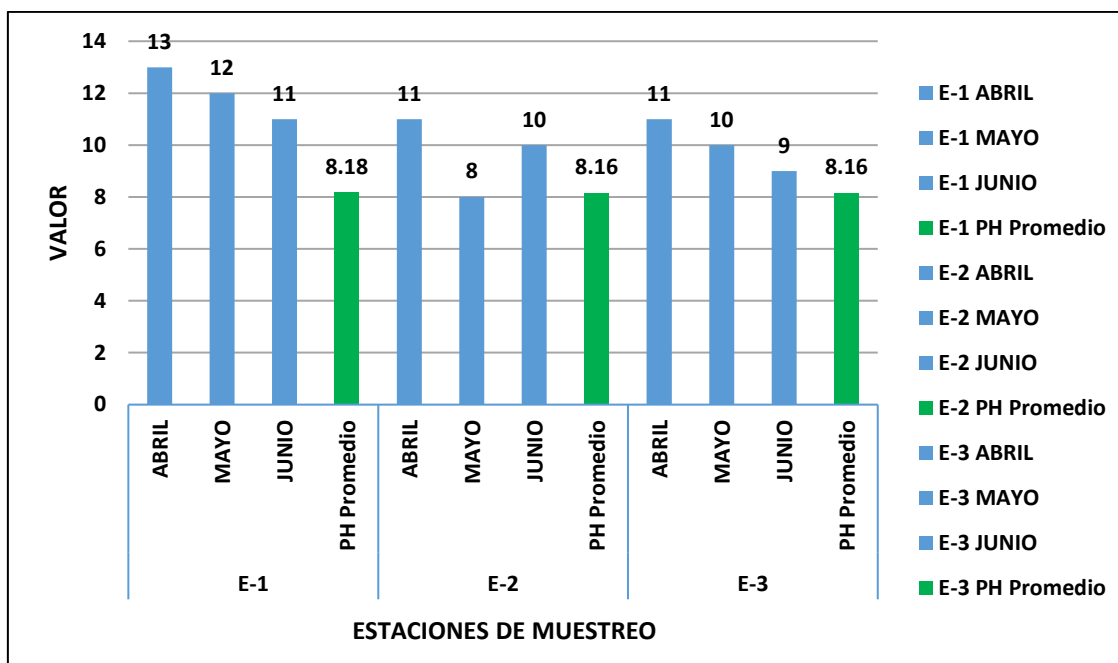


Figura 24. Relación del pH promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Como se puede apreciar la figura 25, para la estación de muestreo N° 01 con una conductividad eléctrica promedio de 180.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una conductividad eléctrica promedio de 183.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una conductividad eléctrica promedio de 186.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias.

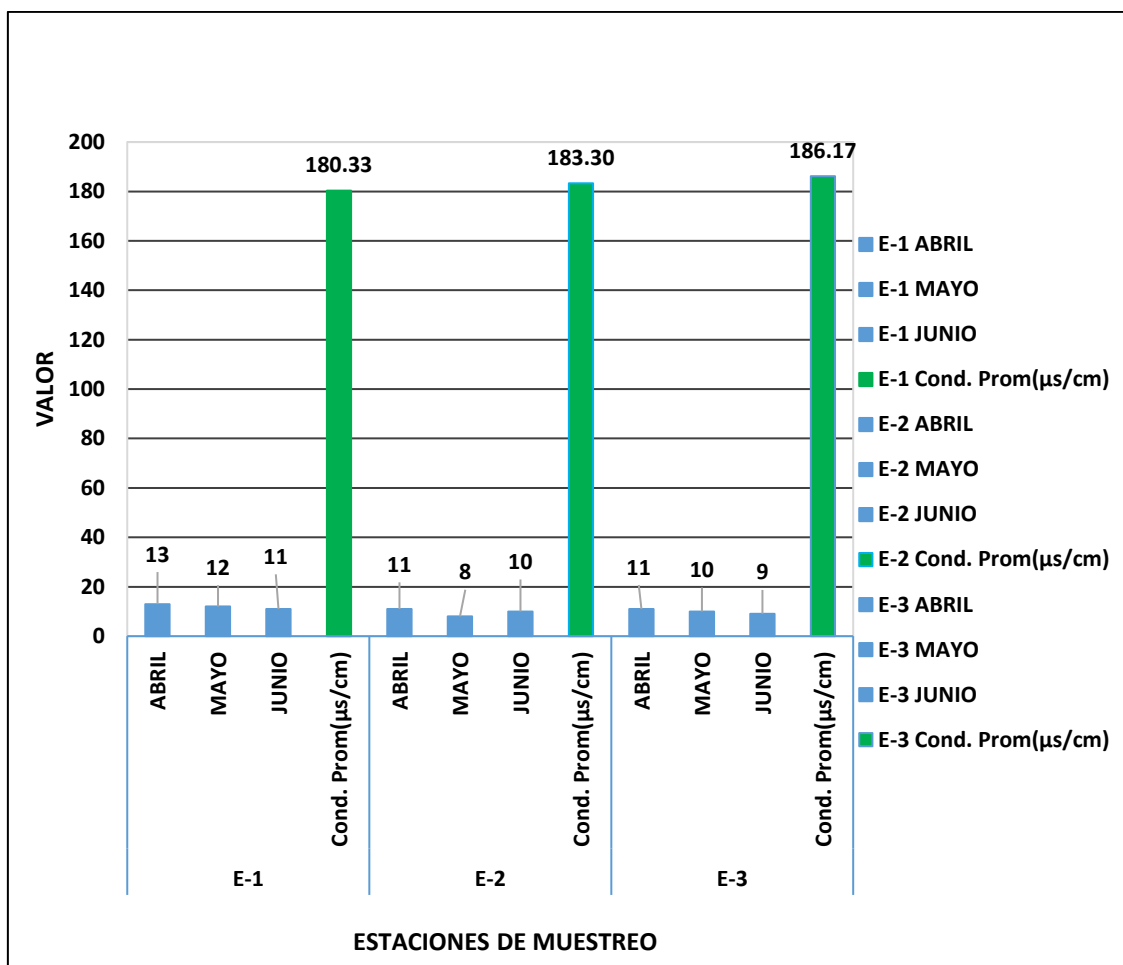


Figura 25. Relación de la conductividad eléctrica promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Para la estación de muestreo N° 01 con un oxígeno disuelto promedio de 7.6 mg/L se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 11 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con un oxígeno disuelto promedio de 6.80 mg/L presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con un oxígeno disuelto promedio de 6.90 mg/L la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias; que se aprecia en la figura 26.

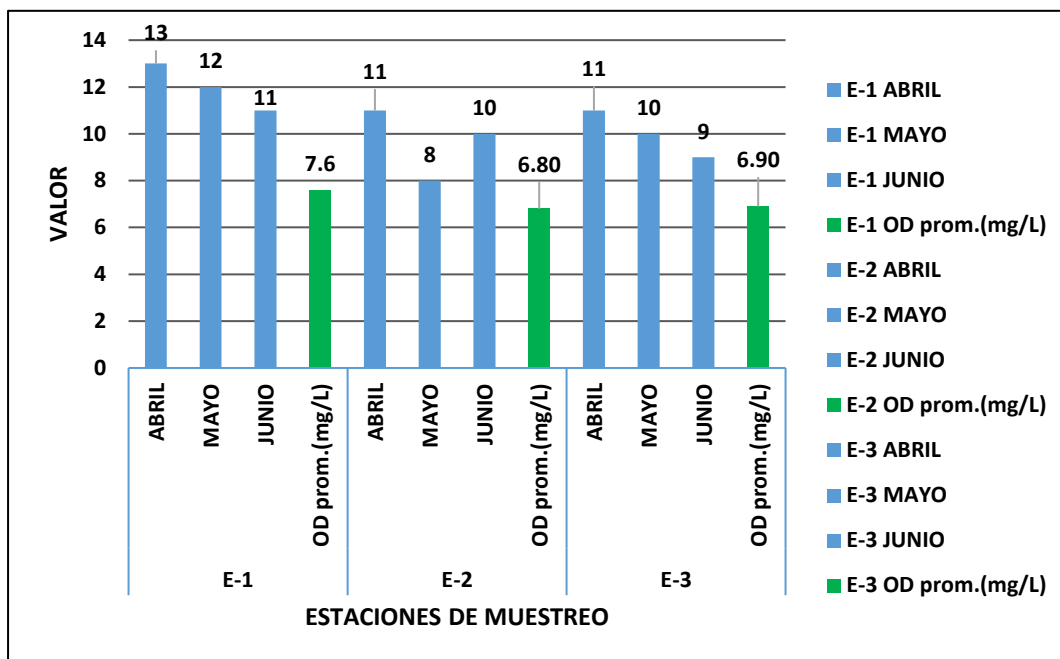


Figura 26. Relación del oxígeno disuelto promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Para la estación de muestreo N° 01 con una demanda bioquímica de oxígeno de 12.1 mgO₂/L se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 11 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una demanda bioquímica de oxígeno de 15.51 mgO₂/L presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una demanda bioquímica de oxígeno de 12.21 mgO₂/L la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias; como se observa en la figura 27.

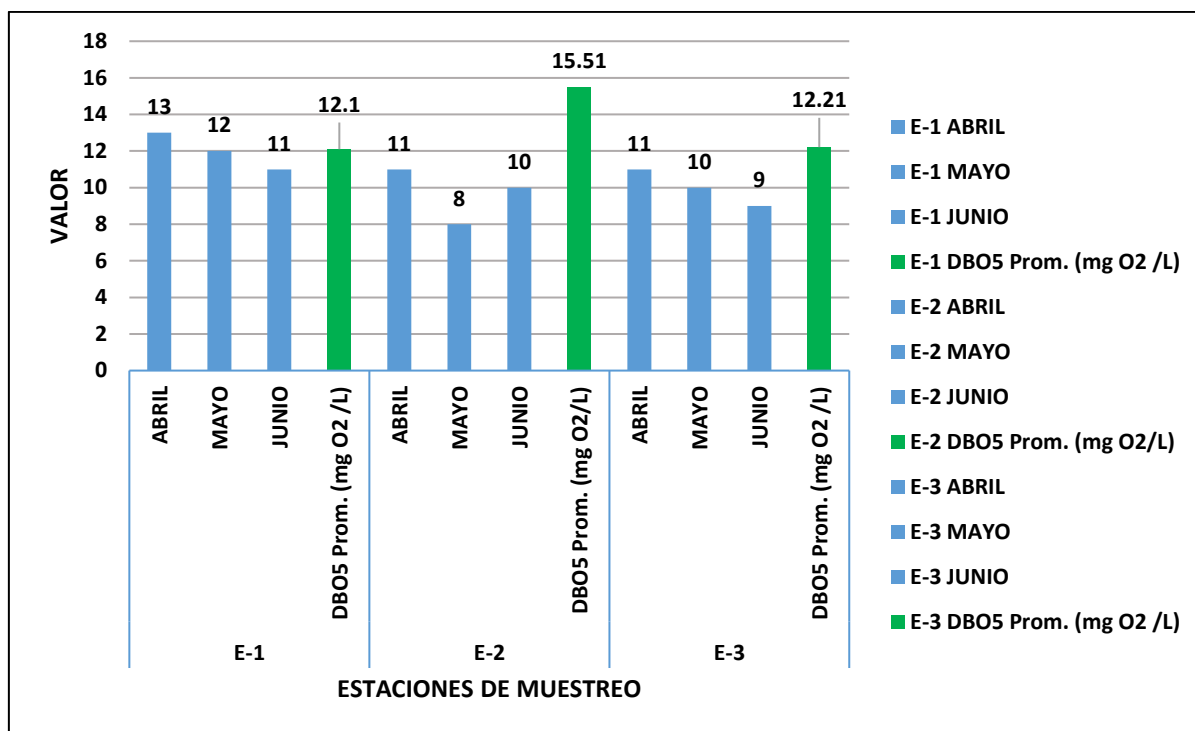


Figura 27. Relación de la demanda bioquímica de oxígeno promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

En la figura 28, para la estación de muestreo N° 01 con una demanda química de oxígeno de 20.35 mgO₂/L se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 11 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una DBO de 35.77 mgO₂/L presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una demanda bioquímica de oxígeno de 32.52 mgO₂/L la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias.

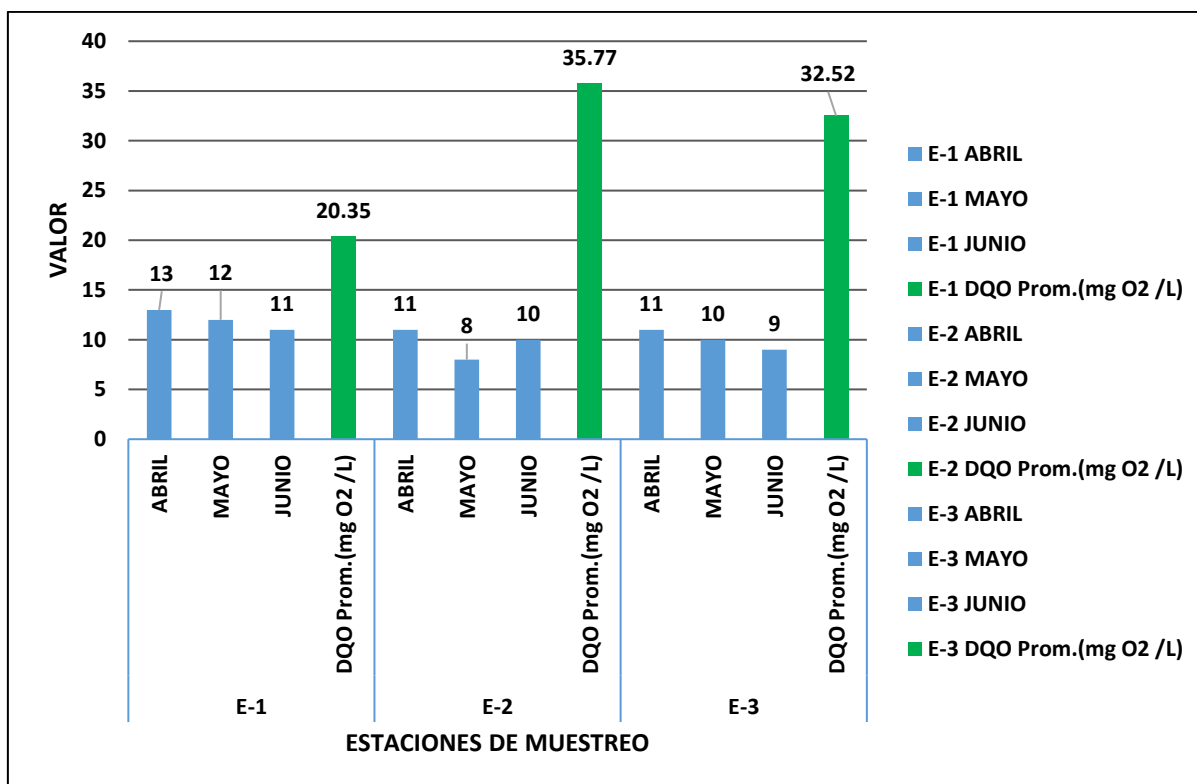


Figura 28. Relación de la demanda química de oxígeno promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Para la estación de muestreo N° 01 con una Turbidez promedio de 9.17 NTU se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una turbidez promedio de 12.52 NTU presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una Turbidez promedio de 10.58 NTU la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias; tal como se observa en la figura 29.

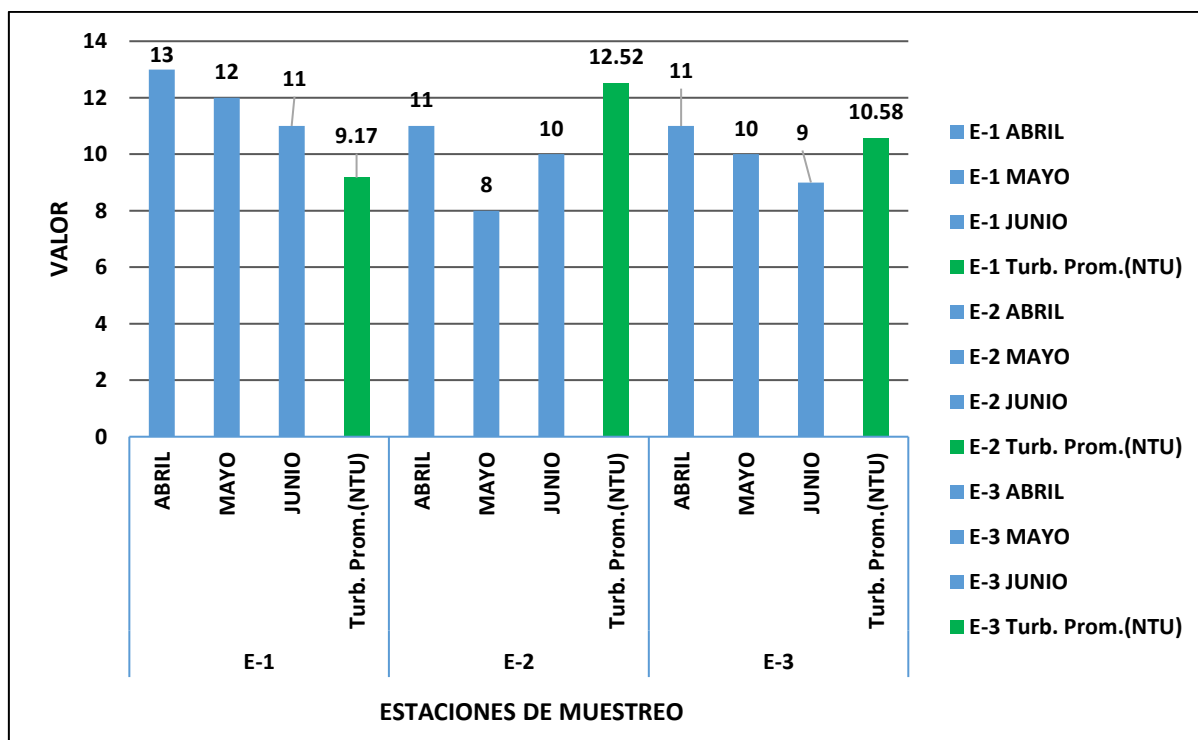


Figura 29. Relación de la turbiedad promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Para la estación de muestreo N° 01 con una cantidad sólidos suspendidos totales promedio de 7 mgSTS/L se encontró un máximo de 13 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de abril y un mínimo de 10 familias de macroinvertebrados durante el mes de junio. En tanto la estación de muestreo N° 02 con una cantidad sólidos suspendidos totales promedio de 6.67 mgSTS/L presentó un máximo de 11 familias correspondientes al mes de abril y un mínimo de 8 familias de macroinvertebrados correspondientes al mes de mayo. En tanto para la estación de muestreo N° 03 con una cantidad sólidos suspendidos totales promedio de 7 mgSTS/L la mayor presencia de familias de macroinvertebrados corresponde al mes de abril con 11 y la mínima fue en el mes de junio con 9 familias; que se puede apreciar en la figura 30.

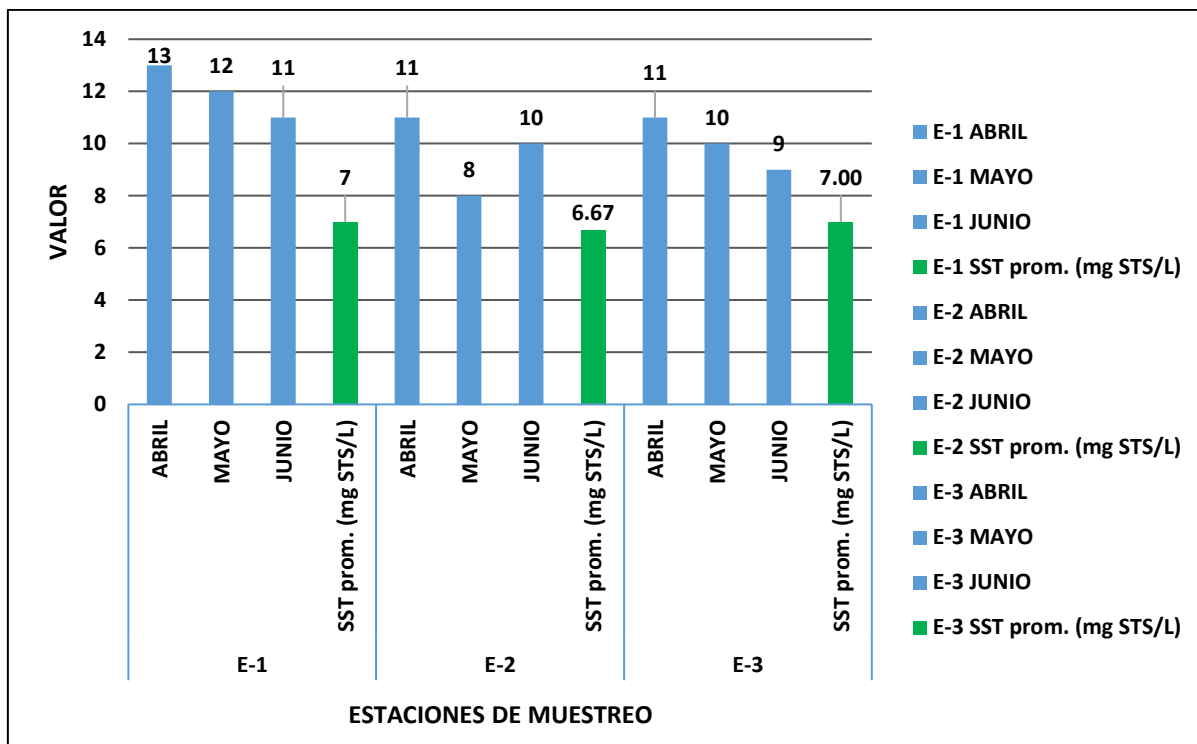


Figura 30. Relación de los sólidos suspendidos totales promedio con el número de familias de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Amojú en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

IV. DISCUSIÓN

En las tres estaciones muestreadas en la quebrada Amojú E-1, E-2 y E-3 (Fig. 31, Fig.32 y Fig. 33) no se tuvo problemas para realizar la toma de muestra, cuyas profundidades fueron como máxima 0.61 m en abril, 0.59 m en mayo y 0.56 m en junio (Tabla 24, Tabla 27 y Tabla 30), no presentan ningún problema en la metodología aplicada en el muestreo de macroinvertebrados acuáticos, ya que según la Confederación Hidrográfica del Ebro (2012) esta metodología presenta un problema de aplicación en ciertas masas de agua en donde no se puede acceder a todos los hábitats presentes debido a la profundidad del cauce, no siendo el caso de la quebrada Amojú en esta época del año; además, en los trabajos realizados por Reda Fishar & William (2006) señalan que en los métodos de muestreo en grandes ríos en sus zonas profundas del río hay mucha menor diversidad de taxones de macroinvertebrados con relación a las orillas.

En la estación E-1 (bocatoma de la EPS - Marañón) que es el punto más alto, posee una calidad biológica aceptable (agua con signo de estrés) (Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23), debido a que no tiene mucho impacto humano, el acceso que es un poco restringido por el mismo hecho que queda cerca de las descargas de agua de la hidroeléctrica “La pelota”. Esta zona no está no está muy influenciada por sembríos que utilicen productos químicos como fertilizantes o insecticidas los cuales afectan la calidad de agua ya sea por negligencias en su manejo y manipulación, lo que se demuestra a través de técnicas como la cromatografía gaseosa y más recientemente los inmunoensayos, son utilizadas en la determinación de la concentración de plaguicidas en este medio según señala en su investigación Orta (2002); además se observó; presencia de vegetación ribereña nativa entre las especies de flora que más destacan podemos encontrar *Ochroma piramidae* (balsa) , *mimosa púdica* (mimosa), *Inga edulis* (guaba), *Maclura tinctoria* (morero), *Guazuma umlifolia* (guázimo), *Erythrina velutina* (porotillo), *Ricinus communis* (higuerilla) *Arundo donax* (cana brava), *phragmites australis* (carrizo), si bien es cierto en el Perú no hay estudios que relacionen la

calidad del agua con la presencia de vegetación ribereña Silva, (2018) señala que probablemente la vegetación ribereña aportan a conservar la calidad del recurso hídrico, pero no necesariamente aportan a la calidad del ecosistema lo que recomienda aplicar una metodología y evaluar el efecto real de la misma sobre la calidad del agua, lo que se fundamenta en lo concluido por Mendoza et al , (2014) el cual afirma que “la zona ribereña es un ecotono de alta diversidad biológica, con un funcionamiento complejo debido a su posición entre los sistemas acuático y terrestre, que ofrece múltiples servicios ambientales. Como parte de estos están la estabilización de los cauces de los arroyos, la reducción de la descarga de productos químicos presentes en los escurrimientos de tierras altas, el mantener la temperatura del agua y mejorar su nivel de oxígeno disuelto que es fundamental para la vida acuática y la protección de los recursos acuáticos en su flora y fauna asociadas” (p.434). Por ende, su aporte energético al cauce de agua es vital para el crecimiento de macroinvertebrados bentónicos.

La estación E-2 puente Pardo Miguel, es la que pasa por el centro de la ciudad de Jaén, posee mayor influencia antropogénica y es una zona que carece de vegetación ribereña, ya que presenta fajas marginales de cemento además ambas márgenes de la ribera se encuentran constituido por viviendas familiares; los pobladores arrojan sus desechos líquidos y sólidos, lavan sus mototaxis y ropa en las aguas de la quebrada , vertiendo aguas residuales el cual es un problema de urgencia en América Latina, ya que más del 80 % de la población se encuentra en zonas urbanas y el 70 % de las aguas residuales no tiene tratamiento alguno generando aumento en la carga orgánica e inorgánica del cuerpo de agua, afirma Larios et al, (2015), lo cual hizo disminuir la calidad de agua, pasando de aceptable calidad en las estaciones E-1 a regular calidad (aguas contaminadas) en la estación E-2 (Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23).

La estación E-3, a la altura de la urbanización La Pradera, pasa anteriormente por 6 puentes: La Corona, puente Orellana, Pardo Miguel, puente Mesones Muro, puente Manco Cápac y el puente Pakamuros y sigue teniendo la misma calidad biológica (regular calidad) que la estación E-2 (Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23), además de poseer la menor cantidad de especímenes de las tres estaciones en las tres repeticiones; debido a que las actividades antropogénicas no disminuyen, ya que, es una zona con poca vegetación, generalmente en su mayoría está rodeado de cultivos agrícolas, *Oriza sativa* (arroz), *Theobroma cacao*

(cacao), *Musa paradisiaca* (plátano), utilizándose para su cultivo grandes cantidades de nutrientes inorgánicos; así como insecticidas, además se vienen implementando dos nuevas lotizaciones urbanas en el lugar, vertiendo sus residuos sólidos de la construcción (desmonte) para nivelar el área que van hasta el cauce directo de la quebrada; también se encontró residuos sólidos de origen domiciliarios y hospitalarios que alteran las condiciones naturales de la quebrada; confirmando lo sostenido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de la República de Colombia (2006), que los residuos municipales, agrícolas generan impactos en el suelo y sobre los cursos de agua superficiales, los cuales afectan considerablemente a los macroinvertebrados.

Los resultados de las estaciones de muestreo E-1, E-2 y E-3 (Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10) se asemejan a los de Arana & Cabrera (2015), en los cuales se evaluaron quince estaciones de muestreo en quebradas y ríos en el área de influencia del gasoducto de Perú LNG (gas natural licuado), en los departamentos de Ica y Huancavelica, en los cuales los macroinvertebrados acuáticos se encontraron en un hábitat adecuado para su desarrollo, ya que el análisis de los parámetros físico químicos no superan los límites máximos permitidos para el Perú, manteniendo así una buena calidad biológica

Los resultados obtenidos en el presente estudio se asemejan con los obtenido por Polo (2013), el cual realizó estudios en la quebrada Amojú en el 2013 y 2015, por ejemplo, la estación E-1 poseía aceptable calidad en ambos años, sin embargo en la estación E-2 (puente Pardo Miguel) la calidad mejoró de mala calidad en el 2013 y 2015 a regular calidad en el 2019, cabe mencionar que las estaciones muestreadas en su ubicación son distintas para las diferentes investigaciones. Además, que el impacto haya sido menor es probablemente a las campañas medioambientales realizadas por la Universidad Nacional de Jaén y otras instituciones y a la toma de conciencia ecologista de gran parte de la población.

Familias más representativas

Las familias *Leptophlebiidae*, *Tricorythidae*, *Perlidae* y *Blephariceridae* se encontraron en mayor cantidad en el punto E-1, (en los tres meses de muestreo), poseyendo el más alto puntaje de calidad de agua de estudio valorando como “aceptable calidad”, esto confirma lo sostenido por Oscoz, Campos, & Escala (2006) y Ortega, Chocano, Palma, &

Samanez (2010), los cuales indican que estas familias se desarrollan en aguas frías y oxigenadas, además son muy sensibles a la contaminación y que los individuos del orden Trichoptera constituye un importante componente de las comunidades bénticas y son base de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos.

Las larvas de tricoptera viven en diversos ambientes acuáticos habitando ríos y quebradas de aguas limpias y bien oxigenadas, y es uno de los órdenes acuáticos más diversos (Springer, 2010). Estudios realizados por Basaguren & Orive (1991) en la cuenca del río Nerbión Bizkaia, utilizaron especies de Trichopteros para conocer la calidad del agua de sus diferentes tramos mediante un análisis factorial de correspondencias. No encontrándose Trichopteros en el cauce principal, afectado por una intensa contaminación, así como por frecuentes dragados. Sin embargo, en los pequeños afluentes, menos afectados que el río principal, se han encontrado diferentes asociaciones de Trichopteros representativos de diferentes tipos de hábitats. En nuestro estudio encontramos la mayor cantidad de familias de Trichopteros en la estación E-1 (Tabla 8) en abril, y esta poseía calidad aceptable, mientras que la estación E-3 (Tabla 8) poseía el menor número de familia de trichopteros y esta tenía regular calidad.

Acosta, Ríos, Reiradevall, & Prat (2009) y Rodríguez, Ospina Turizo (2011), señalan que los Trichopteros son indicadores de aguas limpias y su abundancia aumenta con el aumento de la altitud, esta característica se presentó en la estación E-1 que poseía la mayor altitud y el mayor número de Trichopteros y por lo tanto mayor calidad que las demás estaciones.

Otros taxos como los *Chironomidae*, que según Leiva (2004) son muy tolerantes a la contaminación por materia orgánica y es propia de zonas con condiciones ecológicas desmejoradas, como las estaciones de muestreo E-1 y E-2 de la quebrada Amojú, siempre están presentes, sin embargo, esta familia se encontró en casi todos los puntos de muestreo lo que coincide con la investigación de Polo & Medina (2015).

Para la estación de muestreo E-2 y E-3 es mayor la frecuencia de individuos de la familia *Culicidae* que también poseen estadios larvarios acuáticos, encontrándose en aguas lentas de poca corriente, estos individuos demuestran una gran tolerancia a la

contaminación y son de importancia médico-veterinaria por ser hematófagos y vectores de enfermedades (Ministerio de medio ambiente y agua, 2011).

Además, mencionar que para estas estaciones E -2 y E-3 se vieron afectados principalmente por la actividad antrópica más que por las condiciones naturales propias del ambiente. Entre las actividades del hombre que degradan las aguas en dichos puntos se incluyen la deforestación, actividades industriales con vertido de grandes cantidades de desechos directamente al agua causando el cambio de coloración, olor fétido por descomposición y eutrofización. Según Manahan (2007), la presencia de restos de materiales plásticos, telas viejas, pañales desechables en descomposición, elementos de aluminio derivados de residuos domiciliarios y comerciales que son arrojados al mismo disminuyendo la calidad del agua, además de basurales clandestinos que se observaron al momento de realizar los monitoreos .

Miserendino, Archangelsky, Brand, & Epele (2012), corrobora que los resultados encontrados, refiere a que el descenso de la densidad de macroinvertebrados está relacionado con la disminución de la calidad de agua y de los alimentos, con la interferencia de los mecanismos de respiración y otras características fisiológicas y morfológicas.

Diversidad de Shannon

El índice de diversidad de Shannon H' fue mayor en la estación E-1 (Tabla 10, 11 y 12) que tuvieron el BMWP más alto, es decir con mayor diversidad y menor en las estaciones E-2 y E-3 (Tabla 11 y 12). Estos resultados coinciden con los que obtuvo Arrunátegui (2016). Según el esquema de clasificación de Staub et al (1970) y de acuerdo a los valores obtenidos de para el índice de diversidad de Shannon H' (Tabla 10, 11 y 12) la estación de muestreo E-1 (en los tres meses) tendrían una condición de aguas de contaminación ligera (de 2 a 3) y las estaciones de muestreo E-2 y E-3 (en mayo y junio) tendrían una contaminación moderada (1 a 2).

Dominancia de Simpson

En el caso del Índice de dominancia de Simpson se encontró que en los puntos de muestreo de aguas de aceptable calidad tenía el puntaje más elevado, y en los de regular calidad tenía el puntaje menor, lo que según La Universidad de Puerto Rico (2004), mientras

más cercano a cero (0) se encuentre el índice menor será la diversidad del lugar estudiado; un resultado cercano a uno (1) es indicativo de una diversidad mayor.

Parámetros fisicoquímicos

Se establece que los caudales promedio están relacionados directamente con las precipitaciones, ya que en teoría en los meses que se ha muestreado son de lluvias, pero al momento de realizar la toma de datos se ha escogido los días con mejores condiciones climáticas es decir menos precipitación para poder ingresar a la quebrada. El mayor caudal que se puede apreciar es en la estación de muestreo 01, con valores promedio de 2.40 m³/s y con mayor cantidad de familias de macroinvertebrados (Figura 22), en este punto de muestreo se aprecia que el caudal es mayor debido a que no hay pérdida de agua por captaciones secundarias, tales como canales de regadío, agua entubada para consumo humano y actividades agropecuarias u otros, lo que sucede contrario en la estación de muestreo 02 y 03, donde los caudales son menores debido a actividades que hacen uso directo del agua de la quebrada Amojú, todo ello hace que disminuya la cantidad de familias de macroinvertebrados relacionado a otros parámetros descritos en la investigación; sin estar ligados a las precipitaciones generadas en la parte alta de la microcuenca.

Longo, Zamora, Guisande & Ramírez (2010), lograron determinar que los periodos de lluvia escasa y moderada beneficiaron procesos de colonización y desarrollo de diversos taxa, presentando estas épocas los valores más altos de abundancia, riqueza y diversidad. Lo anterior se relacionó con un caudal continuo y poco variable, que favoreció la heterogeneidad de hábitats, niveles propicios de variables físicas y químicas y la disponibilidad de mayor oferta alimenticia lo que coincide con la presente investigación.

En la figura 14 se puede ver las temperaturas promedio para las diferente estaciones de muestreo observando que la variabilidad es mínima oscilando entre 23.50 °C y 23.77 °C, según Muñoz (2016) menciona que “es importante considerar que la temperatura es un factor determinante en muchos sentidos, porque es el principal factor a tomar en cuenta al realizar las mediciones in situ al tomar la muestra, puesto que puede determinar la composición de la misma en cuanto a la materia disuelta, no disuelta y su naturaleza química debido a que define las reacciones que pueden ocurrir”. Por ende, los cambios estacionales para los tres meses de monitoreo no han sido variables. No puede descartarse de ninguna manera el hecho de que la temperatura fluctúa diariamente, ni tampoco que la temperatura medida dependió

del momento en el cual se tomó la muestra y mientras estas temperaturas mantengan en condiciones adecuadas al ecosistema, no podrá hablarse de condiciones fuera de lo normal. Los valores de temperatura están establecidos en los estándares de calidad ambiental, categoría 1: Poblacional y recreacional lo que define como la variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, en nuestro caso al comparar dicha variación se obtuvieron datos que se encontraron incluidos en los estándares establecidos en la norma nacional D.S N° 004-2017-MINAM.

Paredes, Iannacone, & Alvarino (2004), mencionan que hay una carencia de comunidad de macroinvertebrados en las estaciones con mayor temperatura, explicándolo como un efecto de la concentración de vertimientos provenientes de las comunidades aledañas, lo cual en la presente investigación no existen variaciones significativas de temperatura que sea determinante para la riqueza de macroinvertebrados, concluyendo que la presencia de mayor cantidad de familias de macroinvertebrados sería por el tipo de fondo pedregoso que presenta esta estación de muestreo, que es el caso de la N°01 y que según Burdett & Watts (2009) y Meza S., Rubio-M, G-Dia, & Walteros M (2012), señalan que “los fondos pedregosos suelen ser más ricos, ya que ofrecen una mayor superficie para el crecimiento de la biopelícula de la cual se alimentan diversos consumidores primarios; los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos para organismos fragmentadores, lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos” y concuerda con lo observado.

Para el caso del pH de los cuerpos de agua superficiales esta debe encontrarse en el intervalo de 6,5 a 8,5 unidades de pH según los estándares de calidad ambiental (ECA), categoría 1- D.S N° 004-2017-MINAM. Los valores medidos oscilaron entre 8.16– 8.18 unidades de pH promedio, la figura 24 muestra estos resultados, siendo la característica predominante del agua de la quebrada Amojú en las tres estaciones de muestreo, ligeramente alcalina. Ninguno de los valores obtenidos para las tres estaciones excede los valores de la norma nacional dentro de la categoría que se compara.

Muñoz Aguilar (2016), manifiesta que el pH del agua es directamente proporcional con el equilibrio carbónico y la actividad de los microorganismos acuáticos. En las estaciones de muestreo donde la actividad antropogénica es más intensa fue la estación N°02

puente Pardo Miguel y N° 03 altura de la urbanización La Pradera, las variaciones de pH de 0.2 se deben sobre todo a los vertidos de aguas residuales y el arrojo de residuos sólidos.

Sobre la relación del pH con la riqueza de macroinvertebrados existen diversos estudios Turnbull , Soulsby, Langan , Owen, & Hirst (1995), Kullberg (2003), Tripole , Vallania , & Corigliano (2008), todos ellos señalan una relación directa de disminución de riqueza de especies a medida que el agua se acidifique más, evaluando la respuesta de los macroinvertebrados a rangos entre 4-8 pH, para nuestro estudio el cambio de pH de estación como se puede visualizar en la figura 24 que no ha sido muy significativa pero consideramos que factores externos antemencionados y condiciones ajenas a los parámetros fisicoquímicos van a permitir el desarrollo de otro tipo de familias de macroinvertebrados.

Para el caso de la conductividad eléctrica los valores oscilan entre 180.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 186.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dichos valores se pueden apreciar en la figura 25. Se cumplió con los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental Categoría 1 para dicho parámetro.

Como se mencionaba anteriormente en los demás parámetros, la quebrada Amojú sufre alteraciones debido a las diferentes actividades antropogénicas desarrolladas en las estaciones de muestreo N° 02 puente Pardo Miguel y estación de muestreo N° 03 altura de la Urbanización La Pradera, que sufren vertimientos de aguas residuales domésticas y otras fugas contaminantes producidas directa e indirectamente. Este parámetro se relaciona usualmente con los sólidos totales debido a cantidad de materia orgánica suspendida presente en el agua en estas estaciones de muestreo. Por tanto, los valores que se obtuvieron reflejan la cantidad de electrolitos totales disponibles, los cuales se encuentran en interacción constante. Los valores más altos se obtuvieron en la estación de muestreo N° 03 altura de la urbanización La Pradera (EM-3); además los valores de conductividad eléctrica están estrechamente relacionados con el terreno que atraviesa y la posibilidad de disolución de rocas y materiales que son residuos de la construcción y que se disponen en las orillas del cauce y esto afecta la solubilidad, al mismo tiempo la temperatura, pH y en general de todas las condiciones que pueden afectar la solubilidad, además que en esta estación de muestreo las aguas del río son turbulentas. Es necesario mencionar que la manipulación del equipo a medir in situ puede hacer variar los resultados debido a las condiciones que rodeen al electrodo en el momento de introducirlo en el cuerpo de agua. Roldán (2003), señala que la

conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña por lo regular es muy baja (aguas oligotróficas) y un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas aumenta la conductividad disminuyendo la diversidad de especies (Roldán, 2003).

Por este motivo se explica porque en la estación de muestreo N° 02 y N°03 se encontró poca diversidad de especies de macroinvertebrados en los distintos meses donde se hizo el monitoreo (ver figura 25) en comparación con la estación de muestreo N° 01. Cabe mencionar que la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente regla: $1.4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1\text{ppm}$ o $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ppm}$ (partes por millón de CaCO_3) donde $1 \text{ppm} = 1 \text{mg}/\text{L}$ es la unidad de medida para sólidos disueltos que señala Infoagro.com

Los valores medidos de oxígeno disuelto oscilaron entre $6.8 \text{mg}/\text{L} - 7.6 \text{mg}/\text{L}$, la figura 26 muestra estas mediciones siendo la mayor en la EM-1 con $7.6 \text{mg}/\text{L}$ de oxígeno disuelto.

La normativa nacional del D.S. N° 004-2017-MINAM establecida en los Estándares de calidad ambiental, categoría 1, señala que el oxígeno disuelto tiene un valor mínimo de $4 \text{mg}/\text{L}$, viendo el resultado de los análisis para las tres estaciones muestreadas, los valores cumplen con los estándares establecidos por la norma debido a que presentan valores superiores; en las tres estaciones de muestreo los valores reflejaron el impacto de la actividad humana que aún no está teniendo mucha influencia en el ecosistema y directamente sobre un parámetro que es esencial para el mantenimiento de los procesos que se desarrollan en los cuerpos de agua.

Lenntech (2019), considera al oxígeno disuelto como el factor ambiental más importante para la supervivencia, crecimiento y reproducción de los organismos acuáticos, por su parte Roldán (1996), manifiesta que las concentraciones de oxígeno disuelto en bajas concentraciones afectan la vida acuática, por ende la diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de oxígeno disuelto, tal como se puede apreciar en la figura 26 donde la estación de muestreo N° 01 presenta el mayor número de familias e individuos

de macroinvertebrados, además es necesario mencionar que la temperatura juega un rol muy importante en el incremento o disminución del oxígeno presente en el cuerpo de agua ya que al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Correa, 2000).

En el análisis del parámetro DBO_5 se encontraron los siguientes valores promedios tal como se aprecia en la figura 18. La normativa nacional establecida en los estándares de calidad ambiental (ECA), Categoría 1, señala que la cantidad para la DBO_5 tiene un valor máximo de 10 mg/L. Para cada una de las estaciones de muestreo analizadas durante abril, mayo y junio del 2019 todas excedieron los ECA demostrándose en este caso que no cumple con la normativa nacional. Cuando los niveles de la DBO_5 son altos, los niveles de oxígeno disuelto serán bajos, ya que las bacterias están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad como señala (Sánchez, Herzig, Peters, Marquéz, & Zambrano, 2007). Esto sucede debido a que la demanda bioquímica de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla y por ende, la DBO_5 tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto (Stevens Institute of Technology (SIT), 2006).

La DBO_5 no presenta un comportamiento creciente a medida que avanza en el transcurso de la quebrada, pero si se pueden observar un pico de alta concentración debido a punto de contaminación localizado. Este comportamiento es difícil de explicar, pero se infiere que sucede debido a la conducta que tiene cada estación o cada tramo de la quebrada, ya que en verano algunas de las quebradas que reciben vertimientos se secan y en invierno se observa un fenómeno de dilución, pero al mismo tiempo ocurre un arrastre de materia orgánica, razón por la cual el comportamiento es muy variable. Como se aprecia en la figura 27, donde hay menor valor de DBO_5 hay mayor cantidad de macroinvertebrados.

En lo que respecta al parámetro del DQO se encontraron los siguientes valores promedios tal como se aprecia en la figura 19. La normativa nacional establecida en los estándares de calidad ambiental (ECA), Categoría 1, señala que la cantidad para la demanda química de oxígeno tiene un valor máximo de 30 mgO_2/L para la subcategoría A y un valor máximo de 50 mgO_2/L para la subcategoría B. Para cada una de las estaciones de muestreo analizadas durante abril, mayo y junio del 2019, la estación de muestreo N° 01 cumple con

la normativa para la subcategoría A y la estación N° 02 y N° 03 exceden, pero que si las tres estaciones cumplen con la subcategoría B. Según (Faña, 2002) define este parámetro como la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo, permitiendo determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite además calcular las descargas de los efectos de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Para la estación de muestreo N° 02 el nivel es mayor debido a los vertimientos de aguas residuales que aumentan la demanda química de oxígeno por el exceso de carga orgánica. Por ende como se aprecia en la figura 28, las familias de macroinvertebrados es menor para la estación de muestreo N° 02, no siendo muy significativa esta abundancia ya que Roldan (2003), afirma que los parámetros que influyen en la presencia- ausencia de macroinvertebrados son las variables fisicoquímicas como el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura, por ello la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático.

En la figura 29 los valores medidos de turbiedad oscilaron entre 9.17 NTU – 12.52 NTU. Esto debido a que el material en suspensión puede tener un efecto directo sobre el equilibrio que mantiene el medio acuático. Un exceso de turbidez impide la fotosíntesis, favorece la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto y provoca un aumento en la demanda del mismo. A partir de esto, los resultados que se presentan en la figura 29 permitieron establecer que en general en época seca se tiene niveles de turbiedad bajos debido a la poca profundidad del agua en el río. En época lluviosa el agua de escorrentía trae consigo buena cantidad de material que pasa a estar en suspensión, entre el que se incluye arena, limo, material orgánico que pasa a estado coloidal lo que influye en las mediciones de turbiedad tal como han sido los meses de evaluación.

Los valores de turbiedad para los estándares de calidad ambiental establecidos en la norma nacional, Categoría 1, solo para la Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección no cumple para las tres estaciones de muestreo con lo establecido en la norma ya que el máximo valor es 5. Sucede todo lo contrario con el resto de subcategorías ya que el máximo

valor de turbiedad es 100 NTU. Al tener niveles de turbiedad un tanto elevados, las partículas que ahí están suspendidos absorben la luz haciendo que la temperatura del agua aumente y se reduzca el oxígeno disuelto por ende hay microorganismos que no sobreviven a esas variaciones deteniéndose así la actividad biológica dentro del curso de agua. Por lo que podemos apreciar en la figura 29, la estación de muestreo N° 01 presenta mayor cantidad de familias e individuos de macroinvertebrados y menor turbidez con 9.17 NTU en comparación con la estación de muestreo N° 02 que presenta la menor cantidad de familias con una turbidez de 12.52 NTU.

Los valores altos de la turbiedad pueden estar relacionados con el alto grado de erosión de las zonas aledañas, junto con las altas descargas que entran al río, que afectan la calidad del agua (Sánchez, Cornejo, Boyero, & Santos Murgas, 2010).

El promedio de sólidos suspendidos totales tal como se aprecia en la figura 30 oscila en el rango de 6.67 mgSST/L – 7 mgSST/L y de acuerdo a la normativa nacional de los estándares de calidad ambiental categoría 1, no registra valores para este parámetro por ello su relación con las familias de macroinvertebrados también se relaciona con la turbidez que se ve afectada de alguna manera por la variación de sólidos suspendidos totales IADC(2007), aunque correspondería a un posterior estudio analizar los sólidos totales disueltos en el agua para comprender un impacto real de la influencia de este parámetro en los macroinvertebrados.

Finalizando, es importante mencionar que los resultados fisicoquímicos pueden variar rápidamente, dependiendo de las precipitaciones, las actividades urbanas e industriales de los humanos y otros factores; en cambio los biológicos, son más lentos y representativos según lo explicado por (Alonso & Camargo , 2005).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Según el índice BMWP la calidad de agua en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú varía entre “aceptable calidad” en bocatoma de la Empresa Prestadora de Servicios Marañón a “regular calidad” en puente Pardo Miguel y a la altura de la urbanización La Pradera en los meses de abril, mayo y junio del 2019.

La estación de muestreo de la quebrada Amojú E-1, tuvo aceptable calidad “agua con signo de estrés”, en los tres meses; y las estaciones de muestreo E-2 y E-3 regular calidad “aguas contaminadas”, en los tres meses también.

Los macroinvertebrados en las estaciones de muestreo de la quebrada Amojú estuvieron constituidos por 14 taxas en mayo, 16 taxas en abril y 15 taxas en junio. Las taxas más abundantes fueron *Tricorythidae*, *Baetidae* y *Chironomidae*, y las que menos abundantes fueron *Oligochaeta* y *Blepharoceridae*. Se presentaron en total 19 taxas, agrupadas en 8 órdenes y las clases *Oligochaeta* e *Insecta*.

El número de familias de macroinvertebrados que se logró identificar en las aguas de la quebrada Amojú es de 19.

Existe afectación de la calidad fisicoquímica de las aguas de la cuenca de la quebrada Amojú, los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con el D.S.- N° 007-2017-MINAM - categoría 1 son la demanda bioquímica de oxígeno (12.10 mgO₂/L – 15.51 mgO₂/L), demanda química de oxígeno (20.35 mgO₂/L – 35.77 mgO₂/L) para las estaciones de muestreo N° 02 y N° 03 pero si cumpliendo para la estación N° 01 en la subcategoría A y que a la misma vez la DQO si cumple en la subcategoría B para las tres estaciones de muestreo; en tanto los valores de pH (8.16 – 8.18), conductividad eléctrica (180.33 µS/cm – 186.17 µS/cm), oxígeno disuelto (6.8 mg/L - 7.66 mg/L), turbidez (9.17 NTU – 12.52 NTU, temperatura (23.5 °C – 23.77 °C) si están dentro de los ECAs que la normativa demanda, esto debido a las presiones significativas que ejercen las actividades antropogénicas en el área de estudio.

Por último, la relación de los parámetros fisicoquímicos con los macroinvertebrados bentónicos es altamente dependiente de la calidad del agua, ya que presenta una alta relación entre la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados y la mayor calidad de agua registrada.

RECOMENDACIONES

- Fortalecer los convenios institucionales existentes entre la Universidad Nacional de Jaén, Municipalidad Provincial de Jaén, Gobierno Regional de Cajamarca y demás instituciones competentes, para que se amplíen las estaciones de muestreo, así como hacer un plan de seguimiento a los estudios de calidad de aguas de la quebrada Amojú identificando las fuentes de contaminación y dando solución a estas.
- Ejecutar más estudios taxonómicos de macroinvertebrados en la quebrada Amojú para elaborar claves taxonómicas de identificación especializada y poder elaborar un índice biótico para la provincia de Jaén, y que contribuya posteriormente a crear un índice biótico para el Perú.
- Impulsar el uso de esta metodología dentro de las demás quebradas para enriquecer el listado de órdenes y familias del microcuencas, mejorando así los valores de tolerancia y sensibilidad a diferentes niveles de contaminación en la región de Cajamarca.
- La carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, debe adquirir más equipos multiparámetros , calibrar y certificar por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) los existentes instrumentos para los muestreos fisicoquímicos e instalar una estación de monitoreo en la cuenca de la quebrada Amojú para recopilar datos diarios para posteriores estudios.
- Efectuar estudios complementarios como la implementación de biomonitoreos complementados con análisis fisicoquímicos de manera continua y en coordinación con el sector competente, ya que es necesario realizar de forma conjunta y multisectorial la gestión de la calidad del agua a fin de lograr su protección y conservación de acuerdo a la normatividad vigente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 35-64 p.
- Alba, J., & Pujante, A. (2000). Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. *Freshwater Biological Association.*, 207-216 p.
- Alba, J., & Sánchez, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 51-56 p.
- Alba, J., Jáimez, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., . . . Zamora-Muñoz, C. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica*, XXI(3-4), 175-185 p.
- Alba-Tercedor, J., & Sánchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 51-56. Recuperado el 12 de mayo de 2019
- Alonso, A., & Camargo, J. (2005). Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 311-320 p.
- Arana, M., & Cabrera, C.; (2015). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*. Vol. 20 Núm. 40.
- Arrunátegui, K., (2016). Utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua y algunos parámetros fisicoquímicos del río Cascas, La libertad, marzo – agosto, 2015. *Tesis para optar por el título de biólogo*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Armitage, P., Furse, M., Moss, D., & Wright, J. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *ScienceDirect*, XVII(3), 33-347 p.

- Autoridad Nacional del Agua. (11 de Enero de 2016). *Autoridad Nacional del Agua*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Autoridad Nacional del Agua. (13 de mayo de 2019). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <http://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>.
- Basaguren, a., & Orive., e (1991). Los insectos tricopteros como indicadores de la calidad del agua de los rios de bizkaia. subcuenca del arratia y del indusi. Kobie (serie ciencias naturales), bilbao bizkaiko foru aldundia -aci diputón foral de bizkaia n.ºxx, 1991
- Burdett , A., & Watts, R. (2009). Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia*, 161-173 p.
- Cesar , M., Hora, M., Pereda, W., Gabriele, R., & Asencio, I. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. *Sciendo*, XIII(2), 3-5 p.
- Cohn, F. (1853). Über lebendige Organismen im Trinkwasser. *Z. klin*, 229-237 p. Recuperado el 12 de junio de 2019.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. (2012). España. Recuperado el 12 de junio del 2019 de, <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=12089&idMenu=2202>
- Comunidad Autónoma del País Vasco – CAPV. (2017). Informe del estado de masas de agua de la CAPV. Recuperado el 12 de julio del 2019 de, http://opendata.euskadi.eus/contenidos/estadistica/amb_masas_agua_2017/es_def/adjuntos/sintesis_Estado%20de%20masas%20de%20agua%20de%20la%20CAPV_2017_cas.
- Correa , I. (2000). *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama utilizando macroinvertebrados bénticos*. Tesis de grado de Licenciado en Biología, Mérida.
- Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles S, Mellado A, Álvarez M., Avilés J., Casas J., Manuel Ortega M., Pardo I., Prat N., Rieradevall M., Sáinz-Cantero E., Sánchez-Ortega, Suárez M., Toro M., Vidal-Abarca R., Carmen Zamora-Muñoz C., & Alba-Tercedor J. (2002). *Protocolo GUADALMED (PRECE)*. *Limnetica* 21(3-4): 187-204 p
- Faña. (2002). *Calidad de agua*. Recuperado el 23 de julio de 2019, de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/l211.
- Fernández, H. R. & E. Domínguez (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. 282 pp.

- Fernández, M., Benetti, C., & Garrido, J. (2008). Influence of iron and nitrate concentration in water on aquatic Coleoptera community structure: application to the Avia river. *Limnetica*, 285-298 p.
- Figuerola, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, LXXVI(2), 275-285 p.
- García, R. (2016). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Giacometti V, J., & Bersosa V, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Serie Zoológica*(2), 17-32 p.
- González, M., García, D., & Martínez, I. (1979b). Aplicación de algunos índices biológicos a diversos ríos españoles para la estimación de la calidad de las aguas. *Téc. Invest. y Tratam. del Medio Ambiente*, XIV(1), 28-38 p.
- González, M., García, D., & Martínez, D. (1979a). estudio sobre la fauna de macroinvertebrados de los ríos Cigüela, Zánacara y Córcoles; aplicación de índices biológicos para el estudio de la calidad de las aguas. *Boletín de la estación central de Ecología*, VIII(15), 45-50 p.
- Hassal, A. (1850). A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and suburban districts. Recuperado el 19 de junio de 2019.
- Hussain, Q., & Pandit, A. (2012). Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, IV(7), 114-123 p.
- Infoagro.com. 2019. Recuperado el 23 de junio del 2019 de, <http://infoagro.com/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de la República de Colombia. (2006)
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Perú. Recuperado el 27 de junio del 2019.
- Kalender, E., Engin E., & Faruk, Y. (2001). *Determination of water quality with microorganisms and macroinvertebrates as bioindicators (a preliminary study on abant creek-bolu) department of biology faculty of arts and sciences abant izzet baysal*.
- Karr, J., & Chu, E. (1999). *Restoring Life in Running Waters: Better Biological monitoring*. Island Press. Washington. DC, USA. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://islandpress.org/books/restoring-life-running-waters>.
- Knoben, R., Roos, C., & Oirschot, V. (1995). *Biological Assessment Methods for Watercourses* (Vol. III). (K. V. BV, Ed.) Netherlands: UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment.

- Kolenati, F. (1848). Über Nutzen und Schaden der Trichopteren. *Stettiner entomol*, 9. Recuperado el 22 de junio de 2019.
- Izunza, J. (2010). *Meteorología Descriptiva*. Climas de Chile. Universidad de Concepción. . s/f.
- Kullberg, A. (2003). Benthic macroinvertebrate community structure in. 20 streams of varying pH and humic content. *Environ. Pollut*, LXXVIII(1-3), 103-106. Recuperado el 22 de junio de 2019.
- Larios, F., Meoño C., González T & Morales Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado el 12 de mayo del 2019 de, <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales>.
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13, 8 p.
- Leiva, M. (2004). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu comuna de Lautaro IX Región de la Araucanía*. Tesis, Fac. de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco, Temuco.
- Lemaitre, R., & Alvarez, R. (1992). Crustáceos decapodos del pacífico colombiano: Lista de especies y consideraciones zoogeográficas. *Instituto de Investigaciones Mar Punta Betín*, 33-76 p.
- Lenntech. (12 de junio de 2019). *Agua residual y purificación del aire*. . Obtenido de <https://www.lenntech.es/index.htm>.
- Magnolia Longo S., Hildier Zamora G., Guisande G. & Ramírez R. (2010). Dinamica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada ´ Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnetica*, 29 (2): 195-210 (2010). DOI: 10.23818/limn.29.16
- Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press. 178 p.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Marsson, M., & Kolkwitz, R. (1909). kologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. XXVII(12), 91-96 p.
- Martínez, C., & Quitan, C. (2014). *Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algal en las lagunas de estabilización*. Yucatán. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0080>.
- Medina, C., Hora, M., Asencio, I., Pereda, W., & Gabriel, R. (2010). *El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008*. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas, 15 pp.

- Mendoza et al. (2014). Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley general de aguas de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 30, núm. 4, 2014, pp. 429-436. Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México
- Meza, A., Rubio, J., G-Dia, L., & Walteros, J. (2012). Calidad del agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchina. *Caldasia*, XXXIV(2), 443-456 p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2011). *Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática mediante el índice BMWP/Bol*. Recuperado el 17 de julio de 2019, de <https://docplayer.es/35231521-Guia-para-la-evaluacion-de-la-calidad-acuatica-mediante-el-indice-bmwp>.
- Ministry for the Environment . (1999). The Use of Macroinvertebrates in Water Management. *Recommendations of the New Zealand Macroinvertebrate Working Group*. Recuperado el 27 de junio de 2019, de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Mi%C3%B1ano%20Guevara%2C%20Karen%20Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Miserendino, M., Archangelsky, M., Brand, C., & Epele, L. (2012). Environmental changes and macroinvertebrate responses in Patagonian streams (Argentina) to ashfall from the Hhaítén Volcano (May 2008). *Sci Total Environ*, 202-212 p.
- Molina, C., François, G., Pinto, J., & Claudio, R. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: *Ecología Aplicada*, VII (1-2), 1726-2216 p.
- Moncada, E. (2015). VII *Foro mundial del agua corea 2015: Agua para nuestro futuro la experiencia peruana*. Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado el 27 de mayo del 2019. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/vii_foro_mundial_del_agua_corea_2015_0.
- Montalvo, C., & Nakamura, A. (1986). *Informe de la comisión a la planta concentradora de shalipayco*. Ministerio de Energía y Minas, Lima. Recuperado el 23 de mayo de 2019.
- Moreno, C. (2001). Manual para Evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera: Manuales y Tesis. Madrid: SEA 2 ED. GORFL, S.A. Pág.1- 110.
- Muñoz, C. (2016). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande - Celendín-Cajamarca*. Recuperado el 11 de junio de 2019, de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1755/tesis%20%28CARMEN%20MU%C3%91OZ%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- OIKOS LAB. Laboratorio de análisis de aguas y suelos. Jaén, Cajamarca.
- Organización de las Naciones Unidas. (2005). *Reunion Plenaria de Alto nivel*. Recuperado el 12 de junio del 2019, de https://www.un.org/spanish/summit2005/fact_sheet4.

- Orta Arrazcaeta, L. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. FITOSANIDAD vol. 6, no. 3.
- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C., & Samanez, I. (2010). Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como. *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 29-35 p.
- Oscos, J., Campos, F., & Escala, M. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados entónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25(3), 683-692 p. Recuperado el 18 de julio de 2019, de <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-25-2-p-683>.
- Oscos J., Galicia, Miranda R. (2009). Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro: descripción de taxones y guía de identificación. Recuperado el 23 de junio del 2019.
- Paredes, C., Iannaccone, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Entomológica del Perú*, 107-118 p. Recuperado el 22 de mayo de 2019, de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v44/pdf/a17v44>.
- Pérez, R., Pineda, R., & Nava, M. (2007). Integridad Biótica de Ambientes acuáticos. En: Perspectivas de conservación de ecosistemas acuáticos en México. *SEMRNAT-INEF&WS-UPC-UMSNH*, 71-111 p.
- Pires, A., Cowx, G., & Coelho, M. (2000). Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *Hydrobiologia*, 167-175 p. Recuperado el 10 de junio de 2019.
- Plan de gestión de la cuenca Amojú. (2007). SIAR – CAJAMARCA. <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/normas/plan-gestion-cuenca-amaju>
- Polo, J., & Medina, C. (2015). Calidad Biológica del agua del río Amojú, Jaén, Cajamarca. 2013. *SCIENDO*, 18(1), 38-51 p. Recuperado el 23 de julio de 2019, de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1328/1295>.
- Polo, J., Castillo, H., & Hora, M. (2014). Calidad biológica del agua del río Amojú. Jaén, Cajamarca. 2013. *Rev. Investig. Univ. Le Cordon Bleu*, I(2), 43-55 p. Recuperado el 03 de junio de 2019, de <http://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/14/12>.
- Prat, N., & Munné, A. (2014). Biomonitoring de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas. *Limnetica*, XXXII(1), 47-64 p.
- Reda Fishar & Peter Williams. (2006). *Primary Research Paper A feasibility study to monitor the macroinvertebrate diversity of the River Nile using three sampling methods*. *Hydrobiologia* (2006) 556:137–147 p.
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de biología tropical*. Recuperado el 21 de junio de 2019, de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Rios-Touma_etal_2014.

- Ríos, C. (1985). *Estudio de contaminación ambiental por las descargas mineras de COM sur en la empresa Milluni*. Universidad Mayor de San Andrés, La paz. Recuperado el 24 de junio de 2019.
- Resolución Jefatural N° 202 – 2010 – ANA. 2010. Ministerio de Agricultura de Riego. Recuperado el 24 de junio del 2019 de, <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-202-2010-ana-0>
- Rodríguez, B., Ospina, T., & Turizo, C. (2011). rupos funcionales de macroinvertebrados en el río Gaira. *Revista de Biología Tropical*, 1537-1552 p.
- Roldán , G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 23(88), 375-387 p.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Pama Editores Ltda. Recuperado el 22 de junio de 2019, de <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13>.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del Agua en Colombia*. Antioquía, Colombia: Universidad Nacional de Antioquía.
- Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. *Scientific Research*, 1-9 p.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Marquéz, R., & Zambrano, L. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Unidos para la conservación A.C.
- Sánchez, R., Cornejo, A., Boyero, L., & Santos Murgas, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Capira, Panamá. *Tecnociencia*, XII(2), 57-70 p.
- Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 132 pp
- Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 688 pp.
- Silva, A. (2018) Influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua en la cuenca del río mashcón – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, LVIII(4), 0034-7744 p. Recuperado el 14 de mayo de 2019, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800003
- Staub, E., & Sherk, L. (1970). Need for approval, children's sharing behavior, and reciprocity in sharing. *Child Development*, 41(1), 243-252 p.
- Stevens Institute of Technology (SIT). (2006). Obtenido de <http://www.k12science.org>
- Tripole , S., Vallania , E., & Corigliano, M. (2008). Benthic macroinvertebrate tolerance to water acidity in the Grande river sub-basin (San Luis, Argentina). *Limnetica*, XVII(1), 29-38 p.

- Turnbull, D., Soulsby, C., Langan, S., Owen, R., & Hirst, D. (1995). Macroinvertebrate status in relation to critical loads for freshwaters: A case study from N.E. Scotland. *Water, Air, and Soil Pollution*, LXXXV(4), 2461- p. Recuperado el 12 de junio de 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01186203>.
- Velázquez, S., & Miserendino, M. (2003). Habitat type and macroinvertebrate assemblages in low order patagonia streams. *Hydrobiologia*, 158(4), 461-483 p.
- Villarreal, H. (2006). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 236 p.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Mellado, A., Alba Tercedor, J., . . . Prat, N. (2004). Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED. *Limnetica*, XXI(3-4), 149-173 p.
- Waltero, J., & Jorge, P. (2010). Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva forestal torre cuatro. *Boletín científico-Centro de museos-Museos de Historia Natural*, XIV(1), 137-149 p. Recuperado el 03 de agosto de 2019, de <https://www.researchgate.net/publication/261760677>.
- Wright, J., Moss, D., Armitage, P., & Furse, M. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *ScienceDirect*, XVII(3), 33-347 p. doi:10.1016/0043-1354(83)90188-4.
- Zúñiga, M. (2001). Los insectos como bioindicadores de calidad de agua. *Departamento de Procesos químicos y Biológicos*, 22. Recuperado el 23 de mayo de 2019.
- Zuñiga, M., Rojas, A., & Caicedo, G. (1993). Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. *Ainsa*(13), 17-28 p.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y permitir hacer siempre su voluntad.

A nuestros padres por el apoyo incondicional brindado durante los cinco años de nuestra formación profesional, la cual constituye un motivo para continuar con nuestra superación.

Al Dr. José Luis Polo Corro docente de la Universidad Nacional de Trujillo por todo el apoyo brindado como asesor en el desarrollo de la presente investigación.

A nuestros compañeros de egreso Jhon Edward, Milagros de Jesús, Alex Iván y Edwin Franklin, por el apoyo en la recolección de macroinvertebrados y toma de muestras para los análisis fisicoquímicos de la quebrada Amojú.

DEDICATORIA

A nuestros padres

ANEXOS

Anexo1. Estaciones de muestreo



Figura 31. Estación de muestreo N° 01- bocatoma de la Empresa Prestadora de Servicios-MARAÑON



Figura 32. Estación de muestreo N° 02 - puente Pardo Miguel



Figura 33. Estación de muestreo 3 – Altura de la urbanización La Pradera

Anexo 2. Evaluación de parámetros físico-químicos



Figura 34. Equipo de investigación junto al multiparámetro portátil WTW.



Figura 35. Verificación de los sensores del multiparámetro.



Figura 36. Toma de muestra de agua para el análisis *in situ*.



Figura 37. Inicio de la medición de los parámetros de campo.



Figura 38. Equipo correntómetro.



Figura 39. Medición de la velocidad con el correntómetro.



Figura 40. Depósito para el traslado de muestras de agua al laboratorio.



Figura 41. Envases con muestras de agua para el análisis fisicoquímico.



Figura 42. Calibración de equipo turbidímetro.



Figura 43. Lectura de turbidez en el equipo turbidímetro.



Figura 44. Equipo de investigación haciendo uso del multiparámetro para determinar parámetros in situ.



Figura 45. Lectura digital en el multiparámetro WTW.

Anexo 03. Identificación de macroinvertebrados.



Figura 46. Recolección de macroinvertebrados de la quebrada Amojú.



Figura 47. Los macroinvertebrados atrapados en la red Surber, son puestos en bandejas transparentes para su separación de los sedimentos



Figura 48. Frascos con macroinvertebrados para su transporte al laboratorio.



Figura 49. Identificación de macroinvertebrados al estereoscopio.

Anexo 04. Familias de macroinvertebrados colectados en las aguas de la quebrada Amojú



Figura 50. Hydropsychidae



Figura 51. Corydalidae



Figura 52. Blepharoceridae



Figura 53. Perlidae



Figura 54. Simulidae



Figura 55. Tipulidae



Figura 56. Belostomatidae



Figura 57. Chironomidae

Anexo 05. Caudales registrados en la quebrada Amojú durante los meses de abril, mayo y junio del 2019.

Tabla 24. *Cálculo del caudal del primer punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.*

13/04/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 01- BOCATOMA DE LA EPS MARAÑON								
Espacios	Distancia entres espacios (m)	Profundidad del tirante (m)	Factor de corrección	Profundidad de la lectura del correntómetro (m)	Velocidad(m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.61	0.2	0.122	0.3	0.3	0.61	0.183
			0.8	0.488	0.3			
H1-H2	1	0.43	0.6	0.258	0.4	0.6	0.43	0.258
H2-H3	1	0.47	0.2	0.094	0.6	0.55	0.47	0.2585
			0.8	0.376	0.5			
H3-H4	1	0.5	0.2	0.1	0.8	0.75	0.5	0.375
			0.8	0.4	0.7			
H4-H5	1	0.5	0.2	0.1	0.7	0.65	0.5	0.325
			0.8	0.4	0.6			
H5-H6	1	0.56	0.2	0.112	0.7	0.6	0.56	0.336
			0.8	0.448	0.5			
H6-H7	1	0.47	0.2	0.094	0.6	0.55	0.47	0.2585
			0.8	0.376	0.5			
H7-H8	1	0.4	0.6	0.24	0.2	0.2	0.4	0.08
CAUDAL								2.07

Tabla 25. *Cálculo del caudal del segundo punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.*

13/04/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 02 - PUENTE PARDO MIGUEL								
Espacios	Distancia entre los espacios (m)	Profundidad del tirante (m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.15	2	0.075	0.1	0.1	0.15	0.015
H1-H2	1	0.21	0.6	0.126	0.3	0.3	0.21	0.063
H2-H3	1	0.24	0.6	0.144	0.4	0.4	0.24	0.096
H3-H4	1	0.46	0.2	0.092	0.4	0.5	0.46	0.23
			0.8	0.368	0.6			
H4-H5	1	0.47	0.2	0.094	0.5	0.7	0.47	0.329
			0.8	0.376	0.9			
H5-H6	1	0.5	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.2
			0.8	0.4	1.1			
H6-H7	1	0.53	0.2	0.106	0.3	0.65	0.53	0.3445
			0.8	0.424	1			
H7-H8	1	0.39	0.6	0.234	0.6	0.6	0.39	0.234
H8-H9	1	0.26	0.6	0.156	0.4	0.4	0.26	0.104
H9-H10	1	0.13	2	0.065	0.2	0.2	0.13	0.026
CAUDAL								1.64

Tabla 26. *Cálculo del caudal del tercer punto de muestreo en el primer monitoreo realizado en el mes de abril del 2019.*

13/04/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 03-ALTURA DE LA URBANIZACIÓN LA PRADERA								
Espacios	Distancia entre espacios (m)	Profundidad del tirante (m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m²)	Caudal (m³/s)
H0-H1	1	0.08	2	0.04	0.2	0.2	0.08	0.016
H1-H2	1	0.22	0.6	0.132	0.3	0.3	0.22	0.066
H2-H3	1	0.33	0.6	0.198	0.7	0.7	0.33	0.231
H3-H4	1	0.34	0.6	0.204	0.8	0.8	0.34	0.272
H4-H5	1	0.45	0.6	0.27	1	1	0.45	0.45
H5-H6	1	0.53	0.2	0.106	1.1	0.9	0.53	0.477
			0.8	0.424	0.7			
H6-H7	1	0.28	0.6	0.168	0.7	0.7	0.28	0.196
H7-H8	1	0.23	0.6	0.138	0.5	0.5	0.23	0.115
H8-H9	1	0.28	0.6	0.168	0.4	0.4	0.28	0.112
H9-H10	1	0.24	0.6	0.144	0.3	0.3	0.24	0.072
H10-H11	1	0.28	0.6	0.168	0.1	0.1	0.28	0.028
H11-H12	1	0.18	0.6	0.108	0.2	0.2	0.18	0.036
H12-H13	1	0.2	0.6	0.12	0.2	0.2	0.2	0.04
CAUDAL								2.11

Tabla 27. *Cálculo del caudal en la primera estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.*

18/05/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 01-BOCATOMA DE LA EPS MARAÑON								
Espacios	Distancia entre los espacios (m)	Profundidad del tirante(m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.09	2	0.045	0.1	1	0.09	0.09
H1-H2	1	0.23	0.6	0.138	0.2	0.8	0.23	0.184
H2-H3	1	0.47	0.2	0.094	0.3	0.75	0.47	0.3525
			0.8	0.376	1			
H3-H4	1	0.59	0.2	0.118	0.3	0.6	0.59	0.354
			0.8	0.472	0.9			
H4-H5	1	0.51	0.2	0.102	0.5	0.8	0.51	0.408
			0.8	0.408	1.1			
H5-H6	1	0.46	0.2	0.092	0.3	0.65	0.46	0.299
			0.8	0.368	1			
H6-H7	1	0.47	0.2	0.094	0.3	0.6	0.47	0.282
			0.8	0.376	0.9			
H7-H8	1	0.23	0.6	0.138	0.3	0.2	0.23	0.046
H8-H9	1	0.13	2	0.065	0.2			
CAUDAL								2.02

Tabla 28. *Cálculo del caudal de la segunda estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.*

18/05/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 02 - PUENTE PARDO MIGUEL								
Espacios	Distancia entre espacios(m)	Profundidad del tirante(m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m²)	Caudal(m³/s)
H0-H1	1	0.19	0.6	0.114	0.3	0.3	0.19	0.057
H1-H2	1	0.23	0.6	0.138	0.4	0.4	0.23	0.092
H2-H3	1	0.32	0.6	0.192	0.4	0.4	0.32	0.128
H3-H4	1	0.47	0.2	0.094	0.2	0.4	0.47	0.188
			0.8	0.376	0.6			
H4-H5	1	0.49	0.2	0.098	0.3	0.3	0.49	0.147
			0.8	0.392	0.7			
H5-H6	1	0.48	0.2	0.096	0.3	0.25	0.48	0.12
			0.8	0.384	0.9			
H6-H7	1	0.56	0.2	0.112	0.2	0.45	0.56	0.252
			0.8	0.448	1.2			
H7-H8	1	0.41	0.6	0.246	0.7	0.7	0.41	0.287
H8-H9	1	0.25	0.6	0.15	0.5	0.5	0.25	0.125
H9-H10	1	0.13	2	0.065	0.3	0.3	0.13	0.039
H10-H11	1	0.12	2	0.06	0.3	0.3	0.12	0.036
CAUDAL								1.47

Tabla 29. Cálculo del caudal de la tercera estación de muestreo en el segundo monitoreo realizado en el mes de mayo del 2019.

19/05/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 03-ALTURA DE LA URBANIZACIÓN LA PRADERA								
Espacios	Distancia entre espacios(m)	Profundidad del tirante(m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.09	2	0.045	0.1	0.1	0.09	0.009
H1-H2	1	0.15	0.6	0.09	0.2	0.2	0.15	0.03
H2-H3	1	0.2	0.6	0.12	0.2	0.2	0.2	0.04
H3-H4	1	0.23	0.6	0.138	0.3	0.3	0.23	0.069
H4-H5	1	0.25	0.6	0.15	0.4	0.4	0.25	0.1
H5-H6	1	0.47	0.2	0.094	1.1	0.95	0.47	0.4465
			0.8	0.376	0.8			
			0.2	0.108	1.3			
H6-H7	1	0.54	0.8	0.432	0.8	1.05	0	0
			0.6	0.246	0.6			
H7-H8	1	0.41	0.6	0.246	0.6	0.6	0.41	0.246
H8-H9	1	0.4	0.6	0.24	0.5	0.5	0.4	0.2
H9-H10	1	0.35	0.6	0.21	0.5	0.5	0.35	0.175
H10-H11	1	0.37	0.6	0.222	0.4	0.4	0.37	0.148
H11-H12	1	0.2	0.6	0.12	0.2	0.2	0.2	0.04
H12-H13	1	0.17	0.6	0.102	0.1	0.1	0.17	0.017
H12-H14	1	0.1	2	0.05	0.1	0.1	0.1	0.01
CAUDAL								1.53

Tabla 30. *Cálculo del caudal de la primera estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.*

01/06/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 01-BOCATOMA DE LA EPS MARAÑON								
Espacios	Distancia entre espacios(m)	Profundidad del tirante(m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad(m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento(m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.2	0.6	0.12	0.7	0.7	0.2	0.14
H1-H2	1	0.3	0.6	0.18	0.8	0.8	0.3	0.24
H2-H3	1	0.5	0.2	1	0.8	0.75	0.5	0.375
			0.8	0.7	0.7			
H3-H4	1	0.5	0.2	0.1	1.4	1.2	0.5	0.6
			0.8	0.4	1			
H4-H5	1	0.5	0.2	0.9	0.7	0.9	0.5	0.45
			0.8	0.8	1.1			
H5-H6	1	0.56	0.2	0.112	1.6	1.55	0.56	0.868
			0.8	0.448	1.5			
H6-H7	1	0.47	0.2	0.094	0.6	0.65	0.47	0.3055
			0.8	0.376	0.7			
H7-H8	1	0.3	0.6	0.18	0.2	0.2	0.3	0.06
H8-H9	1	0.23	0.6	0.3	0.2	0.2	0.23	0.046
H9-H10	1	0.16	0.6	0.2	0.1	0.1	0.16	0.016
CAUDAL								3.10

Tabla 31. *Cálculo del caudal de la segunda estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.*

01/06/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 02-PUENTE PARDO MIGUEL								
Espacios	Distancia entre espacios (m)	Profundidad del tirante (m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m²)	Caudal (m³/s)
H0-H1	1	0.15	0.6	0.09	0.2	0.2	0.15	0.03
H1-H2	1	0.23	0.6	0.138	0.3	0.3	0.23	0.069
H2-H3	1	0.3	0.6	0.18	0.3	0.3	0.3	0.09
H3-H4	1	0.47	0.2	0.094	0.6	0.55	0.47	0.2585
			0.8	0.376	0.5			
H4-H5	1	0.49	0.2	0.098	0.8	0.75	0.49	0.3675
			0.8	0.392	0.7			
H5-H6	1	0.5	0.2	0.1	0.9	0.8	0.5	0.4
			0.8	0.4	0.7			
H6-H7	1	0.54	0.2	0.108	0.9	0.8	0.54	0.432
			0.8	0.432	0.7			
H7-H8	1	0.38	0.6	0.228	0.5	0.5	0.38	0.19
H8-H9	1	0.25	0.6	0.15	0.3	0.3	0.25	0.075
H9-H10	1	0.2	2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.04
CAUDAL								1.95

Tabla 32. *Cálculo del caudal de la tercera estación de muestreo en el tercer monitoreo realizado en el mes de junio del 2019.*

02/06/2019								
ESTACIÓN DE MUESTREO 03-ALTURA DE LA URBANIZACIÓN LA PRADERA								
Espacios	Distancia entre espacios (m)	Profundidad del tirante (m)	Factor de corrección	Profundidad de lectura del correntómetro (m)	Velocidad (m/s)	Promedio de velocidades (m/s)	Área del segmento (m ²)	Caudal (m ³ /s)
H0-H1	1	0.09	2	0.045	0.1	0.1	0.09	0.009
H1-H2	1	0.15	0.6	0.09	0.2	0.2	0.15	0.03
H2-H3	1	0.2	0.6	0.12	0.2	0.2	0.2	0.04
H3-H4	1	0.23	0.6	0.138	0.3	0.3	0.23	0.069
H4-H5	1	0.25	0.6	0.15	0.4	0.4	0.25	0.1
H5-H6	1	0.47	0.2	0.094	1.1	0.95	0.47	0.4465
			0.8	0.376	0.8			
H6-H7	1	0.54	0.2	0.108	1.3	1.05	0.54	0.567
			0.8	0.432	0.8			
H7-H8	1	0.41	0.6	0.246	0.6	0.6	0.41	0.246
H8-H9	1	0.4	0.6	0.24	0.5	0.5	0.4	0.2
H9-H10	1	0.35	0.6	0.21	0.5	0.5	0.35	0.175
H10-H11	1	0.37	0.6	0.222	0.4	0.4	0.37	0.148
H11-H12	1	0.2	0.6	0.12	0.2	0.2	0.2	0.04
H12-H13	1	0.17	0.6	0.102	0.1	0.1	0.17	0.017
H13-H14	1	0.1	0.6	0.06	0.1	0.1	0.1	
H14-H15	1	0.1	2	0.05	0.1	0.1	0.1	0.01
CAUDAL								2.09

Tabla 33. Resumen de los parámetros fisicoquímicos y biológicos registrados durante los meses de abril mayo y junio del 2019.

Fecha	Estación de muestreo	Coordenadas UTM		Calidad del agua								Índices de Macroinvertebrados	
		ESTE	NORTE	Caudal (m³/s)	T(°C)	pH	Cond (µs/cm)	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	DQO(mg O ₂ /L)	Turbiedad(NTU)	Sólidos suspendidos totales(mg SST/L)	nPeBM WP
13/04/2019	E-1	739256	9368047	2.07	23.8	8.192	176.2	7.58	12.07	19.79	7.2	8	87
13/04/2019	E-2	742740	9368330	2.11	23.3	8.158	183.5	6.8	15.23	35.93	16.06	6	74
13/04/2019	E-3	743957	9369118	1.64	23.8	8.138	188.2	6.98	12.33	32.93	10.37	7	70
18/05/2019	E-1	739256	9368047	2.02	23.6	8.155	185.5	7.6	12.12	20.67	8.14	7	59
18/05/2019	E-2	742740	9368330	1.53	23.4	8.154	186.3	6.9	14.25	35.63	10.31	6	48
19/05/2019	E-3	743957	9369118	1.47	23.8	8.161	189	6.89	12.51	32.68	9.63	7	54
01/06/2019	E-1	739256	9368047	3.10	23.9	8.191	179.3	7.63	12.1	20.6	12.17	6	76
01/06/2019	E-2	739256	9368047	2.09	23.8	8.18	180.1	6.69	17.05	35.74	11.2	8	54
02/06/2019	E-3	743957	9369118	1.95	23.4	8.171	181.3	6.82	11.8	31.96	11.75	7	50

Fuente: Modelo de tabla para tomar datos en campo adaptado de (ANA, 2016).