

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS -
SANTA CARMEN

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA

Asesores

Ing. M. Sc. RENGIFO TRIGOZO, JUAN PABLO

Blgo. M. Sc. GIL BACILIO, JOSE LUIS

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 026-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 04 de julio del 2022 a horas 5:00 p. m. en la Sala de Sesiones de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN”

Presentado por el Bachiller: **LUCIANI ALEGRIA, JORGE ANTHONY**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 18 de agosto de 2022

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
PRESIDENTE



Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR

Blgo. M. Sc. JOSE LUIS GIL BACILIO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS -
SANTA CARMEN

Autor	: Jorge Anthony Luciani Alegria
Asesores	: Ing. M. Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio
Programa de investigación	: Ciencias Básicas
Línea de investigación	: Biología y Microbiología del Suelo
Eje temático de investigación	: Indicadores de la calidad del agua
Lugar de ejecución	: Microcuenca Santa Carmen
Duración	: Mayo 2021 – Noviembre 2021
Financiamiento	: S/. 2,128.00
	FEDU : No
	Propio : Si
	Otros : No

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la sabiduría, conocimiento, la familia y los amigos, por el apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, dándome fuerzas para continuar mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres con mucho amor, Isaías Luciani y Bertila Alegria, por ser mi motor y mayor inspiración, porque a través de su amor, paciencia y apoyo me han permitido concluir con éxito cada etapa de mi vida.

A mis hermanos Keyli Chuquizuta, Liliana Luciani, Isaura Luciani y Marco Luciani, por ser ejemplos de perseverancia y lucha ante las adversidades y apoyo constantes, por su comprensión, apoyo moral y espiritual.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por brindarme la oportunidad de ser profesional, darme su acogedor calor en cada una de sus instalaciones durante toda mi formación profesional.
- A mis asesores Ing. M. Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo y al Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio, por su amistad y colaboración para poder realizar el presente trabajo.
- Al Ing. Richard Sias Rodríguez, por su amistad y apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación a través de su experiencia y conocimientos.
- Al Ing. Adrian Vargas Pasquel por brindarme su apoyo en campo y conocimientos en su experiencia.
- A mi amada Priscila Yuszara Barraza Macuri, por la motivación y apoyo constante en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Gracias a todas personas que aportaron en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Nivel internacional.....	3
2.1.2. Nivel nacional	4
2.1.3. Nivel local.....	5
2.2. Ecosistemas acuáticos.....	6
2.2.1. Sistemas lóticos.....	6
2.2.2. Sistemas lénticos.....	6
2.2.3. Tipos de hábitat acuáticos	7
2.2.4. Adaptación a la respiración en el agua	8
2.3. Calidad del agua	10
2.3.1. Contaminación del entorno acuático.....	11
2.4. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua	11
2.4.1. Parámetros fisicoquímicos	11
2.4.2. Análisis biológicos.....	13
2.5. Uso de algunos índices en el estudio de comunidades acuáticas.....	22
2.5.1. El enfoque de la diversidad.....	22
2.5.2. El enfoque biótico	24
2.6. Estándares nacionales de calidad de agua (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM)...	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Lugar de ejecución.....	30
3.1.1. Ubicación política	30

3.1.2. Ubicación geográfica	30
3.2. Aspectos generales y ecológicos	30
3.2.1. Características de la microcuenca Santa Carmen	31
3.3. Materiales y equipos	32
3.3.1. Materiales.....	33
3.3.2. Equipos	33
3.3.3. Reactivos.....	33
3.4. Tipo de investigación.....	33
3.4.1. Variables de estudio.....	33
3.5. Metodología.....	34
3.5.1. Componentes en estudio	34
3.5.2. Toma de muestras biológicas para su evaluación.....	34
3.5.3. Caracterización fisicoquímica de muestras de agua	37
3.5.4. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y la población de macroinvertebrados acuáticos	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Propiedades fisicoquímicas del agua en la microcuenca Santa Carmen	40
4.1.1. Temperatura (°C)	40
4.1.2. Sólidos totales disueltos (mg/L).....	42
4.1.3. Turbidez (NTU)	44
4.1.4. Conductividad eléctrica (µS/cm)	45
4.1.5. Oxígeno disuelto (mg/L).....	46
4.1.6. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	48
4.1.7. Fosfato (mg/L)	49
4.1.8. pH.....	50
4.1.9. Coliformes fecales (NMP/100ml).....	51
4.2. Identificación de los macroinvertebrados presentes en los lugares de estudio.	52

4.2.1. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos	52
4.2.2. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos.....	55
4.3. Diversidad de macroinvertebrados presentes en la microcuenca Santa Carmen	58
4.4. Índices biológicos en la microcuenca Santa Carmen	60
4.4.1. Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party-Colombia)	60
4.4.2. Índice ASPT (Average Store per Taxón).....	62
4.4.3. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	63
4.5. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y la población de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Santa Carmen	65
V. CONCLUSIONES	69
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	70
VII. REFERENCIAS	71
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos.	16
2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos del índice BMWP/Col.	25
3. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo a con el índice BMWP/Col y ASPT (modificado de Roldán, 2003, en Álvarez, 2006).	26
4. Clasificación de calidad de acuerdo al índice EPT.	26
5. Estándares de calidad ambiental. Clase 4: conservación del ambiente acuático.	26
6. Coordenadas de las estaciones de muestreo de la microcuenca Santa Carmen.	30
7. Clasificación de las cuencas.	31
8. Parámetros morfométricos de la microcuenca Santa Carmen.	32
9. Medición de los parámetros del agua.	37
10. Niveles de concentraciones de coliformes fecales.	51
11. Valores de BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio, 2021).	60
12. Valores de BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre, 2021).	60
13. Valores de ASPT en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio 2021).	62
14. Valores de ASPT en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre 2021).	62
15. Valores de EPT en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio, 2021).	63

16. Valores de EPT en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre, 2021).	64
17. Correlaciones durante el primer periodo (junio 2021).	65
18. Correlaciones durante el segundo periodo (octubre 2021).	67
19. Macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (junio 2021).	84
20. Macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (octubre 2021).	86
21. Índices ecológicos por estación de muestreo (junio).	88
22. Índices ecológicos por estación de muestreo (octubre).	88
23. Puntuaciones de BMWP/Col de las estaciones de muestreo (junio).	89
24. Puntuaciones de BMWP/Col de las estaciones de muestreo (octubre).	91
25. Valores de EPT en las estaciones de muestreo en la primera etapa (junio, 2021).	93
26. Valores de EPT en las estaciones de muestreo en la segunda etapa (octubre, 2021).	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Macroinvertebrados que habitan en la superficie del agua.	7
2. Macroinvertebrados que habitan en la columna del agua.	8
3. Macroinvertebrados que habitan en el fondo del agua.	8
4. Macroinvertebrados que presentan agallas.	9
5. Macroinvertebrados que toman oxígeno directamente del aire.	10
6. Temperatura por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	40
7. Sólidos totales por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre). ...	42
8. Turbidez por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	44
9. Conductividad eléctrica por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	45
10. Oxígeno disuelto por estación en diferentes períodos (junio y octubre).	46
11. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	48
12. Concentraciones de fosfatos por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	49
13. Concentraciones de pH por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).	50
14. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (junio 2021).	52
15. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (octubre 2021).	53
16. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia por estaciones de muestreo (junio, 2021).	55

17. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia por estaciones de muestreo (octubre, 2021).....	56
18. Índices de Shannon-Weaver en cada estación de muestreo (junio 2021).....	58
19. Índices de Shannon-Weaver en cada estación de muestreo (octubre 2021).....	59
20. Estación de muestreo E1.....	95
21. Estación de muestreo E2.....	95
22. Estación de muestreo E3.....	96
23. Estación de muestreo E4.....	96
24. Estación de muestreo E5.....	97
25. Muestreo de agua en la microcuenca.....	97
26. Medición de los parámetros temperatura, pH y conductividad eléctrica in situ.....	98
27. Recolección manual de macroinvertebrados acuáticos.....	98
28. Recolectando las muestras biológicas de manera manual.....	99
29. Descarga de aguas domésticas.....	99
30. Viviendas en los márgenes del cuerpo de agua.....	100
31. Zonas recreacionales al margen del cuerpo de agua.....	100
32. Medición del oxígeno disuelto en las muestras de agua.....	101
33. Medición del fosfato en las muestras de agua.....	101
34. Sembrando las muestras para la evaluación microbiológica.....	102
35. Muestra positiva en los tubos de ensayo.....	102
36. Identificación de macroinvertebrados acuáticos.....	103
37. Almacenamiento de las muestras biológicas en frascos de vidrio.....	103
38. Identificación de macroinvertebrados acuáticos.....	104
39. Identificación de las muestras biológicas.....	104
40. Familia Baetidae.....	105

41. Familia Leptophlebiidae.	105
42. Familia Tricorythidae.	106
43. Familia Euthyplociidae.	106
44. Familia Caenidae.	107
45. Familia Calopterygidae.	107
46. Familia Libellulidae.	108
47. Familia Megapodagrionidae.	108
48. Familia Perlidae.	109
49. Familia Calamoceratidae.	109
50. Familia Hydropsichidae.	110
51. Familia Hydrobiosidae.	110
52. Familia Helicopsychidae.	111
53. Familia Leptoceridae.	111
54. Familia Glossomatidae.	112
55. Familia Psephenidae.	112
56. Familia Dysticidae.	113
57. Familia Elmidae.	113
58. Familia Ptilodactylidae.	114
59. Familia Haliplidae.	114
60. Familia Chrysomelidae.	115
61. Familia Chironomidae.	115
62. Familia Empididae.	116
63. Familia Psychodidae.	116
64. Familia Stratiomyidae.	117
65. Familia Corydalidae.	117

66. Familia Veliidae.....	118
67. Familia Gerridae.	118
68. Familia Gelastocoridae.	119
69. Familia Naucoridae.....	119
70. Familia Corixidae.	120
71. Familia Hydrachnidae.....	120
72. Familia Palaeomonidae.....	121
73. Familia Glossiphonidae.	121
74. Familia Lymnaeidae.	122
75. Familia Planorbidae.	122

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se identificaron 5 estaciones de muestreo, en donde se obtuvieron muestras de agua para determinar los parámetros fisicoquímicos. La recolección de macroinvertebrados se realizó mediante la técnica de recolección manual para determinar los índices de Shannon-Weaver, BMWP/Col, ASPT y EPT, a fin de determinar la relación entre ambas variables. Las propiedades fisicoquímicas que se determinaron fueron T°, pH, conductividad eléctrica, OD, DBO, STD, PO₄³⁻, turbidez y coliformes fecales, presentando variaciones en ambos periodos de muestreo. En las etapas de muestreo se registró 743 individuos, 5 clases, 12 órdenes y 37 familias de macroinvertebrados. El índice BMWP/Col en ambos periodos la calidad del agua varía entre BUENA y ACEPTABLE, el índice ASPT entre ACEPTABLE y DUDOSA y el índice EPT entre BUENA y REGULAR. En el mes de junio el OD se relacionó positivamente con el índice EPT (0.994), el DBO negativamente con el número de individuos, los índices BMWP/Col y ASPT (-0.903, -0.878, -0.971), el fosfato positivamente con el índice de Shannon (0.894). En el mes de octubre la T° se relacionó positivamente con el número de familias y el índice ASPT (0.979, 0.929), e igual forma los STD (0.958, 0.910).

Palabras clave: Calidad, índice, coeficiente, variable, familia.

ABSTRACT

In the present research work, 5 sampling stations were identified, where water samples were obtained to determine the physicochemical parameters. The collection of macroinvertebrates was carried out using the manual collection technique to determine the Shannon-Weaver, BMWP/Col, ASPT and EPT indices, in order to determine the relationship between both variables. The physicochemical properties that were determined were T°, pH, electrical conductivity, DO, BOD, STD, PO₄³⁻, turbidity and fecal coliforms, presenting variations in both sampling periods. In the sampling stages, 743 individuals, 5 classes, 12 orders and 37 families of macroinvertebrates were recorded. The BMWP/Col index in both periods the water quality varies between GOOD and ACCEPTABLE, the ASPT index between ACCEPTABLE and DOUBTFUL and the EPT index between GOOD and REGULAR. In the month of June, OD was positively related to the EPT index (0.994), BOD was negatively related to the number of individuals, the BMWP/Col and ASPT indices (-0.903, -0.878, -0.971), phosphate was positively related to the Shannon index (0.894). In the month of October, T° was positively related to the number of families and the ASPT index (0.979, 0.910), and the same way as the STD (0.958, 0.910).

Keywords: Quality, index, coefficient, variable, family.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad del agua se ha llevado frecuentemente en relación con los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. En los últimos años, ha sido importante incluir a las comunidades acuáticas como un instrumento elemental para determinar la calidad de los entornos.

Una de las formas de valorar el desempeño de las aguas continentales se da mediante el uso de índices de calidad (ICAs) e índices biológicos, este último considerado de gran importancia para la salud de los entornos acuáticos de agua dulce. Es por ello que hoy en día se han utilizado las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales (ríos, lagos, entre otros) debido a que estos individuos presentan poca tolerancia a los cambios ambientales ya sea por causas naturales o provocadas por el ser humano. Dicha introducción de los macroinvertebrados acuáticos a la evaluación de la calidad del agua trae consigo ventajas en la rapidez de resultados, brindándonos una idea del estado ecológico de los cuerpos de agua y metodologías que son más económicas que de las fisicoquímicas.

Ante lo mencionado, en la investigación se utilizó los indicadores biológicos para determinar la calidad del agua y su relación con las propiedades fisicoquímicas de la microcuenca Santa Carmen ubicada en el distrito Mariano Dámaso Beraún, dicho lugar se encuentra bajo constantes visitas de personas tanto locales como nacionales, debido a que presentan sitios recreacionales como el balneario la alcantarilla y la catarata Santa Carmen, además de la existencia de recreos turísticos sumando a ello la población aledaña, el cuerpo de agua se encuentra expuesta ante las descargas de aguas residuales, que podrían estar influyendo en la población de los macroinvertebrados acuáticos. Por lo que se plantea el siguiente problema ¿Las propiedades fisicoquímicas del agua se encuentran relacionadas con la población de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Santa Carmen? Formulándose para ello la hipótesis; las propiedades fisicoquímicas del agua están relacionadas con la población de los macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca Santa Carmen.

Dicho lo anterior se formularon los siguientes objetivos que se llevaron a cabo en la investigación:

1.1. Objetivo general

Determinar la relación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y la población de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Santa Carmen.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del agua en la microcuenca Santa Carmen.
- Identificar los macroinvertebrados presentes en los lugares de estudio.
- Determinar la diversidad de macroinvertebrados presentes en la microcuenca Santa Carmen.
- Determinar los índices biológicos en la microcuenca Santa Carmen.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nivel internacional

De acuerdo a la investigación realizada por Forero (2017), titulada “Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)”. Analizó a las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos para un estudio compuesto de calidad de agua alterada por los impactos socioeconómicos colindantes con la cuenca del río. Para el estudio de calidad usó indicadores biológicos (índice BMWP/col, Diversidad y Abundancia), fisicoquímicos y bacteriológicos (índice de calidad de agua WQI). Así mismo seleccionó 5 puntos de estudio, donde se caracterizaron en zonas aceleradas y zonas pausadas para la colección de macroinvertebrados. Para las muestras fisicoquímicas tomó los parámetros oxígeno disuelto, DBO, coliformes fecales, sólidos totales, nitratos, fosforo total en cada lugar de estudio. Evidenciando variaciones en las distribuciones de las comunidades bentónicas siendo que la calidad del agua disminuía, como también los parámetros fisicoquímicos presentaron ciertas variaciones en relación al nivel de actividad antrópica que se origina en la cuenca. Existiendo una relación con los parámetros fisicoquímicas estudiadas y la exuberancia de familias y géneros de macroinvertebrados.

Mientras que Gil (2014), en su investigación realizada para la “Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa”. Realizando un análisis de la calidad de las aguas en la cuenca. Para ello utilizó macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, complementados con los propiedades físicos, químicos y microbiológicos. Estableció 12 estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca, las cuales fueron ubicados en consideración distintos grados de alteración, debatiendo la relación de la distribución de la comunidad y calidad del agua. Llegando a medir 11 variables ambientales, mientras que la fauna acuática fue colectada proporcionalmente identificando los macroinvertebrados bentónicos hasta nivel de familia. Para estudiar la relación con las variables ambientales realizó los estudios estadísticos determinando las influencias que más perturban a la comunidad acuática.

2.1.2. Nivel nacional

Custodio y Chanamé (2016), en su investigación titulada “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”. Planteando como objetivo estudiar la situación de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas con los indicadores ambientales. En la que se definieron dos épocas diferenciadas. La colecta de muestras de agua fue para la valoración de nitratos, fosfatos y coliformes termotolerantes. En tanto que las variables medidas en campo fueron: oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, conductividad, temperatura, pH y turbidez. Los resultados de la intervención humana en los macroinvertebrados acuáticos son: media de DBO5 (7.70 mg/L) de aguas procedentes de la acción piscícola, de la acción pecuaria 869 mg/L y de la acción urbana 428.3 mg/L. Los resultados de los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos dieron a entender variaciones en la temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos. Se reconocieron un total de cuatro phyla, siete clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados. Concluyéndose que los vertimientos de aguas residuales de las acciones pecuarias y urbanas son alteraciones humanas importantes en la variedad de macroinvertebrados acuáticos.

Según (Minchola, 2021), en su investigación titulada “Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua del río Negro – Aguaytía”. Identificó 8 lugares de muestreo en dos lugares determinados (una con actividad humana y otra sin actividad) en 3 fechas de muestreo setiembre, noviembre y enero. Obteniendo muestras de agua para establecer las variables fisicoquímicas estableciendo así la calidad de agua mediante el índice WQINSF. Mientras que los macroinvertebrados bentónicos lo obtuvo mediante la recolección usando técnicas como la utilización de red surber y manualmente para determinar el índice de diversidad de Shannon – Weaver (H') y el índice (BMWP/Col). Durante el estudio del índice WQINSDF comprobó que el espacio sin intervención humana la calidad es BUENA, así mismo el área con intervención humana presentó calidad REGULAR. Reconoció en total 842 individuos, distribuidos en 4 clases, 9 órdenes y 12 familias de macroinvertebrados acuáticos, siendo así que el índice de Shannon presenta una elevada variedad de especies en la zona sin intervención humana y el índice BMWP/Col estableció una calidad de agua ACEPTABLE, y en la zona que posee intervención humana posee una calidad de agua DUDOSA y CRÍTICA. Determinando una correlación positiva alta tanto el índice WQINSF como el índice BMWP.

Mientras que Pimentel (2014), en su investigación realizó el “Análisis desde la perspectiva de los índices bióticos, ECA-Agua y manejo adaptativo; utilizando macroinvertebrados bentónicos en río Altoandinos-Camisea 2009-2012”. En donde plantea introducir el punto de vista de “manejo adaptativo” para el implemento de herramientas de estudio, documentación y gestión ambiental. Cuyo objetivo fue estudiar y confrontar los tres instrumentos, valorar la calidad ambiental del entorno acuático, reconocer las variables claves y los atractores por los que atraviesa el sistema. Analizó datos de variables biológicas, físicos y químicos. Obteniendo como resultados en cuanto a las correlaciones entre las variables ambientales y biológicas, la riqueza de macroinvertebrados presentó una correlación negativa tanto con el pH (-0.4) y la variable ECA (-0.29). La riqueza de individuos tuvo una correlación importante con 3 variables: presentando correlación positiva en los sólidos totales disueltos (0.3) y conductividad (0.33), y correlación negativa en la concentración de oxígeno (-0.44). El índice BMWP/Col presentó correlación negativa con el pH (-0.27) y la temperatura (-0.32); y una relación negativa con la variable ECA (-0.29). El ASPT se relacionó de manera positiva con la concentración de oxígeno disuelto (0.25) y la calidad del hábitat EPA (0.49), y relación negativa con la T° y coliformes totales.

2.1.3. Nivel local

Medina (2018), en su investigación titulada “Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos e índices biológicos en la microcuenca Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María”. Teniendo como objetivos identificar la composición taxonómica e índice ecológico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, determinación de la calidad del agua con los índices NSF y BMWP/Col, y por último identificar y relacionar las variables ambientales que especifican la composición y estructuración de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Teniendo como resultados la identificación de 3 taxa a nivel de clase, 9 a nivel de orden y 18 taxas a nivel de familia. El índice NSF presentó una calidad de agua buena en las diferentes estaciones y etapas de muestreo. El índice BMWP/Col variaron entre buena y aceptable en el mes de mayo, y de aceptable a dudosa en el mes de agosto. Mientras que la presencia de las especies Baetide, Hydropsychidae, Perlidae, Planorbiidae y Corydalidae se relacionaron de manera positiva con los parámetros oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y coliformes fecales en el primer mes de evaluación, y durante el segundo mes de evaluación, las familias Oligoneuriidae, Planariide, Hydropsychide y Baetidae tuvieron una relación con los sólidos totales, nitratos, pH, turbidez, DBO₅ y fosfatos.

2.2. Ecosistemas acuáticos

Los entornos acuáticos han permanecido representados en dos grupos de factores: bióticos y abióticos. Siendo los que describen las reciprocidades con los diversos seres vivos del entorno de torrentes de energía y entornos de orilla, así mismo los elementos abióticos se refieren a características climáticas, físico-químicos y biográficos que contribuyen el medio en el cual se desarrollan los seres bentónicos. Generalmente, los importantes entornos de aguas continentales son lagos, lagunas, ríos, aguas subterráneas y embalses, ecosistemas que se hallan catalogados en dos conjuntos: movimientos de agua en una dirección y cuerpos de agua retenidos (Roldán y Ramírez, 2008).

2.2.1. Sistemas lóticos

Los sistemas lóticos vienen a ser aquellos cuerpos de agua que se desplazan únicamente en una sola dirección. Los ríos poseen una importancia por la actividad que poseen de enlazar las cuencas terrestres con la atmósfera y el mar. De tal manera que los entornos acuáticos con movimientos de flujo forman un proceso de desplazamiento de sales, sedimentos y organismos a través de un pendiente plano. La firmeza de una sola dirección de la corriente involucra la existencia de una relación desigual de las comunidades de tramos altos y bajos, por lo que las nuevas son aceptadoras de las contribuciones de suministros y residuos que evaden de las primeras. Dentro de las variables que consiguen alterar el ecosistema de las comunidades acuáticas se hallan entre los factores climáticos, históricos y geológicos. Es importante mencionar que el propio movimiento de los cuerpos de agua dulce podría ser el responsable de la variedad de un territorio (Elosegui y Sabater, 2009).

2.2.2. Sistemas lénticos

Los ambientes lénticos son aquellos cuerpos de aguas quietas o estancadas como lagos, represas y charcas. Por lo habitual, la franja “costero” muestra exuberante flora acuática, beneficiando el desarrollo de numerosas especies de macroinvertebrados acuáticos. La zona “limnética”, viene a ser la zona de aguas abiertas y solo unas escasas especies flotantes logran existir allí. El entorno profundo de los lagos por lo usual se halla carente de luz y oxígeno existente, es escaso lo que restringe el número de especies en estos entornos (Roldán y Ramírez, 2008).

2.2.3. Tipos de hábitat acuáticos

El hábitat hace referencia al terreno determinado en que habita un organismo, teniendo un papel que libra en la comunidad. En resumen, el limnólogo debe estar al tanto dónde hallar los macroinvertebrados acuáticos y tener conocimiento de sus relaciones con las demás especies. Los entornos acuáticos son muy diversos y cada uno de ellos pertenece a una comunidad específica (Roldán, 2003).

La mayoría de la biodiversidad de invertebrados acuáticos (entre estos los macroinvertebrados) se pueden catalogar según su establecimiento dentro del cuerpo del agua y su manera de desplazarse dentro de él. La mayoría de los macroinvertebrados habitan sobre algún tipo de sustrato, como los bentos, o en la madera, rocas, tallos de plantas, algas, etc. De acuerdo con sus rasgos morfológicas, conductuales y fisiológicas, los invertebrados están adecuados para vivir en territorios más o menos específicos del medio acuático. Además, vale la pena señalar, que esta categorización práctica es referente y depende de la etapa (o estadio) de desarrollo en el que se halla el invertebrado y el momento o actividad que se está ejecutando (Ayala y Vera, 2020).

Los macroinvertebrados acuáticos logran hallarse en la superficie, en el fondo o nadar libremente, de ahí que obtienen diversos nombres de acuerdo al tipo de adaptación.

- **Neuston (Pleuston):** Conjunto de organismos microscópicos componentes del pleuston (Fraume, 2007). Se nombra epineuston a los organismos que habitan en entorno aéreo (sobre la película del agua), e hiponeuston a los de entorno acuoso (por debajo) (Dajoz y Leiva, 2003).

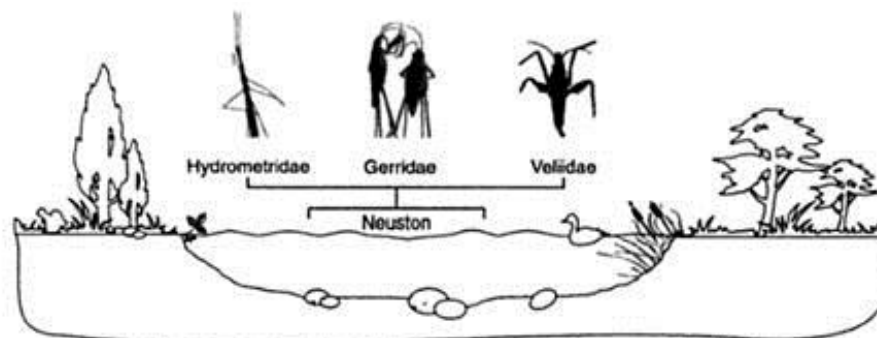


Figura 1. Macroinvertebrados que habitan en la superficie del agua.

- **Necton:** Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua.

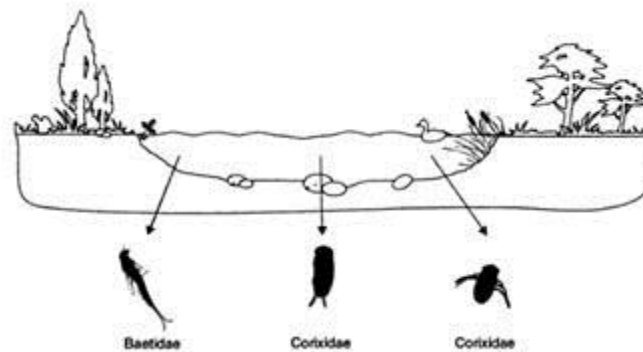


Figura 2. Macroinvertebrados que habitan en la columna de agua.

Fuente: Roldán, 2003.

- **Bentos:** Se describe a todas aquellas especies que habitan en la base de ríos y lagos, pegados a piedras, rocas, troncos, restos de flora y sustratos parecidos y otros se fijan vigorosamente a rocas mediante un conjunto de ventosas en el abdomen y otras se hallan en la flora inmersa o flotable.

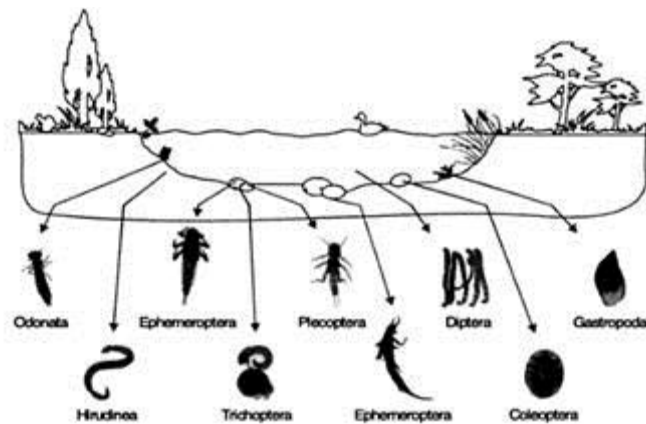


Figura 3. Macroinvertebrados que habitan en el fondo del agua.

Fuente: Roldán, 2003.

2.2.4. Adaptación a la respiración en el agua

Los macroinvertebrados acuáticos, por la variedad de entornos que ocupan y por tener diversas etapas de desarrollo, necesitan de una diversidad de adaptaciones organizadas para adquirir el oxígeno, conforme sea del aire o del agua.

Los insectos acuáticos que utilizan el oxígeno del aire obtienen el nombre de aeiropnéusticos. Poseyendo espiráculos funcionales, pudiendo hallarse en una gran diversidad de entorno acuático. Unos que otros se conservan en relación por extensos espacios de tiempo con la interfase aire-agua a través de tubos o sifones respiratorios como las larvas de mosquitos (Roldán y Ramírez, 2008).

Familias de los efemerópteros, tienen prolongaciones laminares en el abdomen de nombre agallas, sirviéndole en el aumento del plano respiratoria de su cuerpo. Los plecópteros cuentan con estas extensiones en el tórax, y los zigópteros en su extremo caudal. Se ha encontrado que este tipo de distribuciones es más próspero en aguas muy oxigenadas. Por ejemplo, los efemerópteros *Campulocia* y *Campsurus* que viven encubiertos en la base, tienen unas agallas más evolucionadas entre los insectos acuáticos (Roldán y Ramírez, 2008).

Algunos insectos acuáticos tienen espiráculos funcionales con extensiones torácicas ramificadas de nombre agallas espiraculares que funcionan para una respiración aeroneusticas en situaciones que el medio comience a secarse (Roldán y Ramírez, 2008).

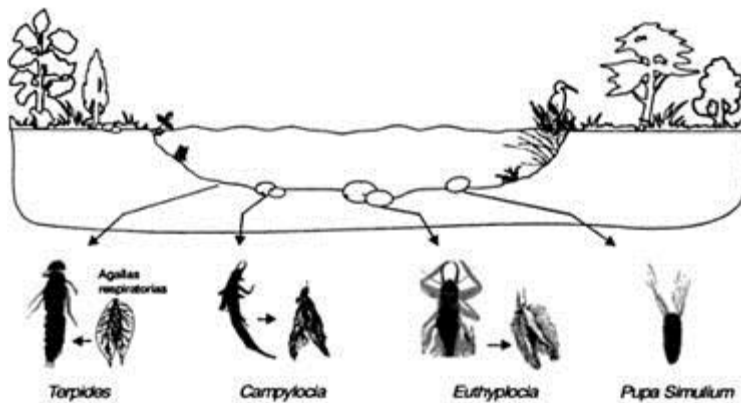


Figura 4. Macroinvertebrados que presentan agallas.

Fuente: Roldán, 2003.

Otros insectos en cambio, habitan adentro del agua debiendo nadar hasta la superficie para tomar habitualmente el oxígeno atmosférico. Para ello, algunos coleópteros poseen la habilidad de crear una burbuja de aire debajo de los élitros que le valen de reserva al estar sumergidos (Roldán y Ramírez, 2008).

Ciertos hemípteros y coleópteros están tapados por escamas o pelos microscópicos, estas no llegan a humedecerse, manteniendo secos los espiráculos, accediendo de esta manera a conservar una reserva de aire. Este tipo de adaptación morfológica recibe el nombre de plastrón. Ciertos efemerópteros como algunos polimitárcidos logran existir dentro de tallos de floras acuáticas de donde adquieren el oxígeno necesario para su respiración. Este tipo de adaptación se conoce como respiración endofítica (Roldán y Ramírez, 2008).

Por otro lado, existe un grupo de insectos que utilizan el oxígeno netamente del agua, recibiendo el nombre de hidropneusticos. La mayoría no tiene espiráculos funcionales, siendo que su disposición está limitada a entornos de aguas bien oxigenadas. La mayoría de los insectos hidropneusticos llevan a cabo el intercambio gaseoso a través de la piel, designándose como respiración cutánea. Dentro de estos hay un gran número de efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, coleópteros y lepidópteros entre otros. Esta adaptación se muestra en formas muy inmaduras (Roldán y Ramírez, 2008).

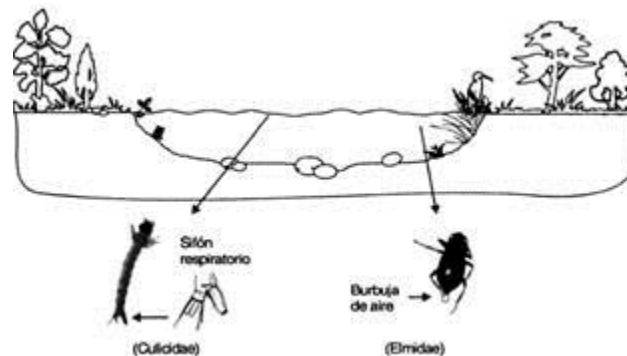


Figura 5. Macroinvertebrados que toman oxígeno directamente del aire.

Fuente: Roldán, 2003.

2.3. Calidad del agua

La calidad del agua puede comprobarse de sus descripciones químicas, físicas y biológicas, mostrando qué usos son aptos o no en un medio acuático. Poniendo como ejemplo, que no necesariamente comparten los mismos requisitos el agua destinada al consumo humano que una asignada al riego. Cuando el agua posee un estado de calidad pésima, puede corresponder tanto a causas naturales, como la geología que puede dar origen a ciertas concentraciones de metales elevadas (por ejemplo, aguas ferrosas), como a orígenes artificiales, siendo la contaminación en entornos con presión humana. A nivel global uno de los mayores

problemas que tienen que ver con la calidad del agua viene a ser el incremento de sustancias nutritivas (mayormente fósforo y nitrógeno) afectando de manera específica los manejos del agua (Pérez et al., 2016).

2.3.1. Contaminación del entorno acuático

Chapman (1996) menciona que la alteración del entorno acuático se da fundamentalmente por implementación de ciertas sustancias por el ser humano. Ciertos resultados llegan a ser los siguientes:

- Perjuicio a organismos vivos.
- Exposición a la salud humana.
- Interferencias a actividades acuáticas que incluyan la pesca.
- Disminución de la calidad de agua siendo su uso en actividades agrícolas, industria y a las actividades económicas.

2.4. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua

Chapman (1996) hace mención que el seguimiento de la calidad de agua como la recopilación de información en lugares determinadas con momentos para obtener la información importante definiendo las circunstancias actuales y definir directrices. Por otro lado, la valoración de calidad de agua está determinada como el seguimiento total de la valoración del entorno físico, químico y biológico del agua como vínculo a la calidad original, impactos humanos y usos apropiados, especialmente los empleos que pueden perjudicar la salud de las personas y entorno acuático.

2.4.1. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos brindan un conocimiento amplio de la naturaleza química del agua y de sus variables físicas, sin contribuir conocimiento de su atribución en el entorno acuático, donde procedimientos biológicos brindan este conocimiento, pero no muestran acerca de los perturbadores responsables, siendo que los investigadores exhortan el empleo de ambos en la valoración del recurso hídrico (Samboni, 2007).

Según Roldán (2003), los parámetros en los que son más susceptibles los organismos son frecuentes el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y la temperatura.

2.4.1.1. Potencial de hidrogeno (pH)

Viene a ser una medida indicando que tan ácida o básica es un medio. Si posee pH 7 el agua es neutra, valores inferiores a 7 ácidas y mayores a 7 básicos. Ácidos orgánicos disminuyen el pH. El pH es alterado por el dióxido de carbono (CO_2) el cual origina en el agua el ácido carbónico. Ácidos minerales (por ejemplo: ácido sulfúrico, nítrico y clorhídrico) son capaces de hacer que los niveles de pH disminuyan siendo peligrosos para la vida acuática (GWW, 2005).

Las variaciones de pH son esenciales para la mayoría de especies, adaptándose a aguas con un nivel de pH determinado, pudiendo alterarse al desarrollar variaciones en el pH. Ácidos minerales, carbónicos y otros favorecen la reducción del pH, induciendo que metales pesados se liberen en el entorno acuático (Mitchell et al., 1991).

2.4.1.2. Conductividad eléctrica

La conductividad viene a ser una medida en la que una solución acuosa pueda trasladar una corriente eléctrica, dependiendo de la disponibilidad de iones disueltos, pudiendo deberse a la fragmentación de sales inorgánicas, ácidos y bases, sus cantidades absolutas y relativas, su valencia y de la T° , su movilidad y la viscosidad de la solución. Esta variable estima la disponibilidad total de componentes iónicos. La conductividad es vulnerable a los cambios de la actividad biológica que presenta el medio acuático. El estar presente materiales en suspensión de gran magnitud y/o de aceites o grasas, causando alteraciones en el estudio. La conductividad en el entorno de aguas continentales se determina por la geología de la zona en la cual transita. Por ejemplo, flujos de agua en superficies de granitos suelen presentar conductividad inferior, debido a que ese sustrato está mezclado por materiales que no se ionizan. Vertimientos de aguas de actividades humanas tienden a presentar un incremento de la conductividad gracias al incremento de las concentraciones de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , u otros. Teniéndose en consideración que vertimientos de hidrocarburos, compuestos orgánicos siendo fenol, aceites, azúcar, alcohol y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no suelen alterar en gran manera la conductividad (Severiche et al., 2013).

2.4.1.3. Oxígeno disuelto

Este parámetro es muy importante en el agua, cuya presencia se da origen principalmente en el aire. Ciertos grados inferiores o nula de oxígeno, pueden dar a conocer una alta perturbación como también condiciones de materia orgánica alta; por lo que se le puede tener en cuenta como un indicador de perturbación. La disponibilidad de oxígeno disuelto en el entorno acuático está ligado a la temperatura, presión y la mineralización de la misma. La ley de Henry y Dalton menciona: “la solubilidad de un gas en un medio acuoso es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura” (Castro de Esparza, 1987).

En un medio acuático se desarrolla y al mismo tiempo se gasta oxígeno. La elaboración está ligada con la fotosíntesis, en tanto la utilización con la respiración. Si el consumo de oxígeno es más de la que se genera y asimila, la densidad de O₂ podría llegar a grados por debajo de los requisitos para la sustentación acuática (Goneyola, 2007).

2.4.1.4. Temperatura

Viene a ser una variable muy importante, influyendo en el retraso o avance de la actividad biológica y la disponibilidad de oxígeno disuelto. Altera los parámetros físicas y químicas del entorno acuático, poseyendo un dominio encima de la vida acuática, alterando sus hábitos de alimentación, procreación y tasas de desarrollo, como también la velocidad de reutilización de los nutrientes en un cuerpo de agua (GWW, 2005).

Diversos factores ambientales, hacen que la T° del entorno acuático se altere. La T° es un parámetro físico que perturba los estudios de variables siendo la conductividad y pH. Las altas temperaturas productos de agua residuales, tienen un efecto ecológico importante siendo que la medición de la temperatura del entorno recibidora, la cual vendría a ser necesario para valorar las consecuencias sobre este (Severiche et al., 2013).

2.4.2. Análisis biológicos

2.4.2.1. Bioindicadores

Toda entidad vivo, tanto animal y vegetal, puede ser considerado un indicador biológico de las situaciones del entorno en que se desarrolle, debido a que su presencia en un entorno y momento fijo reconoce a su disponibilidad de acoplarse a diversas variables ambientales. En palabras más precisos científicamente, viene a ser considerado un indicador biológico del entorno acuático cuyo aspecto y exuberancia indica algún desarrollo o situación del sistema en la que se encuentran. Generalmente, estos bioindicadores han sido relacionado de manera directa con la calidad del entorno acuático, más que con técnicas ecológicos o con su colocación territorial (Pérez et al., 2016).

El concepto de bioindicador en el ámbito para la valoración de la calidad de agua, se define así: organismo que tiene requisitos específicos con relación a uno o un conjunto de componentes físicos o químicos, dándose variaciones de disposición/ausencia, n^o, morfología o de actitud de ese organismo en específico, indicando que los componentes físicos o químicos, se determinan alrededor de sus límites de aceptación. El empleo de estos bioindicadores siendo equipos para determinar la calidad del agua resumen en gran parte las ejecuciones de campo y laboratorio, debido a que en su estudio es necesario el reconocimiento y el conteo de las especies fundamentándose en índices de diversidad que indican la calidad del agua (Álvarez y Pérez, 2007).

2.4.2.2. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos se describen como organismos con magnitudes mayores a 0.5 mm, entre otras palabras, organismos que es posible observar a simple vista, por lo que, la palabra “macro” sugiere que aquellos organismos quedan atrapados por redes de tamaño entre 200-500 mm (Rosenberg y Resh, 1993).

Los invertebrados se hallan entre los organismos que especialmente se adecuan a los entornos continentales, debido a que estas habitan en mayor parte los cuerpos de agua dulce a nivel global, excepto los que presentan perturbaciones. La densidad y diversidad de estos organismos suelen ser excesivamente altas, pudiéndose encontrar aproximadamente un millar de especies en cuerpos de agua bien analizados. Residen en los sedimentos, tanto rocosos como blandos, así como en plantas inmersas (Rodríguez et al., 2009).

Los macroinvertebrados y su uso como bioindicadores de la calidad últimamente es más aceptado siendo una de las metodologías más aplicadas para valorar el desarrollo de diversos proyectos que se basan en los entornos acuáticos (Roldán y Ramírez, 2008).

Estudios realizados que incluyeron estos procedimientos han demostrado que órdenes como Coleoptera, Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera son susceptibles a la perturbación. Taxones como Oligochaeta, Hirudinea, Chironomidae, Diptera y Gastrópoda suelen resistir ciertos grados de perturbación, siendo que pueden perdurar en cantidades menores de oxígeno (Figueroa et al., 2003).

Los macroinvertebrados fragmentadores emplean partículas de elevado tamaño, como hojas de árboles que terminan en el río procediendo a deteriorarlas, siendo importante debido a que trasladan esta energía a niveles tróficos. Al mismo tiempo, los macroinvertebrados filtradores, siendo larvas de Simuliidae, desechan las partículas finas del agua y las transforman en partículas fecales más pesadas sumergiéndose y proveen suministro a otros organismos bentónicos, permitiendo que estos nutrientes no sean libres del entorno y transportados por el flujo hacia el mar (Roldán y Ramírez, 2008).

Montañas con ríos de aguas frías, limpias, bajo contenido de nutrientes y bien oxigenadas, se espera encontrar poblaciones en su mayoría del orden Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera. En tanto ordenes como Neuróptera, Coleoptera, Diptera, Odonata, Acari, Hemiptera, Crustácea y otros comienzan a recomponerse de la perturbación, como arroyos y ríos perturbados por materia orgánica, en entornos acuáticos opacas existe poco oxígeno y concentraciones de nutrientes altos, en la que se aguarda hallar grupos dominantes de Quironomidos, Oligoquetos y ciertos moluscos (Roldán, 2003).

La contaminación de los entornos acuáticos se da principalmente por las acciones antropogénicas como deforestaciones, residuos sólidos y derramamientos de aguas residuales, siendo estas de origen doméstica, agrícola, minero e industrial (Roldán, 2003).

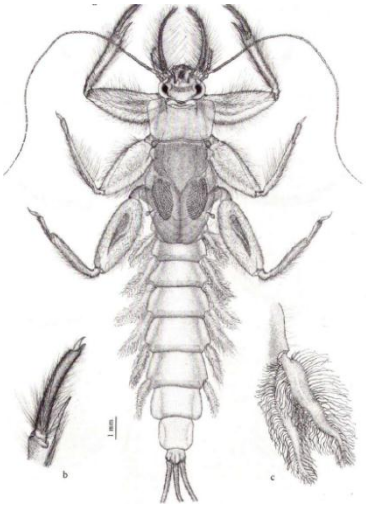
Elementos como las lluvias y estación de invierno, cumplen un papel significativo en la distribución y variaciones de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, frente a estas variaciones, los invertebrados se desarrollan con diversas habilidades para sobrevivir de la mejor manera (Ortiz, 2012).

Al parecer la distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos están asociados por el medio ambiente en 4 tipos como fuentes de alimento aprovechables, caudal, capacidad de la partícula del sustrato y variables fisicoquímicos. Variables como parámetros fisicoquímicos y la velocidad de flujo del agua perturban la macro distribución de los organismos, obteniendo cierta atribución en la reserva del suministro y volumen de la partícula (Ortiz, 2012).

2.4.2.3. Principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos

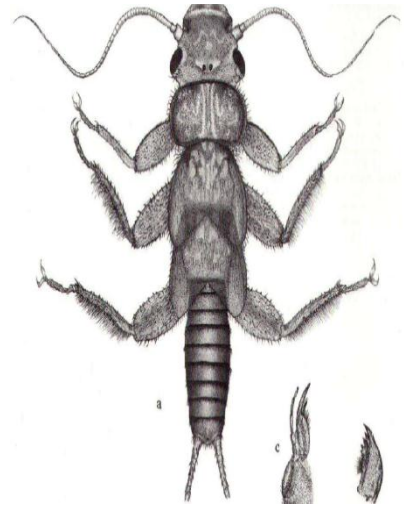
Roldán (1996) los describe de la siguiente manera:

Tabla 1. Principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos.

Orden	Generalidades	Aspecto
Ephemeroptera	<ul style="list-style-type: none"> - Biología: viven cortos periodos de tiempo, pero la gran mayoría viven más tiempo, entre tres y cuatro días. - Ecología: habitan en entornos acuáticos que fluyen limpias y bien oxigenadas para su supervivencia. - Distribución geográfica: son prácticamente cosmopolitas. - Alimentación: son herbívoros, se sostienen de tejidos de plantas acuáticas y algas. - Taxonomía: se caracterizan por la formación del sistema bucal, la forma, la disposición de las agallas y de los filamentos y el número de las mismas. 	

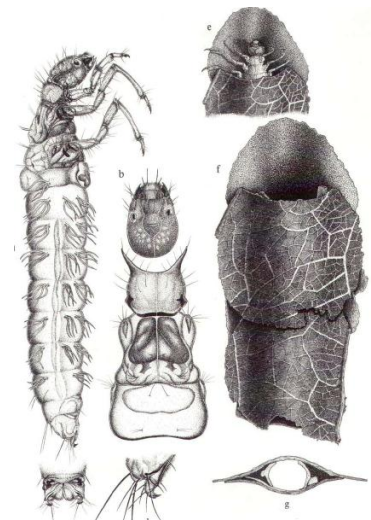
Plecoptera

- **Biología:** se caracterizan por presentar agallas torácicas en posición vertical, antenas largas. Poseen un tamaño entre los 10 y 30 mm.
- **Ecología:** habitan en aguas aceleradas, oxigenadas, debajo de piedras, ramas, hojas y troncos.
- **Distribución geográfica:** son prácticamente cosmopolitas.
- **Taxonomía:** se tiene en cuenta la forma y distribución de las agallas, la posición de los ojos compuestos y la presencia de almohadillas alares.



Trichoptera

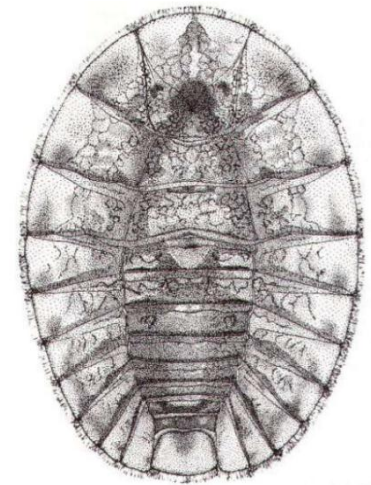
- **Biología:** son holometábolos, sus larvas habitan en la mayoría de hábitats. Poseen la capacidad de construir refugios o casas.
- **Ecología:** viven en flujos en movimiento, oxigenadas y claras, debajo de troncos, material vegetal y troncos.
- **Distribución geográfica:** son prácticamente cosmopolitas.
- **Alimentación:** las larvas se nutren de algas y de material vegetal de los árboles que se hallan encima de las rocas. Algunos suelen ser depredadoras.
- **Taxonomía:** se tienen en cuenta la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen, la



presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos, longitud de la antena, entre otros.

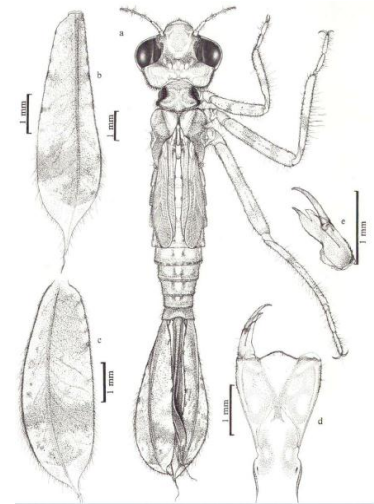
Coleoptera

-
- **Biología:** presentan un cuerpo compacto. Las antenas son claras y varían en forma y cantidad de segmentos. Las alas están modificadas en élitros, estas cubren el tórax y el abdomen.
 - **Ecología:** habitan en aguas superficiales lóaticas y lénticas, en quebradas, ríos, riachuelos, lagunas, charcas, represas y embalses.
 - **Distribución geográfica:** los coleópteros son cosmopolitas.
 - **Taxonomía:** familias como Elmidae presentan antenas visibles y delgadas mayores a siete segmentos, coxa anterior redonda, y Psephenidae presentan seis o siete segmentos en el abdomen, cabeza con antena insertada entre los ojos.
-



Odonata

- **Biología:** suelen poner sus huevos sobre la vegetación emergente o flotante. El intercambio gaseoso lo realizan a través de agallas anales y de la piel.
- **Ecología:** habitan en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas, rodeados de abundante vegetación acuática emergente o sumergida.
- **Distribución geográfica:** cerca de las 26 familias que hay, siete de ellas no se encuentran en el neotrópico y cuatro son exclusivamente neotropicales.
- **Alimentación:** las larvas son generalmente importantes, lo cual su sutil visión juega un papel muy importante.
- **Taxonomía:** las familias de este orden presentan ojos sobresalientes, branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.



Fuente: Roldán, 1996

2.4.2.4. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua y su importancia

Los macroinvertebrados que se encuentran en entornos acuáticos continentales poseen un papel importante en los desarrollos ecológicos de los entornos de aguas. Las cadenas alimenticias acuáticas se asientan en material propio procedente de las plantas acuáticas o material que ingresa al entorno acuático externamente. Los macroinvertebrados regulan la fabricación primaria de los entornos de agua, consumiendo en gran manera plantas acuáticas y microorganismos relacionados con el plancton en lagos o con el perifiton en río. La mayoría de

veces, este consumo incrementa la fabricación primaria, debido que se descarta tejido poco fructífero y se endurecen los nutrientes (Roldán y Ramírez, 2008).

En entornos con material externo como la hojarasca, los macroinvertebrados fragmentadores son importantes en la que desplaza esta energía a otros horizontes tróficos. Los fragmentadores manejan partículas de mayor magnitud, tales como las hojarasca de los árboles que terminan en el río y las deterioran. En el transcurso, producen fragmentos chicos de material orgánico que son asequibles a otros organismos, siendo los filtradores y los recolectores. Al instante, los macroinvertebrados filtradores, como las larvas de Simuliidae, mueven partículas delgadas del agua y los transforman en partículas pesadas que se sumergen y abastecen de suministros a otros invertebrados. Estos métodos responden a que los nutrientes que se encuentran en las partículas no sean arrastrados del entorno y por el flujo del océano (Roldán y Ramírez, 2008).

Los macroinvertebrados se hallan en todos los entornos acuáticos, en la cual facilitan las investigaciones relacionadas en todo tipo de zona, estos presentan numerosa variedad, con ciertos niveles de resistencia a la perturbación, por lo que permite que la no presencia de las especies expuestas a la perturbación den cuenta si existe algún tipo de alteración (Álvarez y Pérez, 2007).

El reducido movimiento de la generalidad de macroinvertebrados manifiesta todo tipo de cambio de un origen hídrico, el aspecto de aquellos en el agua proporciona la ejecución de muestreos cuantiosos, existiendo procedimientos aceptados en diversas aguas continentales del planeta (Roldán y Ramírez, 2008).

2.4.2.5. Ventajas de los macroinvertebrados

Razones por la que los macroinvertebrados son buenos indicadores de calidad del agua son debido al ser posibles reconocer y coleccionar, perceptibles a las alteraciones que se presentan en el entorno y en relación al tiempo de reacción, se ven a simple vista, se dan seguimiento en laboratorio y campo, teniendo extensa repartición geográfica en diversos tipos de entornos (Roldán, 2003).

2.4.2.6. Disposición en el espacio y tiempo

Lo disposición territorial de los macroinvertebrados acuáticos suelen cumplir cuatro clases de atribución medioambiental: la rapidez del flujo, variables como: oxígeno disuelto, temperatura, etc., el medio de sustancias alimenticias y la magnitud de la partícula del sustrato. Señalando que la rapidez del flujo de agua y las variables físicoquímicos, podrían estar afectando la distribución de los macroinvertebrados, siendo al tamaño de la partícula del sustrato y la reserva de suministro, posiblemente producen influencias esenciales en la distribución (Cummins y Lauff, 1969).

La disposición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos varía en relación a situaciones geomorfológicas e hidrológicas en diversos niveles espaciales; hábitat, drenaje, tramo (Hildrew, 1969; Statzner et al., 1997). El conocimiento relacionado a los ensamblajes de los macroinvertebrados acuáticos con ambientes específicos es fundamental para establecer las variaciones medioambientales y hallar la separación ecológica entre las comunidades diversas (Bisson et al., 1982).

Varios investigadores mencionan alcanzar valores inferiores en riqueza y diversidad de ambientes representados por bases finos, en tanto a los valores más altos fueron reportados en los entornos más diversos (Beisel et al., 2000; Príncipe y Corigliano, 2006). Entornos diversos brindan un potencial de diversos números de hábitats para los invertebrados. Estos ambientes son frecuentados por diversas especies, disponiendo de refugios ante incrementos imprevistos de caudal (Resh et al., 1988), situaciones apropiadas para la nutrición, como la detención de detritus en los entornos intermedios, conjuntamente una depreciación del riesgo de depredación (Minshall, 1984). Por otra parte, en los ambientes con bases más delgados, el desequilibrio del sustrato y el bajo recurso de suministro resultan en una baja riqueza, volviéndolos más vulnerables a los efectos de descarga (Príncipe, 2008).

La variación estacional es un factor abiótico muy importante, teniendo una gran atribución durante las variaciones que se logren llevar a cabo en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, esta diferenciación estacional está concerniente a la alteración (Robinson y Minshall, 1986), definido como un movimiento prudente, acontecimiento irregular, pérdida descrita, o deterioro de uno o más individuos que directa/indirectamente forma una conformidad para nuevos organismos (Sousa, 1984). Teniéndose que el ímpetu,

periodicidad y zona que podría determinar la exuberancia y riqueza de familias (McCabe y Gotelli, 2000). Las lluvias tienen un rol esencial en las variaciones y distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos; en estas variaciones estacionales, los organismos desarrollan diferentes habilidades para poder confrontar de la mejor manera posible (Silveira et al., 2006).

2.5. Uso de algunos índices en el estudio de comunidades acuáticas

Se describe como medidas físicas, químicas, biológicas o socioeconómicas que incorporan estos componentes necesarios de un entorno. También se puede definir como una medida de la calidad medioambiental que se consigue dar uso al valorar el estado y las predisposiciones del medioambiente para sustentar la salud de las personas y ecológica. Los indicadores dan a conocer un enfoque de las situaciones, presiones ambientales y contestaciones de la sociedad, posibles de interpretar, prácticos y tienen la capacidad de exponer las predisposiciones temporales respondiendo a variaciones en el medioambiente causados por las actividades antropogénicas, facilitando un pie para los balances a nivel internacional, como también nacional y regional. Estas peculiaridades hacen que sean necesarios controlar las situaciones que se hallan los entornos de cuerpos de agua (Loné, 2018).

2.5.1. El enfoque de la diversidad

La definición de diversidad menciona a la diversidad de familias que se encuentran presentes en un ambiente determinada, efecto de grupos de relación entre familias que componen un transcurso de acoplación mutua, escogimiento y desarrollo dentro de un marco histórico de diversificaciones ambientales (Magurran, 2004).

Los índices de diversidad son cálculos matemáticos la cual maneja los mecanismos de la distribución de la comunidad siendo cantidad, igualdad y riqueza, representando la contestación de una comunidad a la eficacia de su medio. Una comunidad originaria se especifica por poseer una elevada variedad de familias y un número menor de individuos por especie, o un número menor de familias y numerosos individuos de ellos. Una comunidad sufriendo la perturbación se determina por presentar un número menor de familias con un número mayor de organismos por familias. Este escenario igualmente se puede observar en el

ambiente ciertas ubicaciones profundos siendo los lagos y el mar, montañas de gran altura y temperatura extremas (Arce, 2006).

- **El índice de Shannon-Weaver**

De los índices desarrollados para calcular la calidad del agua, el más conocido es el de Shannon-Weaver, en la que este índice manifiesta la equivalencia: en tanto más semejante sea la distribución entre las familias que disponen la comunidad, mayor será el resultado (Smith y Smith, 2001).

Entre tanto Ñique (2010), nos da entender la medida para pronosticar la familia a la cual esta concierne a un organismo extraído aleatoriamente de la población. Para una cantidad de familias, el empleo poseerá un valor pequeño al estar todos los organismos estén dentro a una misma familia y un valor alto cuando todas las familias posean la cantidad igualitaria de organismos. Una de las características de Shannon-Weaver viene a ser su exposición a las alteraciones en la exuberancia de las familias únicas, por lo que es adaptable para la investigación en la conservación del ambiente.

Este índice tiene como origen en la teoría de la investigación al usar una escala logarítmica, cero (0) que es al haber una única familia y el máximo es $\log_2 S$ (S viene a ser la riqueza de especies), tomando el mayor valor cuando en su mayoría de las especies tienen el mismo n° de individuos. Además, que, puede pronosticar que familia puede corresponder a un individuo seleccionado al azar asumiendo que la mayoría de los individuos están manifestados en la muestra (Orellana, 2009).

Se calcula del siguiente modo:

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

Donde:

- S= Número de especies (riqueza de especies)
- N= Número total de individuos de todas las especies.
- Pi= Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (dando a entender la exuberancia relativa de la especie n_i/N)

2.5.2. El enfoque biótico

Están establecidos en la noción de organismos indicadores, dirigiéndose a algunos tipos de perturbación y/o áreas territoriales, permitiendo valorar el estado ambiental presente en los entornos de cuerpos de agua perjudicados por la perturbación. Por tal razón, se establece un valor al conjunto de organismos de la muestra en la situación del tipo de perturbación que logra resistir. Los individuos más resistentes alcanzan valores descendentes, en tanto que las especies más vulnerables alcanzan valores ascendentes, la totalidad de estos valores dan a conocer la calidad del entorno (Gil, 2014).

2.5.2.1. El Índice Biological Monitoring Working Party – Colombia (BMWP/Col)

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se originó en Inglaterra en el año 1970 a fin de ser un práctico y acelerado procedimiento de manejar macroinvertebrados como bioindicadores para determinar la calidad del agua. En este método requiere llegar hasta nivel de familia con los datos de presencia o ausencia. La resistencia de los diversos grupos a la perturbación orgánica, están en rangos de 1 y 10. Familias más vulnerables como Perlidae y Oligoneuriidae poseen calificación de 10, en tanto las familias más resistentes a la perturbación poseen calificación de 1 siendo Tubicidae. La sumatoria de las calificaciones de cuyas familias resultan en la calificación general de BMWP (Roldán, 2003).

El puntaje promedio por taxón ASPT (Average Store per Taxón), siendo el puntaje general para determinar el entorno, esta se determina particionando el puntaje general de BMWP con el n° de taxones capacitados en la muestra, expresando el promedio de puntuación de la calidad del entorno acuático que poseen las especies de macroinvertebrados encontrados en un determinado lugar. Los valores de ASPT varían entre 0 a 10, resultados menores se asocian al puntaje del BMWP, poseyendo condiciones de perturbación considerable. Los puntajes de las especies propios dan a conocer su resistencia a la perturbación con base en la comprensión de su exuberancia y colocación (Roldán, 2003).

En tanto, establecer el valor de discrepancia entre la disposición propia de una comunidad y entorno, pudiendo otorgar un valor al entorno acuático y su calidad. El modelo llamado RIPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) creado en

Inglaterra, conjuga a las comunidades de invertebrados que se localizan en una zona concluyente con las citadas en zonas no perturbados (Roldán, 2003).

Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos del índice BMWP/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullaridae, Dysticidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaleliidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveiidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Spharidae, Lymneidae, Hydrometridae, Noteridae, Dolichopdidae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: ROLDÁN, 2003.

Tabla 3. Clasificación de los entornos acuáticos y significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col y ASPT (modificado de Roldán, 2003, en Álvarez, 2006).

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor del ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150	>9-10	Aguas muy limpias	Azul
		101-120	>8-9	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	>6.5-8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	>4.5-6.5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	>3-4.5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Rojo

Fuente: Álvarez, 2006

2.5.2.2. El Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)

Está referida a la representación o desaparición de las órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera siendo agrupación biológica. Generalmente, las familias de estas acumulaciones de insectos son sensibles a la contaminación humana (Alonso y Camargo, 2005).

Fundamentalmente se trata de registrar el n° total de organismos de las órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, dividiéndolos con el n° total de organismos adquiridos, logrando un total con el que se conjuga en la tabla 4 (Carrera y Fierro, 2001).

Tabla 4. Clasificación de calidad de acuerdo al índice EPT.

CLASE	ÍNDICE EPT (%)	CALIDAD DE AGUA
1	75 – 100	Muy buena
2	50 – 75	Buena
3	25 – 50	Regular
4	0 – 25	Mala

Fuente: CARRERA y FIERRO, 2001.

2.6. Estándares nacionales de calidad de agua (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM)

Ministerio Nacional del Ambiente (2015) menciona que el estándar de calidad ambiental es legítimamente “la disposición que determina el nivel de agrupación de variables físicos, químicos y biológicos dadas en el aire, suelo o agua, en situación de cuerpo aceptadora, sin constituir un peligro considerable en el bienestar de los seres humanos y al ambiente”. El ECA viene a ser una unidad de medida que establece el empleo a proporcionar en un entorno acuático relacionado a la calidad que muestra sus bienes originarios o por el tributo perturbadora que puede estar exhibida. Los ECA en el entorno acuático están encaminados a conservar el medioambiente y el bienestar, estableciendo finalidades de calidad, debiendo ser completados por las diferentes actividades económicas de diversas partes, conteniendo medidas para establecer el uso que puede llevarse a cabo en un entorno acuático.

En el Perú, iniciando la Ley de Aguas (Decreto Ley N° 17752 - 1969) y la ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338 – 2009), indica que los ECA se establecen en función a las clases determinadas en proporción al uso que se le pueda dar al entorno acuático.

De acuerdo a la clase 4: Preservación del entorno acuático, se entiende como ciertos cuerpos originarios de entornos acuáticos continentales constituyendo entornos delicados, áreas originarias resguardadas y/o áreas de moderación, particularidades que necesitan preservarse (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Tabla 5. Estándares de calidad ambiental. Clase 4: conservación del ambiente acuático.

Parámetros	Unidad	E2: Ríos - Selva
FÍSICOS – QUÍMICOS		
Aceites y grasas	mg/L	5,0
Cianuro libre	mg/L	0,0052
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20(a)
Clorofila A	mg/L	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	10

Fenoles	mg/L	2,56
Fósforo total	mg/L	0,05
Nitratos (NO ₃ -)	mg/L	13
Amoniac Total (NH ₃)	mg/L	(1)
Nitrógeno Total	mg/L	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5
Potencia de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 400
Sulfuros	mg/L	0,002
Temperatura	°C	Δ 3
INORGÁNICOS		
Antimonio	mg/L	0,64
Arsénico	mg/L	0,15
Bario	mg/L	1
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025
Cobre	mg/L	0,1
Cromo VI	mg/L	0,011
Mercurio	mg/L	0,0001
Níquel	mg/L	0,052
Plomo	mg/L	0,0025
Selenio	mg/L	0,005
Talio	mg/L	0,0008
Zinc	mg/L	0,12
ORGÁNICOS		
<u>Compuestos Orgánicos Volátiles</u>		
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006
<u>BTEX</u>		
Benceno	mg/L	0,05
<u>Hidrocarburos Aromáticos</u>		
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014
------------------------------	------	----------

PLAGUICIDAS**Organofosforados**

Malatión	mg/L	0,0001
----------	------	--------

Paratión	mg/L	0,000013
----------	------	----------

Organoclorados

Aldrín	mg/L	0,000004
--------	------	----------

Clordano	mg/L	0,0000043
----------	------	-----------

DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001
----------------------------------	------	----------

Dieldrín	mg/L	0,000056
----------	------	----------

Endosulfán	mg/L	0,000056
------------	------	----------

Endrin	mg/L	0,000036
--------	------	----------

Heptacoloro	mg/L	0,0000038
-------------	------	-----------

Heptacoloro Epóxido	mg/L	0,0000038
---------------------	------	-----------

Lindano	mg/L	0,00095
---------	------	---------

Pentacolorofenol (PCP)	mg/L	0,001
------------------------	------	-------

Carbamato

Aldicarb	mg/L	0,001
----------	------	-------

MICROBIOLÓGICO

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2 000
----------------------------	------------	-------

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El presente estudio de investigación tiene como lugar la quebrada denominada Pérez de la microcuenca Santa Carmen, distrito de Mariano Dámaso Beraún, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la microcuenca Santa Carmen en las siguientes coordenadas.

Tabla 6. Coordenadas de las estaciones de muestreo de la microcuenca Santa Carmen.

Estaciones de muestreo	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM (WGS84)	
		Este (m)	Norte (m)
E1	678	392440	8966257
E2	688	392587	8965996
E3	692	392867	8965620
E4	717	393505	8965910
E5	794	393930	8966253

3.2. Aspectos generales y ecológicos

La microcuenca Santa Carmen está cubierto por los bosques montañosos lluviosos, presentando pendientes muy pronunciadas característicos de la ecorregión de la Selva Alta (The Nature Conservancy, 2006). La clasificación por zonas de vida, de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (1995), se describe como bosque muy húmedo premontano tropical (transicional al bosque muy húmedo tropical) (bmh-PT/T). Hidrográficamente se encuentra dentro de la cuenca del río Huallaga, con un clima variable, con una precipitación promedio anual que superan los

3100 mm. Las intensas lluvias se dan en los meses de septiembre y abril, alcanzando un máximo intenso durante el mes de enero siendo una precipitación de 451 mm, el mes que posee temperatura más alta se da en setiembre con un 30.3 °C y temperatura más inferiores durante el mes de julio siendo un 18.7 °C (SENAMHI, 2018). El clima del alto Huallaga está clasificado en sub-húmedo, la mezcla de bochorno y lluvias intensas resultan en relaciones de humedad relativa elevadas. La humedad relativa promedio se encuentra en 80 y 90% y la manera con que varían corresponden al ciclo de precipitaciones, en época de ausencia de lluvias, se tienen los más inferiores medias. Mientras que la humedad relativa mensual se encuentra en un promedio de 85.67% y su ritmo con el que varían está relacionado al ciclo de lluvias, es por esa razón que en época de lluvias se obtiene una elevada humedad (Sias, 2014).

3.2.1. Características de la microcuenca Santa Carmen

La cuenca hidrográfica es un sistema, unidad geográfica e hidrológica, desarrollada por un río importante y todos sus territorios agrupados entre el inicio del río y su término. (Campos, 1992) clasifica a las cuencas basado en su dimensión mediante lo siguiente:

Tabla 7. Clasificación de las cuencas.

Rangos de áreas (km ²)	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 – 250	Pequeña
250 – 500	Intermedia – pequeña
500 – 2500	Intermedia – grande
2500 – 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: CAMPOS, 1992.

En la tabla 7 se observan los valores de los parámetros morfométricos, donde se clasifica como una microcuenca. La microcuenca Santa Carmen presenta una forma casi redonda a oval-redonda, con una altitud promedio de 851 msnm., en donde se evidencia un rango entre los 680 y 1560 msnm. La microcuenca presenta una buena cobertura vegetal.

Tabla 8. Parámetros morfométricos de la microcuenca Santa Carmen.

Parámetro	Unidad	Valor
Área	Km ²	9.427
Perímetro	M	13038.05
Longitud del cauce	M	3053.7
Longitud	M	4412.9
Ancho	M	2799.2
Coefficiente de compacidad	Adimensional	1.19 (Casi redonda a oval-redonda)
Pendiente	%	40.46
Cota de nacimiento	msnm	1000

Población: las personas que habitan la microcuenca Santa Carmen lo componen en su mayoría procedentes de las zonas aledañas, y unos que otros por inmigrantes de origen andino, procedentes de Huánuco. Los centros poblados de Santa Carmen, Puente Pérez y La Perla lo componen en total por 216 familias (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017).

Actividades económicas: La microcuenca Santa Carmen presentan lugares turísticos como la alcantarilla y la catarata Santa Carmen, por lo que la afluencia de personas tanto locales como turistas nacionales es muy a menudo, especialmente en verano en donde la afluencia de personas es mayor.

Las personas que habitan en la cuenca presentan negocios como la venta de comidas típicas de la selva, venta de frutas, golosinas, panes, alquiler de cámaras, entre otros, como también recreos turísticos.

En la parte alta se puede apreciar cultivos de cacao, plátano y bijao la cuál vienen a ser su sustento de las personas que se dedican a la agricultura, cabe mencionar que también se presentan cultivos de coca, lo que también vendría a ser su fuente de ingreso.

3.3. Materiales y equipos

Para el presente trabajo de investigación, se utilizaron diferentes materiales y equipos tanto para campo como para laboratorio.

3.3.1. Materiales

Los materiales que fueron empleados son a continuación: Botas de jebe, recipientes de plástico y vidrio, cuaderno de campo, marcadores, pinzas entomológicas, alcohol al 70%, guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos, frascos pequeños (vías).

3.3.2. Equipos

Los equipos que fueron empleados son a continuación: Multiparámetro portátil, Estereoscopio, GPS Garmin, Laptop, celular, Oxímetro, Turbidímetro.

3.3.3. Reactivos

Los reactivos que fueron utilizados son a continuación: Caldo peptonada, caldo EC (E.coli), Test kit P/ fosfatos Test Kit Fosfato PO_4^{3-} (0 – 5 mg/l) 50 test (HANNA/HI 3833).

3.4. Tipo de investigación

El presente estudio de investigación es aplicado de nivel descriptivo, debido que describirá las características fisicoquímicos y biólogos de cada lugar de estudio.

3.4.1. Variables de estudio

Las variables de la investigación fueron independientes y dependientes:

3.4.1.1. Variables independientes

- Las propiedades fisicoquímicas del agua.

3.4.1.2. Variables dependientes

- Población de macroinvertebrados acuáticos

3.5. Metodología

3.5.1. Identificación de las zonas de tomas de muestra

En el presente trabajo de investigación se identificaron 5 estaciones de muestreo para los macroinvertebrados acuáticos designados en lugares donde se presentan actividad humana y en lugares en donde no la hay a lo largo de la quebrada Santa Carmen.

La estación 1 (E1), está ubicado aguas abajo del balneario la alcantarilla, dónde suelen concurrir personas locales como también turistas nacionales, en el margen derecho se encuentran ubicadas viviendas que descargan sus aguas residuales a la quebrada, por lo que esta zona presenta una actividad antrópica moderada.

La estación 2 (E2), está ubicado aguas arriba del balneario la alcantarilla y aguas abajo del centro poblado Santa Carmen, en donde la presencia de actividad humana es casi nula, tanto en el margen derecho e izquierda presentan vegetación.

La estación 3 (E3), está ubicado próximo al centro poblado Santa Carmen, en donde se recibe todas las descargar de las aguas servidas tanto de la población como de los recreos que se encuentran en el centro poblado.

La estación 4 (E4), está ubicado aguas arriba del centro poblado Santa Carmen, donde la concurrencia de personas es moderada, al margen izquierdo se encuentra el acceso hacia la catarata Santa Carmen, y en el margen derecho presenta vegetación.

La estación 5 (E5), se encuentra situado en la parte elevada de la cuenca, aguas arriba de la catarata Santa Carmen, en donde la concurrencia de personas es casi nula, en los márgenes derecho e izquierda está cubierto con vegetación.

3.5.2. Toma de muestras biológicas para su evaluación

3.5.2.1. Recolección de macroinvertebrados acuáticos

La recolección de macroinvertebrados acuáticos se llevó a cabo mediante las técnicas de colecta (Ministerio Nacional del Ambiente, 2014), en la que se utilizó la técnica de colecta de recolección manual, en la que consiste alzar rocas, piedras, ramas inmersas y troncos, cuyo ámbito se encuentran cuantiosos macroinvertebrados pegados. Estos macroinvertebrados son atrapados con pinzas entomológicas u otro componente blando para así no deteriorar las formas externas de los macroinvertebrados mediante la colecta. La muestra es guardada de manera cuidadosa en viales con alcohol al 70%. En cada punto de muestreo se demarcó un área aproximada de 15 m de largo, en la que el tiempo de muestreo fue de una hora y media, luego del muestreo se procedió al traslado del material biológico al laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.5.2.2. Reconocimiento de macroinvertebrados acuáticos

El reconocimiento de los macroinvertebrados acuáticos se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el Laboratorio de Entomología, siendo el encargado de este el Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio, extrayendo las muestras biológicas con ayuda de pinzas entomológicas, la cual poseen punta delgada utilizando un estereoscopio. También se utilizaron guías para la identificación de macroinvertebrados acuáticos, tales como: Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados manejados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico (Corrochano y Álvares, 2012), Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana (Pérez et al., 2016) y Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos de la región de Antioquía (Roldán, 1996).

3.5.2.3. Determinación de los índices biológicos de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos

- **Índice de Diversidad de Shannon-Weaver**

El índice de Diversidad de Shannon-Weaver se determinó usando el programa estadístico Microsoft Excel 2016 utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

- H' : Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (nats/ind)

- p_i : abundancia relativa
- \ln : logaritmo natural

- **Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party – Colombia)**

El indicador BMWP/Col establece las familias de las órdenes de macroinvertebrados en 10 grados con las calificaciones de 1 al 10, donde el 10 es el mayor número de aguante y 1 siendo el de menor aguante. Se determinó mediante la fórmula:

$$BMWP = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \dots$$

Siendo T el grado de aguante y el número correspondiente a la familia, teniendo como resultado total de todas las familias dando a conocer los grados de calidad de agua de acuerdo la tabla 3.

- **Puntaje promedio por taxón ASPT**

Valores de ASPT están en rangos de 0 y 10, manifestando la media de calidad del entorno acuático que poseen las familias de macroinvertebrados acuáticos. El ASPT se calculó dividiendo el BMWP con el número de familias de la siguiente manera:

$$ASPT = \frac{BMWP}{S}$$

Donde:

- BMWP: índice Biological Monitoring Working Party.
- S: número de familias.

- **Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)**

El índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), se determinó mediante el conteo del número total de las órdenes y dividirlos con el número total de individuos adquiridos mediante lo siguiente:

$$EPT = \frac{E + P + T}{N} * 100$$

Donde:

- E+P+T : sumatoria de las órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera.
- N : número total de individuos.

3.5.3. Caracterización fisicoquímica de las muestras de agua

El recojo de muestras se llevó a cabo en dos periodos de muestreo, junio y octubre, en 5 estaciones de muestreo, tomando en cuenta el método propuesto por el (ANA, 2016), en donde se manejaron envases de vidrio de 500 ml esterilizados y marcados. Luego de ubicar las estaciones de muestreo, se procedió a abrir el envase sumergiendo instantáneamente a 20 cm de profundidad. Las muestras colectadas se depositaron en un refrigerante (cooler), posteriormente estas muestras se llevaron al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.5.3.1. Medición de parámetros fisicoquímicos

La medición de las variables fisicoquímicos, algunos de ellos tales como: la conductividad eléctrica, pH y la temperatura fueron medidos en campo (in situ) utilizando el multiparámetro portátil ODEON de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), mientras que los parámetros fisicoquímicos restantes fueron determinados en el laboratorio, y el parámetro microbiológico se determinó mediante tubos de fermentación múltiple, también en el laboratorio.

Tabla 9. Medición de los parámetros del agua.

Variables	Medida	Metodología
Temperatura	°C	Las medidas de la temperatura, pH y conductividad eléctrica se ejecutaron in situ con el multiparámetro portátil ODEON SN-ODEOA-1025 del ANA.
pH	unidades pH	
Conductividad eléctrica	µS/cm	

Oxígeno disuelto	mg/l	Se determinó mediante el oxímetro HANNA modelo HI 9146.
DBO	mg/l	
Sólido totales disueltos	mg/l	Se realizó mediante el método N° 2540 (Greenberg et al., 1992), basándose en la técnica de diferencia de pesos sobre papel filtro.
Fosfato	mg/L	Se usó el kit de prueba de fosfatos mediante el reactivo HANNA HI 3874 (Greenberg et al., 1992)
Turbidez	NTU	Se realizó utilizando el turbidímetro HACH modelo TL2300.
Coliformes fecales	NMP/100ml	Se determinó mediante el método del número más probable (NMP).

3.5.4. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y la población de macroinvertebrados acuáticos.

La correlación se determinó mediante uso del software estadístico IBM SPSS STATISTICS v. 25. El factor de correlación de Pearson se halla tomando de las calificaciones logradas en una muestra de dos variables. Relaciona las calificaciones recopiladas de una variable con las puntuaciones logradas de la otra, con los mismos participantes (Hernández et al., 2014).

Niveles de cálculo de las variables: intervalos o razón.

Interpretación: el factor r de Pearson puede alternar de -1.00 a +1.00, donde:

-1.00 = Correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. O sea que, cada vez que X crece una unidad. Y reduce seguidamente una porción continua). También se emplea “a menor X, mayor Y”.

- 0.90 = Correlación negativa muy fuerte.
- 0.75 = Correlación negativa considerable.
- 0.50 = Correlación negativa media.
- 0.25 = Correlación negativa débil.
- 0.10 = Correlación negativa muy débil.
- 0.00 = No existencia de correlación alguna entre las variables.
- +0.10 = Correlación positiva muy débil.
- +0.25 = Correlación positiva débil.
- +0.50 = Correlación positiva media.
- +0.75 = Correlación positiva considerable.
- +0.90 = Correlación positiva muy fuerte.
- +1.00 = Correlación positiva perfecta (“A mayor X, mayor Y” o “a menor X, menor Y”, de forma directa. Siendo que X crece, Y incrementa continuamente una porción constante).

El signo da a entender la trayectoria de la correlación; y el valor numérico, la extensión de la correlación. Los importantes softwares computacionales de análisis estadístico revelan si el factor es o no demostrativo mediante lo siguiente:

$r = 0.7831$	(valor del factor)
$s \text{ o } P = 0.001$	(significancia)
$N = 625$	(N° de casos correlacionados)

Si $s \text{ o } P$ es inferior al valor de 0.05, el coeficiente es indicador en el nivel de 0.05 (95% de seguridad en que la correlación sea efectiva y 5% de posibilidad de inexactitud). Si es inferior a 0.01, el coeficiente es indicador al nivel de 0.01 (99% de seguridad de que la correlación sea efectiva y 1% de posibilidad de inexactitud).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades fisicoquímicas del agua en la microcuenca Santa Carmen

4.1.1. Temperatura (°C)

En la Figura 6 se aprecia los valores de la T° en ambos períodos, presentándose una disminución de la misma en el segundo período. El proceder de la temperatura es el resultado de la elevación sobre el nivel del mar y el período de toma de muestras, mostrando temperaturas un tanto más elevadas en el período de verano.

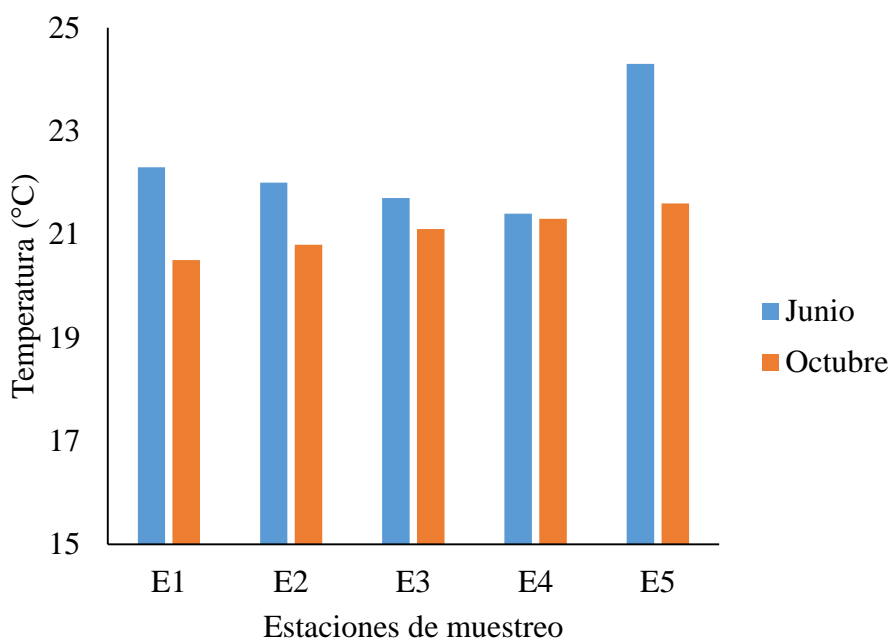


Figura 6. Temperatura por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

En la figura 6 muestra la temperatura del agua en la microcuenca Santa Carmen, indicándonos las pocas diferencias por estación de muestreo, pero si por período de muestreo, debido a que las situaciones climáticas hagan variar la temperatura del agua, siendo un elemento muy significativo para los macroinvertebrados debido a que ciertas familias son más vulnerables a ciertas alteraciones (Roldán, 2003). Ya que este parámetro se encuentra influenciada por variables como la nubosidad (pudiéndose relacionar con la precipitación) y la radiación solar (Rivera et al., 2013).

Gil (2014) en su investigación reporta no presentar grandes variaciones de temperatura, por a la no presencia de vertimientos industriales y la menor acción que consiga influir aquel parámetro de manera expresiva. Hawker (1980) y Roldán (1992) mencionan que la temperatura altera la eclosión de los huevos y población apresurando el desarrollo de los insectos aumentando la emergencia, siendo ciertos organismos resistentes a la variable. Custodio y Chanamé (2016) indican que la T° es uno de las variables que restringe la vida en los cuerpos de agua y es una de las constantes que tiene un papel importante en el desarrollo de los distintos fenómenos, debido que determina la predisposición de las variables físicas, la riqueza y partición de las familias de macroinvertebrados acuáticos. Martínez y Quitan (2014) indican que temperaturas superiores a los 25°C apresuran la biodegradabilidad, así mismo temperaturas bajas reducen el desarrollo de plantas acuáticas y la desintegración de las bacterias, haciendo que la exclusión del DBO en más lenta. Roldán (1992) resalta que entre los parámetros fisicoquímicos que están relacionadas con las bacterias, la temperatura juega un papel importante, ya que estas influyen en la propagación y supervivencia de los microorganismos.

La temperatura es un factor significativo en la capacidad del oxígeno para disolverse, ya que el oxígeno, al igual que todos los gases, posee diferentes disoluciones a diferentes temperaturas. Las aguas más frías poseen mayor capacidad de oxígeno disuelto que las aguas más cálidas (Sensores e Instrumentación GUEMISA S.L.). Las concentraciones de oxígeno disuelto varían de acuerdo a la temperatura, así que durante el día las concentraciones de oxígeno disuelto son elevadas y en la noche son menores. Las aguas más calientes diluyen mejor el oxígeno, siendo que, reducen las formas de vida que podrían habitar.

La temperatura altera la química del agua y las funciones de las especies acuáticas, influyendo de la siguiente manera: la cantidad de oxígeno que se puede diluir en el agua, el ritmo de fotosíntesis de las plantas acuáticas, el ritmo metabólico de los organismos, la vulnerabilidad de organismos a residuos tóxicos, parásitos y enfermedades, épocas de reproducción y migración de organismos acuáticos (Folleto informativo, 9 de julio 2022)

La actividad humana, como la eliminación del follaje a lo largo de una corriente o la descarga de agua caliente utilizada en los procesos industriales, pudiendo causar un incremento de la temperatura del agua a lo largo de un estrechamiento dado de la corriente. Resultando en una menor capacidad de la corriente para disolver el oxígeno (Sensores e Instrumentación GUEMISA S.L.).

4.1.2. Sólidos totales disueltos (mg/L)

En la figura 7 se puede apreciar los valores de sólidos totales en ambos períodos, presentándose en mayor concentración durante el segundo período.

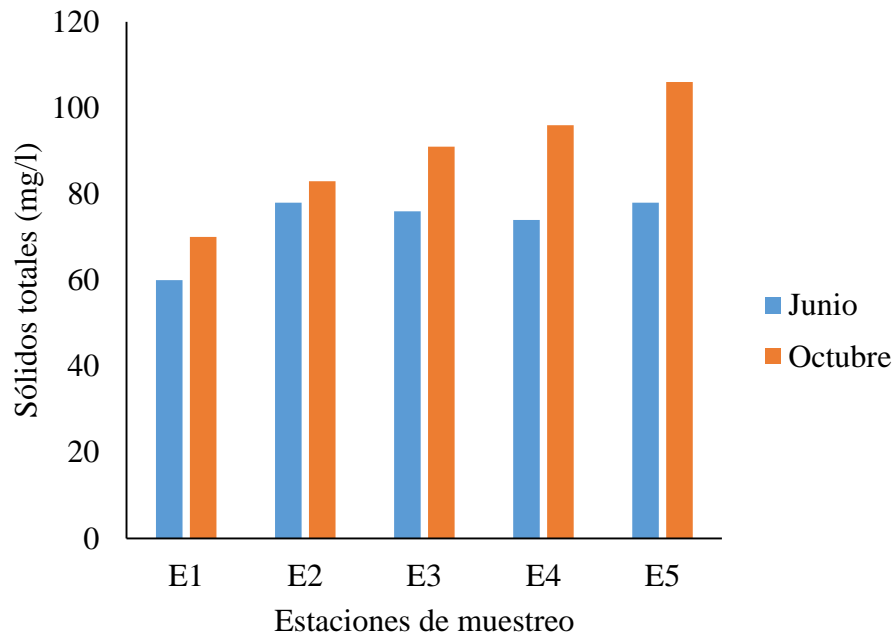


Figura 7. Sólidos totales por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

El parámetro sólido totales presentó una diferenciación entre las estaciones evaluadas observándose aumentos en el segundo período durante la época de lluvias. Las fuertes lluvias torrenciales en las cuencas producen un incremento en la densidad de sólido totales (Toro et al., 2002), debido a que en los meses de intensa precipitación originan erosiones sobre los terrenos arrastrando una diversidad de partículas aumentando la concentración de estos en el entorno acuático (Roldán y Ramírez, 2008).

El valor más elevado de sólidos totales se obtuvo en la estación E5 con un total de 108 mg/l durante el segundo período, en la que se encuentra influenciada por cultivos agrícolas tales como el cacao y el plátano, los procesos de erosión naturales se ven aumentados notoriamente por diferentes actividades humanas que causan la escases de cobertura en los suelos, provocando grandiosas cantidades de transporte de materiales por escorrentía superficial en los períodos de intensas lluvias (Toro et al., 2002), este resultado se puede corroborar con lo obtenido por Gil (2014) quién menciona obtener concentraciones altas de sólidos totales de 261.10 mg/l en estaciones influenciadas por cultivos agrícolas durante su investigación.

Cabe mencionar que las intensas lluvias traen consigo el arrastre de material parental, ya que los suelos proceden principalmente de las rocas (roca madre), cuya materia prima definen en gran parte el color, la composición, la textura y la distribución de los suelos. Sin embargo, un mismo tipo de roca da lugar a suelos con distintos rasgos, dependiendo las circunstancias del medio en el que se desarrolle (INTAGRI, 2017).

La composición mineralógica del material parental influye vigorosamente en los suelos, especialmente los situados en alturas superiores, debido a las situaciones imperantes de fuertes pendientes, rejuvenecimiento por erosión y bajo desarrollo (Ochoa et al., 2008). La importancia del clima y del material parental como elementos en el desarrollo del suelo es mencionado por varios autores (Torrent y Nettleton, 1979; Maher et al., 1994; Álvarez y Lavado, 1998). Para Shaw et al., (2001); Arocena y Sanborn (1999) los materiales parentales desempeñan una gran influencia sobre la pedogénesis de los suelos. Según Young y Hammer (2000) la inestabilidad espacial y temporal de las transformaciones geomorfológicas y pedológicas da principio a los diversos tipos de suelo.

El arrastre de material parental por agua se le denomina aluvio, originándose en entornos con pendientes muy empinadas. Suceden tras precipitaciones intensas y alargadas, la no firmeza del suelo, entre otros. Se lleva a cabo cuando el agua se amontona en el suelo, llegando en algunos casos a transportarse a gran velocidad, empujando materiales por varios kilómetros desde su origen. Un aluvio puede incrementar de tamaño a medida que va empujando elementos en el camino. Los efectos más significativos de los aluviones son: rotura del suelo, erosión sucesiva, sepultamiento de infraestructura, pérdida de vidas, derrumbes, represamiento y desarrollo de embalses en cauces fluviales con progreso de avalanchas de lodo y rocas. El acopio y arrastre de agua, pueden desencadenar inundaciones de diferente dimensión (Mendoza gobierno, 10 de julio 2022).

Ante lo descrito, las familias de macroinvertebrados acuáticos suelen hallarse expuestas ante crecidas que traigan consigo gran material de arrastre, que pueden transformar el entorno acuático. A pesar de que ciertas familias de las órdenes Megaloptera, Coleóptera, Trichoptera y Rhynchobdellida poseen adaptaciones ante crecidas en temporadas de lluvias tales como: ganchos en sus patas, cuerpos aplanados, ventosas y secreciones, y aquellos que no las poseen como ciertas familias de las órdenes Ephemeroptera, Odonata, Coleóptera, Dípteros y Hemípteros (Roldán y Ramírez, 2008), son perjudicados en conjunto.

4.1.3. Turbidez (NTU)

En la figura 8 se puede apreciar los valores de turbidez en ambos períodos, presentándose en mayor medida en el segundo período.

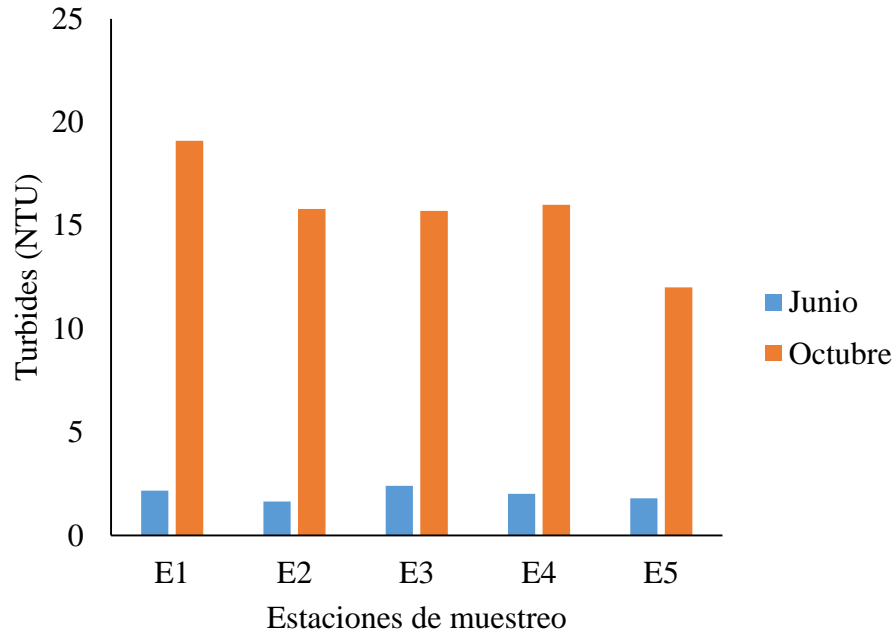


Figura 8. Turbidez por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

Los resultados que se muestran en la figura 8 durante el primer período (verano) se obtiene niveles bajos debido a la falta de profundidad del agua y materiales suspendidos. Caso contrario durante la época lluviosa, registrando un aumento en los valores de turbiedad, debiéndose al incremento de la escorrentía que arrastra consigo una cuantía de material que cambia a encontrarse en suspensión, en el que se contiene arena, limo, material orgánico, mientras que, en lluvias intensas, el aporte se ve aumentada y es importante debido a que el terreno próximo se produce una cuantiosa depresión (Muñoz, 2016). Así mismo hay un incremento de volumen en el agua y material suspendido, ya que los valores altos en la turbiedad estrechan relaciones con el elevado grado de erosión en las áreas circundantes (Sánchez et al., 2010).

Kirk (1985) hace mención que la turbiedad intercepta con el traspaso de la luz a través de este, por lo que la luz es enviada y no dada a través de la suspensión. La turbiedad que se origina en el entorno acuático por contribución de materiales de fuera se le considera alóctona

y la que es producida internamente se le denomina autóctona, por lo que, en los entornos de agua tropicales, principalmente ríos y embalses a alturas inferiores sobre el nivel del mar, vienen a ser muy oscuros dado el transporte de materiales, facilitado por la elevada lixiviación que se llevan a cabo en estos territorios.

Roldán y Ramírez (2008) por su parte indican que el papel más indispensable que lleva a cabo la turbidez en el cuerpo de agua está relacionado con el traspaso de la luz, ya que esta influye de manera directa con la elaboración primaria y la continua energía dentro del entorno. Cuyo principio de la turbiedad se basa en partículas de roca, arcilla y fango; plantas acuáticas y otras formas de vida; a nivel de actividad humana se origina a partir de residuos industriales y domésticos, erosión, microorganismos, etc.

4.1.4. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

En la figura 9 se puede apreciar los valores de conductividad eléctrica en ambos períodos, presentándose en mayor medida en el primer período.

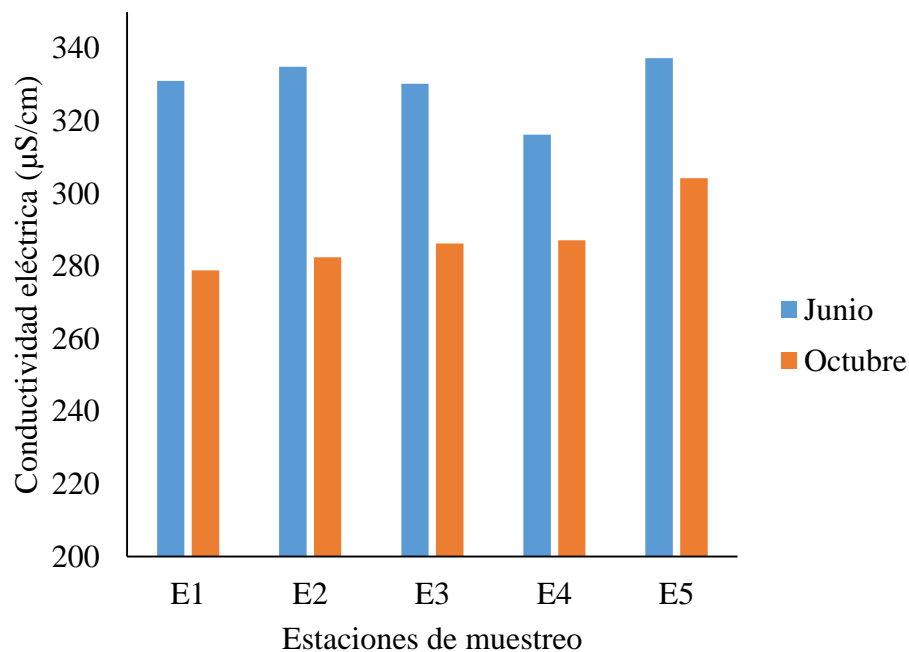


Figura 9. Conductividad eléctrica por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

Los elevados resultados de conductividad se mostraron en el primer período (verano), principalmente en la última estación, presentando el valor más elevado de $337.3 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esta

estación se encuentra influenciada por cultivos agrícolas, por lo que hubo presencia del ion fosfato, lo que podría indicar que el valor de la conductividad en esta estación se atribuye a la actividad agrícola. Moreau et al. (1998) indica que los cuerpos de agua trasladan una cantidad de material soluble y particulada que tiene como origen en los lixiviados y esorrentías de la cuenca que descargan, existiendo una correlación de las cargas de nitrógeno y fósforo total en los ríos con el uso de la tierra, principalmente con las prácticas de agricultura.

Las concentraciones de la conductividad eléctrica en ambos períodos se encuentran entre los 278.8 – 337.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Olías et al. (2005) mencionan que valores de conductividad eléctrica menores de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ presentan concentraciones de sales disueltas (estas se descomponen en iones cargados positivamente y negativamente) bajas. Roldán y Ramírez (2008) indican que aguas muy oligotróficas o pobres en iones, presentarán bajas conductividades. Esto se puede apreciar en las concentraciones de oxígeno disuelto y el DBO obtenidos en ambos períodos, ya que presentaron rangos de poseer calidad buena, muy buena y no contaminada, aptas para la mayoría de organismos acuáticos.

4.1.5. Oxígeno disuelto (mg/L)

En la figura 10 se puede apreciar las concentraciones de oxígeno disuelto en ambos períodos, presentándose en mayor concentración durante el segundo período.

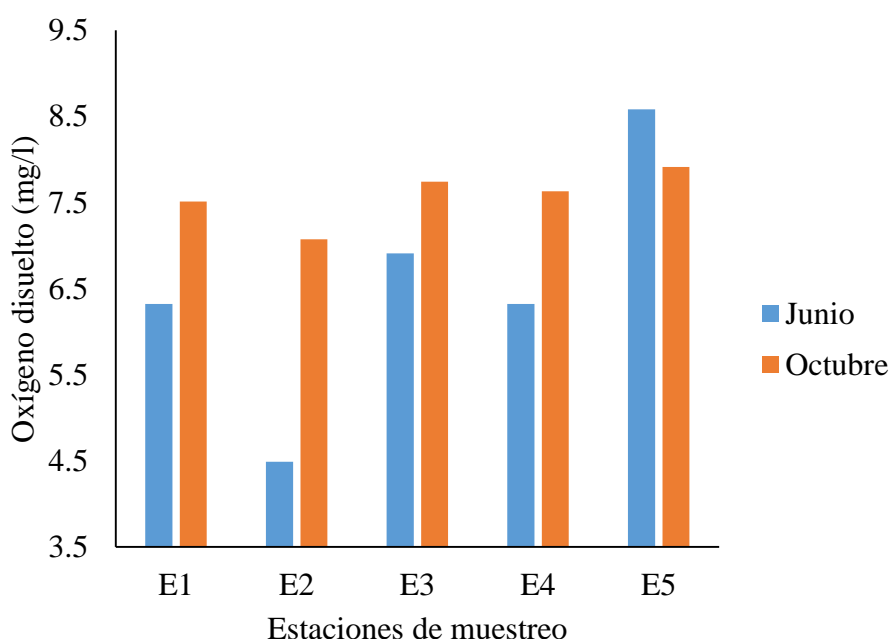


Figura 10. Oxígeno disuelto por estación en diferentes períodos (junio y octubre).

La concentración de oxígeno disuelto, se relaciona con la temperatura, presión atmosférica y salinidad del agua. Los valores de oxígeno disuelto son parecidos en todas las estaciones durante los dos períodos evaluados, los valores más elevados se registraron en la estación E5. Los datos encontrados de los valores de oxígeno disuelto, dan a conocer una buena situación, la no presencia de detención, muestran un buen desenvolvimiento de las especies dentro de la zona (Gil, 2014).

Los mayores valores de oxígeno disuelto se encontraron en las estaciones E1, E3 y E5 en ambos períodos, dichas estaciones presentaron un espejo de agua mayores que en las estaciones E2 y E4. Rivera et al. (2013) menciona haber obtenido en su investigación los mayores valores de oxígeno disuelto en la estación G (lugar con espejo de agua libre y menor actividad) debido quizá a que fue el lugar donde se encontró una mayor superficie libre de plantas flotantes. Este resultado coincide con el planteamiento de Metcalf y Eddy (1996), quienes mencionan que a mayor superficie de agua mayor es la concentración de oxígeno obtenido designado a los diversos métodos biológicos (fotosíntesis) y físicos (reaireación). Según Castro de Esparza (1987), los valores de oxígeno disuelto en aguas ricas en esta variable, como cualquier agua continental poco o no contaminada, este tipo de agua es capaz de conservar la vida acuática sin ponerle a condiciones de vulnerabilidad que trae consigo el deceso de muchas especies sensitivas, desde este punto de vista se puede confirmar que estas aguas se encuentran en condiciones de calidad buena, debido a que se observaron la presencia de vida acuática como peces y camarones.

Ciertas familias suelen habitar donde hay cascadas o cataratas en la que se encuentra un entorno de salpicadura en las rocas exhibidas que se mantiene mojada, con una comunidad de organismos adaptados a este tipo de entornos (Hanson et al., 2010). Ciertas familias de ácaros y tricópteros residen en cuerpos de agua dulce como arroyos, ríos y proximidades de cascadas (Pérez et al., 2010).

En los insectos el sistema respiratorio reside en una serie de espiráculos en el cuerpo, donde el aire ingresa de manera directa en un sistema de traqueolos que se extienden en todo el cuerpo. Muchos ácaros también poseen un sistema traqueal, pero este evolucionó de manera independiente al sistema de los insectos (Hanson et al., 2010).

En los insectos los espiráculos están abiertos para utilizar aire (directa o indirectamente) o bien pueden estar cerrados y verificar el intercambio de gases por la cutícula. Aquellas familias como Culicidae, Dysticidae e Hidrophilidae conservan contacto con la superficie del agua para obtener oxígeno directamente de la atmósfera. Familias como Naucoridae, Dryopidae y Elmidae, suelen llevar una provisión de aire en su cuerpo al estar sumergido, esta película de aire se desarrolla gracias a pelos cortos que resisten el agua. Familias como los Chironomidae y Ceratopogonidae, y en las etapas jóvenes de muchos insectos y ácaros, realizan la respiración cutánea (Hanson et al., 2010).

4.1.6. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

En la figura 11 se puede apreciar las concentraciones de DBO en ambos períodos, presentándose en mayor concentración durante el primer período.

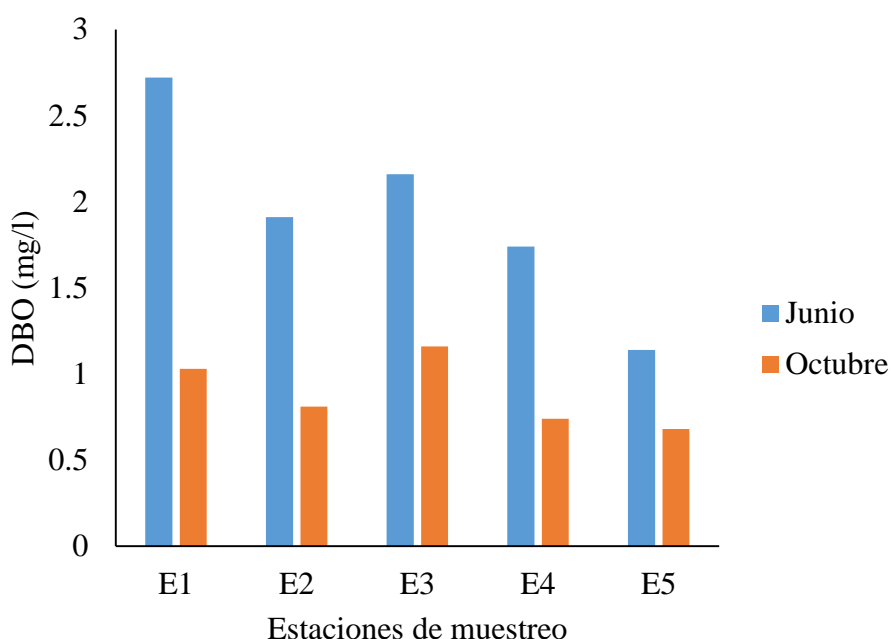


Figura 11. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

A lo largo de las estaciones de muestreo, los valores más elevados se hallaron en las estaciones habitadas, siendo que destacaron las estaciones E1 y E3 en ambos períodos de muestreo. En temporada de lluvias los valores decrecieron como se pudo obtener en todas las estaciones. Cuando los valores de DBO presentan valores elevados, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser inferiores, debido a que las bacterias hacen uso de ese oxígeno en valores

elevados (Sánchez et al., 2007). Sucede cuando el consumo de oxígeno por parte de las bacterias es elevado y hacen uso de ese oxígeno disuelto en el entorno acuático (Muñoz, 2016). Al no existir materia orgánica en el entorno acuático, decaerá numerosas bacterias disponibles para degradarla, por lo que la DBO disminuirá y el nivel de oxígeno disuelto será elevado (Stevens Institute of Technology, 2006). Entre tanto la materia orgánica y el DBO están estrechamente relacionadas, esto debido a que la materia orgánica desequilibra el entorno, en donde la respiración microbiana va causando un consumo de oxígeno disuelto en el entorno acuático, disminuyendo así especies que no son resistentes a esta variable (Hawker, 1980).

4.1.7. Fosfato (mg/L)

En la figura 12, se puede apreciar que los valores de fosfatos más altos se obtuvieron en el período de verano de las estaciones E3 y E5, con valores de 5 mg/l y 4 mg/l., mientras que los valores más bajos se presentaron en el período de lluvias (invierno)

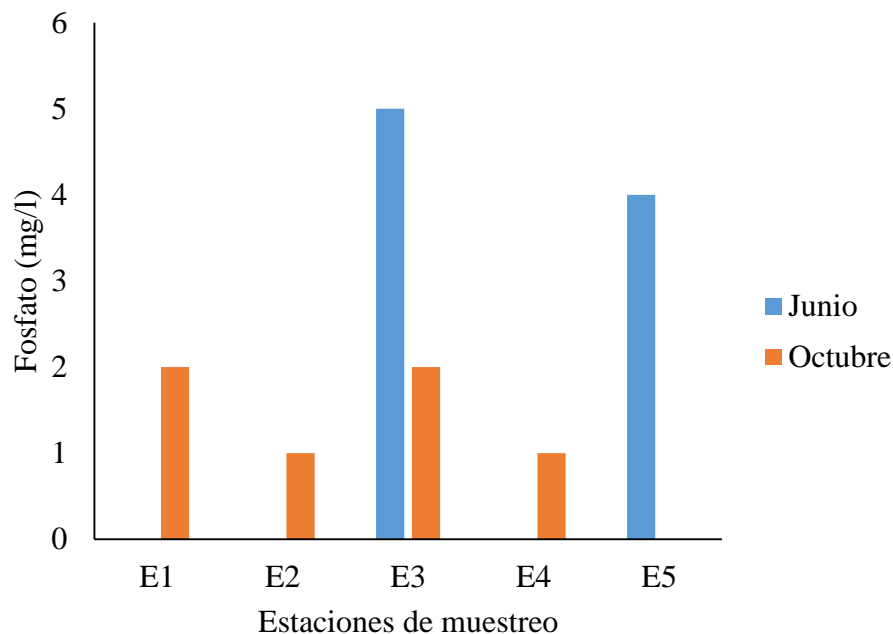


Figura 12. Concentraciones de fosfatos por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

La presencia de fosfatos en la estación E3 durante el primer período de muestreo (junio), se debe a que esta estación está próximo al caserío, en la que sus habitantes vierten sus aguas domésticas al cuerpo de agua, mientras que en la estación E5 la presencia de fosfatos se debe a que en la parte alta existen plantaciones dedicada a la agricultura, como cacao y plátano, este

resultado se puede corroborar con lo obtenido por Gil (2014) en su trabajo de investigación, quién menciona obtener un valor máximo en la estación E11, Puente Olaya, estación en la que viene siendo afectada por los cultivos de agricultura. Durante el segundo período muestreo (octubre) se puede apreciar en la figura 12 la presencia de fosfatos en las estaciones E1, E2, E3 y E4, que además de los derrames de aguas de origen doméstico y la utilización de fertilizantes en la actividad agrícola, el aporte de fósforo en los cuerpos de agua se da también por medio de la actividad de los macroinvertebrados bentónicos. Algunas formas de larvas excavadores, como ciertos efemerópteros y dípteros, remueven el sedimento del fondo y pueden arrastrar consigo cantidades de fósforo en su proceso de emergencia (Roldán y Ramírez, 2008). El fósforo viene a ser uno de los factores restrictivos en el aumento de biomasa generada por el entorno acuático, proveniente de los insumos químicos utilizados en la agricultura y los derrames de aguas residuales sin procedimiento, influyendo este nutriente de manera directa en el desarrollo de la eutrofización (Rivas et al., 2009), ya que las plantas acuáticas y el fitoplancton lo absorben en la forma de ortofosfato (Roldán y Ramírez, 2008).

4.1.8. pH

En la figura 13 se puede apreciar los valores de pH en ambos períodos, las cuales poseen valores similares.

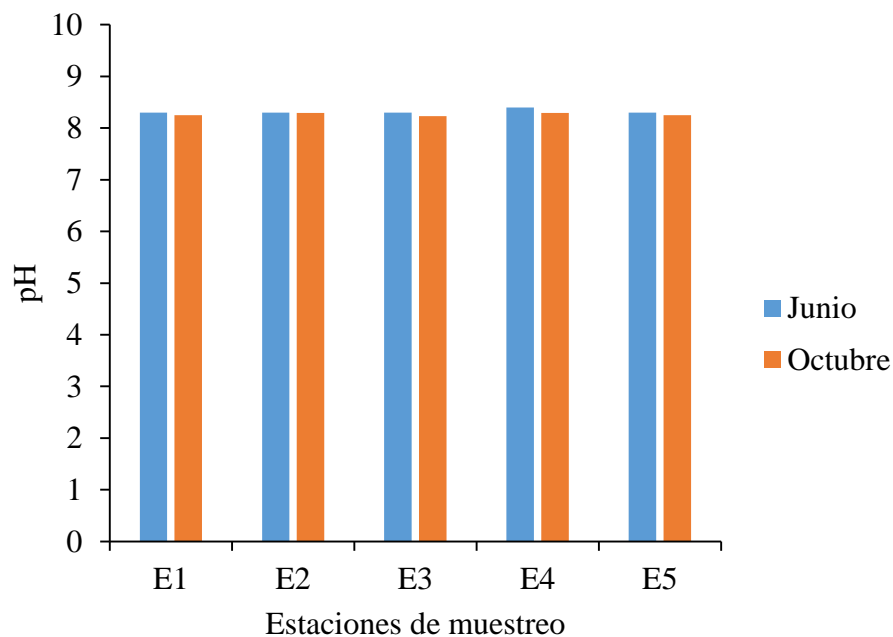


Figura 13. Concentraciones de pH por estación en diferentes períodos de muestreo (junio y octubre).

Los valores de pH son parecidos en todas las estaciones, mostrándose valores ligeramente más elevados en periodo de verano, dando así una medida de pH básico. Los valores de pH en las aguas residuales se hallan comprendidos en rangos de 7.0 y 8.0 unidades de pH (Henze et al., 2008), por lo que los valores obtenidos podrían no deberse a las actividades antropogénicas, sino más bien a la naturaleza geológica en la microcuenca. Ibáñez (2007) hace mención que valores de pH básicos, a menudo se manifiesta por la geología del área en investigación en la que presentan suelos de entorno calcáreo con pH superiores a 8. Cueva (2013) por su parte menciona rangos de pH de 7.3 – 8.4 presenta una dominación de suelos alcalino-calcáreos, precisamente la microcuenca está conformada por unidades estratigráficas como: formación Sarayaquillo, formación Chonta y el grupo Huayabamba, formaciones que presentan características calcáreas. El pH en el período de invierno presentó valores ligeramente menores que en el período de verano. (Gil, 2014) en su investigación reporta también haber presentado una disminución de modo no específica en épocas de precipitación, esto debido al fenómeno de dilución.

4.1.9. Coliformes fecales (NMP/100ml)

En la tabla 10, se puede observar los niveles de coliformes fecales en ambos períodos.

Tabla 10. Niveles de concentraciones de coliformes fecales.

Estaciones	Coliformes fecales (NMP/100ml)	
	Junio	Octubre
E1	0	0
E2	0	0
E3	4	0
E4	0	0
E5	0	0

La presencia de coliformes fecales se hizo presente solamente en la estación E3 durante el primer período (verano), mientras que en el segundo período no se halló nivel alguno de este parámetro. Vergaray et al. (2007) menciona haber obtenido valores elevados de contaminación microbiana de origen fecal en verano, donde posiblemente debido al aumento notorio de los

usuarios y de la población que viven en las zonas aledañas de la playa, trayendo como consecuencia una elevada población que defeca y mayor cantidad de desagüe doméstico que va a terminar en la zona de la playa. Forero (2017) indica que este parámetro microbiológico es fuertemente influenciado con el nivel de materia orgánica en los cuerpos de agua dulce, mayormente en las poblaciones alejadas en donde estos derramamientos se realizan de manera inmediata, incrementando los niveles de coliformes. Esto se puede ver reflejado con lo obtenido por Bullón (2016) en su investigación, en la que menciona la afectación por coliformes termotolerantes en los puntos de monitoreo, derivado por el progreso de actividades humanas en la cuenca, coincidiendo con zonas circundantes a áreas urbanas, recepcionando vertimientos de aguas residuales de origen domésticas, mineras, industriales, entre otros. Organización Mundial de la Salud (2006) y Campos (1999) mencionan que algunos géneros de coliformes son propios de aguas con desechos de residuos vegetales en desintegración, aguas ricas en nutrientes, suelos. Estas razones alegan al concepto de coliformes que no son de origen fecal, pero que se multiplican en el agua.

4.2. Identificación de los macroinvertebrados presentes en los lugares de estudio

4.2.1. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos

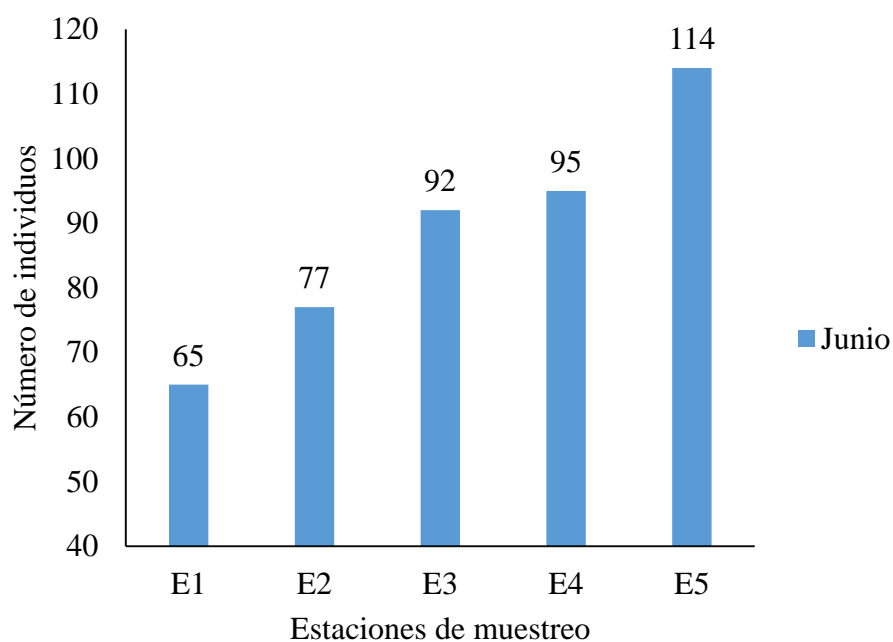


Figura 14. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (junio 2021).

En las etapas de muestreo se obtuvieron un total de 743 individuos, distribuidos en 5 clases, 12 órdenes y 37 familias de macroinvertebrados en la microcuenca Santa Carmen, siendo la más abundante en la estación E5 en ambos períodos de muestreo (junio y octubre 2021). Salcedo et al. (2013) comentan que la alteración en el sistema ya sea por atribuciones externas, las especies que se hallan en un momento dado, deben de acoplarse a dichos cambios o perecer por la no tolerancia; ya que conllevaría al desvanecimiento de ciertos grupos y al incremento de otros, debido a la depreciación de la competencia interespecífica referente a la depredación y comida, o por la mezcla de estos factores.

En la primera etapa se obtuvo una menor abundancia en la estación de muestreo E1 con 65 número de individuos, en el cual destaca la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera y la familia Calopterygidae del orden Odonata, encontrándose presentes en todo el tramo estudiado, a la vez se observa un elevado número de macroinvertebrados en la estación de muestreo E5, conformado en su gran mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera.

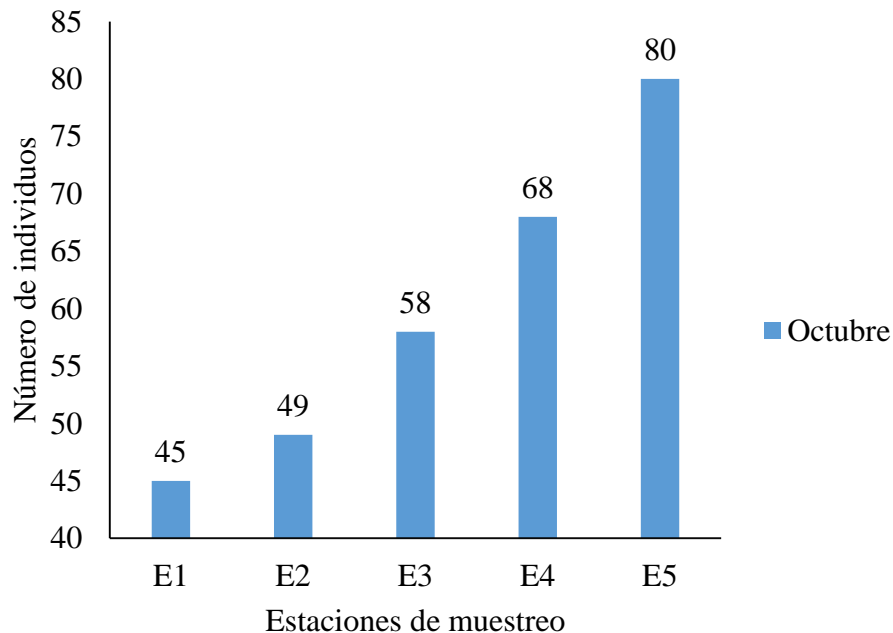


Figura 15. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (octubre 2021).

Durante la segunda etapa se obtuvo una menor abundancia en la estación de muestreo E1 con 45 número de individuos, compuesto en su gran mayoría por la familia Calopterygidae

del orden Odonata, quienes suelen frecuentar en las áreas con escasa velocidad de flujo de las corrientes fluviales, así mismo se aprecia un número elevado de individuos en la estación de muestreo E5, conformado en su gran mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera.

En cuanto a las órdenes obtenidas, resaltaron por su abundancia Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera. El orden con mayor relevancia durante el muestreo fue Ephemeroptera, taxa considerada como indicadores de buena calidad, como menciona Roldán (1996) los efemerópteros habitan por lo usual en entornos acuáticos claras y oxigenadas; siendo que ciertas familias suelen tolerar cierto nivel de perturbación. Generalmente, se considera indicadores de buena calidad de entornos acuáticos.

El orden Odonata y en especial la familia Calopterygidae, representante en su mayoría de este orden durante las etapas de muestreo, suelen habitar en cuerpos de aguas con poca corriente, con vegetación y que son indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán, 1996). Los odonatos son una orden de insectos que incluye las formas familiares como las libélulas y los caballitos del diablo, siendo de gran importancia ecológica, reflejando variaciones en la salud de los cuerpos de agua; por lo que vienen a ser herramienta apropiada en la estimación de la salud presente en los ambientes y pronosticar las variaciones a largo plazo. La disposición de larvas y adultos de ciertas familias de libélulas próximos a los cuerpos de agua es señal de un entorno acuático de calidad buena; al no haber presencia se da entender de que el medio está alterado, debido a que las larvas necesitan de buen oxígeno (Gil et al, 2007).

El orden Trichoptera y en especial la familia Calamoceratidae, representante en su mayoría de este orden durante las etapas de muestreo, se encontraron en su mayoría en casas construidas por ellos mismos, que están compuestos por material vegetal. Roldán (1996) indica que una de los tipos más atractivos de los tricópteros es su talento de fabricar cobijo de formas diferentes, frecuentemente característico de cada especie. Los cobijos portables les brindan protección y movimiento en búsqueda de oxígeno y suministros. La mayoría de los Trichopteros habitan en aguas con flujos de agua claras y oxigenadas, abajo de piedras, troncos y material vegetal; ciertas familias suelen vivir en entornos acuáticos detenidas y continuadas. En general, son buenos indicadores de aguas oligotróficas.

4.2.2. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos

La figura 16, muestra la abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos de la E1, E2, E3, E4 y E5 del mes de junio.

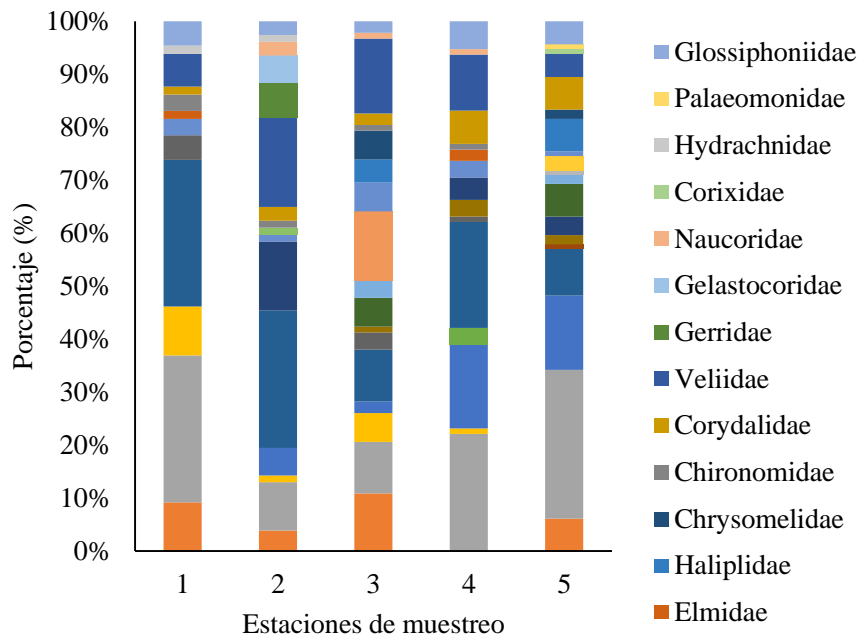


Figura 16. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia por estaciones de muestreo (junio, 2021).

La estación de muestreo E1 estuvo conformado en su mayoría por las familias Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera y por la familia Coelopterygidae del orden Odonata con el 27.70%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Elmidae, Corydalidae y Hydrachnidae con el 1.5%.

La estación de muestreo E2 estuvo conformado en su mayoría por la familia Calopterygidae del orden Odonata con un total del 26.0%, seguido por la familia Veliidae del orden Hemiptera con el 16.9%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Tricorythidae, Psephenidae, Dysticidae, Chironomidae y Hydrachnidae con el 1.3%.

La estación de muestreo E3 estuvo conformado en su mayoría por la familia Veliidae del orden Hemiptera con un total del 14.1%, seguido por la familia Helicopsychidae del orden Trichoptera con el 13.0%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Perlidae, Chironomidae y Naucoridae con un 1.1%.

La estación de muestreo E4 estuvo conformado en su mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera con un total de 22.1%, seguido por la familia Calopterygidae del orden Odonata con el 20.0%; posteriormente en su menoría lo conforma la familia Tricorythidae, Libellulidae, Chironomidae y Naucoridae con un 1.1%.

La estación de muestreo E5 estuvo conformado en su mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera con un total de 28.1%, seguido por la familia Euthyplocidae también del orden Ephemeroptera con el 14.0%; posteriormente en su menoría lo conforma las familias Megapodagrionidae, Leptoceridae, Psephenidae, Corixidae y Palaemonidae con el 0.9%.

La figura 17, muestra la abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos de la E1, E2, E3, E4 y E5 del mes de octubre.

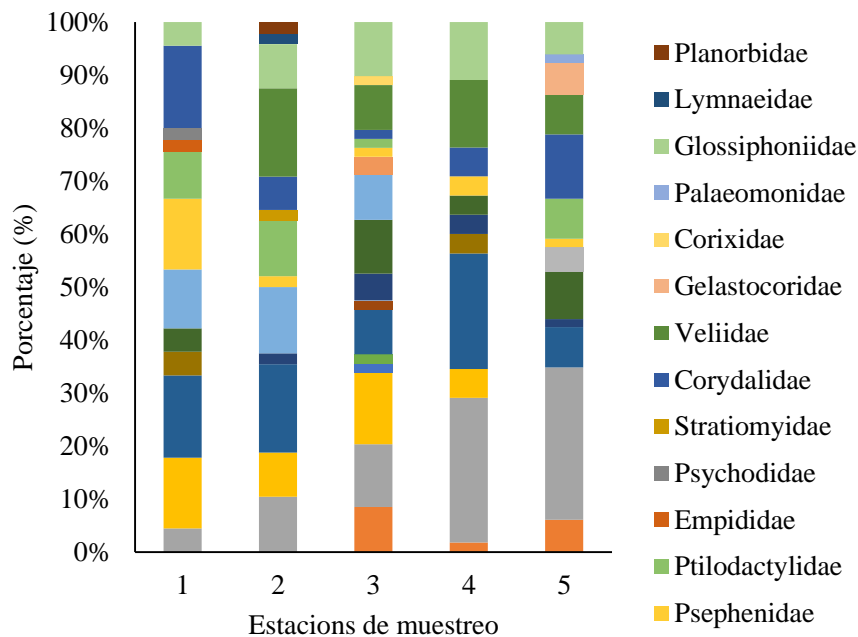


Figura 17. Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia por estaciones de muestreo (octubre, 2021).

La estación de muestreo E1 estuvo conformado en su mayoría por las familias Calopterygidae del orden Odonata y por la familia Corydalidae del orden Megaloptera con el 15.6%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Empididae y Psychodidae con un 2.2%.

La estación de muestreo E2 estuvo conformado en su mayoría por la familia Calopterygidae del orden Odonata y la familia Veliidae del orden Hemiptera con un total de 16.3%, seguido por la familia Hydropsychidae del orden Trichoptera con el 14.3%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Euthyplocidae, Stratiomyidae, Lymnaeidae y Planorbidae con un 2.0%.

La estación de muestreo E3 estuvo conformado en su mayoría por la familia Tricorythidae del orden Ephemeroptera con un total de 13.8%, seguido por la familia Leptophlebiidae también del orden Ephemeroptera con el 12.1%; posteriormente en su menoría lo conforman las familias Caenidae, Libellulidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Corydalidae y Corixidae con un 1.7%.

La estación de muestreo E4 estuvo conformado en su mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera con un total de 22.1%, seguido por la familia Euthyplocidae también del orden Ephemeroptera con el 19.1%; posteriormente en su menoría lo conforma la familia Baetidae con un 1.5%.

La estación de muestreo E5 estuvo conformado en su mayoría por la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera con un total de 23.8%, seguido por la familia Euthyplocidae también del orden Ephemeroptera con el 17.5%; posteriormente en su menoría lo conforma las familias Perlidae, Psephenidae y Palaeomonidae con un 1.3%.

Durante los períodos de muestreo tanto en junio como en octubre, la clase con mayor representación fue la clase Insecta con el 93.40% de la población, en la que el orden Ephemeroptera con 274 individuos la más representativa de su género. Flowers y De La Rosa (2010) menciona que el orden Ephemeroptera ha sido estimado por varios autores como uno de los órdenes más vulnerables a la perturbación del agua, al lado de Plecoptera y Trichoptera, siendo las familias Baetidae, Caenidae y Leptophyphidae, encontrándose resistencias amplias a la temperatura y, hasta cierto grado a la perturbación, como menciona Roldán (1996). Entre tanto Toro et al. (2003) indica que en estas investigaciones los insectos acuáticos la componen en un 70-90% de la fauna de macroinvertebrados de agua dulce, siendo el grupo más investigado en la determinación de la calidad del entorno acuático por muchos investigadores. La presencia de familias como: Baetidae, Calopterygidae, Hydropsychidae, Helicopsychidae y Chironomidae durante el primer período de muestreo, tuvieron un 7.5%, 18.4%, 5.8%, 13% y

1.6% del total respectivamente, en la que suelen encontrarse con altos valores de conductividad (Azrina et al., 2006); mientras que la familia Chironomidae, además de hallarse en valores de conductividad alto, suelen encontrarse en entornos con concentraciones de oxígeno bajos (Hahn et al., 2009), esto explica la ausencia de esta familia durante el segundo período de muestreo, en la que los niveles de oxígeno disuelto son mayores que en el primer período.

4.3. Diversidad de macroinvertebrados presentes en la microcuenca Santa Carmen

En la toma de muestras se recopilaron un total de 743 individuos a nivel de familia en los dos periodos estudiados entre junio y octubre del 2021 y cinco estaciones de muestreo a lo largo del cuerpo de agua; las cuales presentan 5 taxas a nivel de clase, 12 a nivel de orden y 37 a nivel de familia. El índice de Shannon-Weaver en el primer muestreo viene a ser de 2.33 y en el segundo muestreo de 2.32, teniendo así una diversidad moderada.

La figura 18, indica la diversidad de macroinvertebrados de la zona en estudio donde se halló valores de 2.01 y 2.63, siendo el valor más alto observado en la E3 teniendo una relación adecuada con su abundancia y su riqueza, así mismo se observa en la E1 que presenta una diversidad menor.

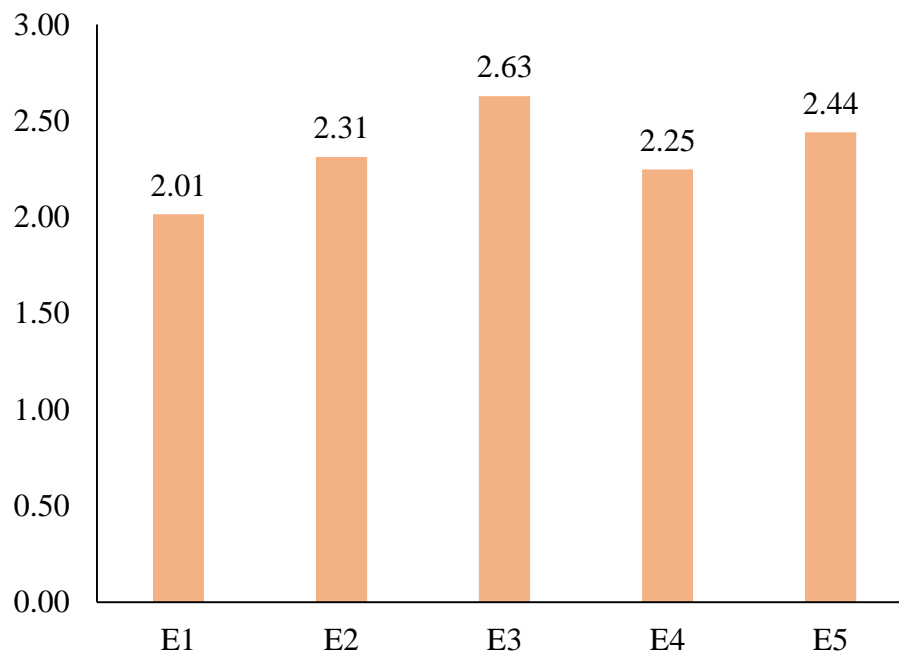


Figura 18. Índices de Shannon-Weaver en cada estación de muestreo (junio 2021).

La figura 19, muestra la diversidad de macroinvertebrados del área en estudio donde se encontró valores entre 2.16 y 2.45, siendo el valor más alto observado en la E3 teniendo una relación adecuada con su abundancia y su riqueza, así mismo se observa en la E1 que presenta una diversidad menor.

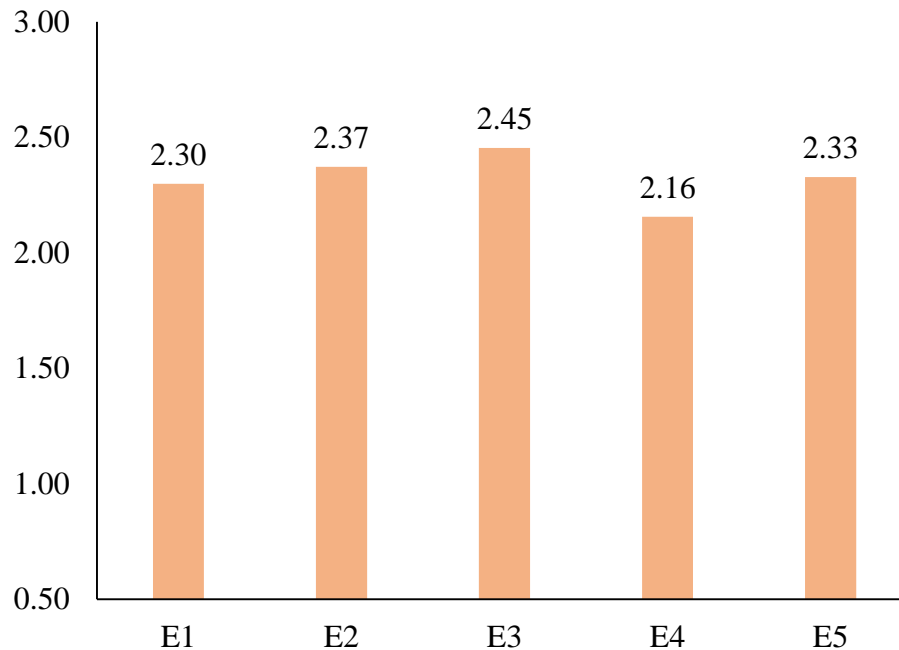


Figura 19. Índices de Shannon-Weaver en cada estación de muestreo (octubre 2021).

En las figuras 18 y 19 se pueden apreciar ciertas variaciones en las estaciones de muestreo durante la primera y segunda etapa, según Pimentel (2014), la diferenciación de los valores de diversidad de Shannon-Weaver posee una relación directa con la estacionalidad, en época húmeda los valores disminuyen gracias a las variaciones hidrológicas afectando la riqueza y exuberancia de ciertas familias, contrariamente en época seca las comunidades de macroinvertebrados tienden a instaurarse y desarrollar su exuberancia y riqueza.

En las estaciones de muestreo E1 y E2 de la primera etapa se puede apreciar que presentan valores menores que la estación E1 y E2 de la segunda etapa, esto debido a que en las estaciones E1 y E2 de la primera etapa presentan un alto número de individuos en determinadas familias, en tanto en las estaciones E1 y E2 de la segunda etapa todas las familias presentan valores similares.

Según Courtemanch (1996) nos indica que es posible recolectar un alto número de individuos sin acumular muchas especies, afectando la riqueza de taxones de una muestra,





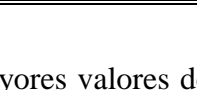
pudiendo corroborar con lo que indica Roldán (2003) manifestando que en una comunidad sin alteración se determina al mostrar una amplia variedad de especies y un menor número de individuos por especie; o un pequeño número de especies y diversos individuos de éstos. Una comunidad influenciada en la perturbación se define por presentar un pequeño número de especies con un mayor número de individuos por especie.

4.4. Índices biológicos en la microcuenca Santa Carmen

4.4.1. Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party-Colombia)

Con los datos obtenidos en la identificación de los macroinvertebrados acuáticos, se procedió al cálculo del índice BMWP/Col.

Tabla 11. Valores de BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio, 2021).

Estación de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad	Color
E1	64	II	ACEPTABLE	
E2	100	I	ACEPTABLE	
E3	116	I	BUENA	
E4	100	I	ACEPTABLE	
E5	139	I	BUENA	

En la tabla 11, las estaciones de muestreo E3 y E5 presentan los mayores valores del índice BMWP/Col con valores totales de 116 y 139 pertenecientes a aguas de calidad BUENA; mientras las estaciones de muestro E1, E2 y E4 presentan valores pertenecientes a aguas de calidad ACEPTABLE.

Tabla 12. Valores de BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre, 2021).

Estación de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad	Color
E1	79	II	ACEPTABLE	■
E2	72	II	ACEPTABLE	
E3	115	I	BUENA	■
E4	85	II	ACEPTABLE	■
E5	109	II	BUENA	■

En la tabla 12, las estaciones de muestreo E3 y E5 presenta el mayor valor del índice BMWP/Col con valores totales de 115 y 109 perteneciente a aguas de calidad BUENA; mientras los valores pertenecientes a las estaciones E1, E2 y E4 pertenecen a aguas de calidad ACEPTABLE.

En los resultados obtenidos con el índice BMWP/Col, indicaron una variación en la calidad del agua de BUENA (aguas muy limpias a limpias) y ACEPTABLE (aguas ligeramente contaminadas), como se observa en las tablas 11 y 12, familias como Leptophlebiidae, Tricorythidae, Calopterygidae, Hydropsychidae y Corydalidae, son indicadores de aguas claras y ligeramente perturbadas, como menciona (Roldán, 1996).

Estas variaciones no indicaron limitaciones para el establecimiento de los macroinvertebrados, ya que no muestran algún deterioro en las condiciones ecológicas, según Gil (2014) indica que pueden ser asociados a la etapa hidrológico en la que se llevó a cabo el muestreo, siendo caudales fuertes producido por las precipitaciones al producir condiciones de angustia y desgaste de organismos manifestadas en la composición de la comunidad.

En todas las estaciones de muestreo se encontraron la presencia de familias con puntuaciones máximas de 10. Salcedo et al. (2013) afirman que la presencia de estas familias muestra que las aguas de esta zona de muestreo son muy claras; además, al mostrar una gran variedad de macroinvertebrados con puntuaciones elevadas, indica su alta calidad biológica y su capacidad de alojar una variedad de fauna acuática.

4.4.2. Índice ASPT (Average Store per Taxón)

Determinado el índice BMWP se procedió al cálculo del índice ASPT. Los mayores índices ASPT calculado para el mes de junio se presentaron en las estaciones de muestreo E4 y E5 con valores de 6.7 y 7.3, estando clasificadas como agua de Clase II, teniendo como calidad de agua ACEPTABLE, así mismo lo valores pertenecientes a las estaciones de muestreo E1, E2 y E3 fueron clasificadas como aguas de calidad DUDOSA.

Tabla 13. Valores de ASPT en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio 2021).

Estación de muestreo	ASPT	Clase	Calidad	Color
E1	5.3	III	DUDOSA	Yellow
E2	6.3	III	DUDOSA	
E3	6.4	III	DUDOSA	
E4	6.7	II	ACEPTABLE	Green
E5	7.3	II	ACEPTABLE	

Los valores del índice ASPT calculado para el mes de octubre se presentaron en todas las estaciones de muestreo aguas clasificadas como Clase II, teniendo como calidad de agua ACEPTABLE.

Tabla 14. Valores de ASPT en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre 2021).

Estación de muestreo	ASPT	Clase	Calidad	Color
E1	6.6	II	ACEPTABLE	Green
E2	6.6	II	ACEPTABLE	
E3	7.2	II	ACEPTABLE	
E4	7.1	II	ACEPTABLE	
E5	7.8	II	ACEPTABLE	

Como se puede apreciar en los resultados tanto en el índice BMWP/Col y el índice ASPT presentan ciertas diferencias. Esta diferencia se da principalmente porque si bien los valores del índice ASPT depende de los resultados del índice BMWP/Col, ya que este índice se le considera como un índice más riguroso debido a que no solo se basa en la presencia/ausencia de las familias de macroinvertebrados, sino que también evalúa la cantidad de familias que se encuentran (Daza y Mora, 2016).

Cabe mencionar que el índice BMWP/Col, no incluye a las familias Tricorythidae e Hydrachnidae que se encontraron durante el muestreo, por lo que el índice ASPT tiene a su favor incluir en su cálculo la riqueza de familias. Tal es caso en la investigación realizada por (Ayala et al., 2019), en la que empleó los índices BMWP/Col, ASPT e IBF presentándose el percance de que algunas familias reportadas a lo largo del río no presentan algún puntaje asignado para el cálculo de los índices. Para el índice BMWP/Col no incluyen a la familia Lumbricullidae, mientras que, en el IBF, exceptúa a la familia Glossiphoniidae. El IBF no reveló un patrón preciso que manifieste la calidad del agua con claridad, obtándose por los índices BMWP/Col y el ASPT, presentándose resultados parejos indicando una mejor predisposición para indicar la calidad el agua.

4.4.3. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Con los resultados obtenidos en la caracterización de los macroinvertebrados acuáticos, se procedió al cálculo del índice EPT.

Tabla 15. Valores de EPT en las estaciones de muestreo durante la primera etapa (junio, 2021).

Estación de muestreo	EPT (%)	Clase	Calidad de agua
E1	46.15	2	REGULAR
E2	32.47	3	REGULAR
E3	51.09	2	BUENA
E4	49.47	2	REGULAR
E5	64.91	2	BUENA

En la tabla 15, las estaciones de muestreos E3 y E5 presentan los mayores valores del índice EPT con valores totales de 51.09% y 64.91% pertenecientes a aguas de calidad BUENA; mientras los valores pertenecientes a las estaciones E1, E2 y E4 pertenecen a aguas de calidad REGULAR.

Tabla 16. Valores de EPT en las estaciones de muestreo durante la segunda etapa (octubre, 2021).

Estación de muestreo	EPT (%)	Clase	Calidad de agua
E1	33.33	2	REGULAR
E2	34.69	3	REGULAR
E3	63.79	2	BUENA
E4	52.94	2	BUENA
E5	58.75	2	BUENA

En la tabla 16, las estaciones de muestreos E3, E4 y E5 presentan los mayores valores del índice EPT con valores totales de 63.79%, 52.94% y 58.75% pertenecientes a aguas de calidad BUENA; mientras los valores pertenecientes a las estaciones E1 y E2 pertenecen a aguas de calidad REGULAR.

En los resultados obtenidos se puede apreciar la mejora de calidad de agua de REGULAR a BUENA en ciertas estaciones tanto en la primera como en la segunda etapa, López et al. (2019) menciona que el restablecimiento en la calidad del agua es influenciado por un incremento del oxígeno, beneficiando la prosperidad de familias como Ephemeroptera y Trichoptera. Sierra (2011) por su parte, menciona que el oxígeno disuelto es una variable fundamental debido a que su concentración establece las especies que, conforme a su resistencia y rango de acoplarse, pueden perdurar en un determinado entorno acuático.

Asimismo, Arango et al. (2008); menciona que se emplean estos 3 órdenes de insectos siendo indicadores de buena calidad de agua por su elevada vulnerabilidad a la perturbación. En consecuencia, los resultados elevados dan a entender aguas oxigenadas y limpias.

4.5. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y la población de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca Santa Carmen

Tabla 17. Correlaciones durante el primer periodo (junio 2021).

Variables (X)	Estadístico	Variables (Y)					
		Individuos	Familias	Shannon	BMWP/Col	ASPT	EPT
Temperatura	R	0,544	0,454	0,115	0,539	0,468	0,660
	p-valor	0,343	0,442	0,854	0,349	0,427	0,225
	N	5	5	5	5	5	5
OD (mg/l)	R	0,738	0,496	0,343	0,583	0,519	0,994**
	p-valor	0,155	0,396	0,572	0,302	0,370	0,001
	N	5	5	5	5	5	5
DBO (mg/l)	R	-0,903*	-0,770	-0,477	-0,878*	-0,971**	-0,525
	p-valor	0,036	0,127	0,417	0,050	0,006	0,364
	N	5	5	5	5	5	5
Sólidos totales (mg/l)	R	0,627	0,873	0,733	0,843	0,780	0,091
	p-valor	0,258	0,053	0,159	0,073	0,120	0,884
	N	5	5	5	5	5	5
Fosfato (mg/l)	Rho	0,447	0,783	0,894*	0,803	0,447	0,783
	p-valor	0,450	0,118	0,041	0,102	0,450	0,118
	N	5	5	5	5	5	5
Nivel de pH	Rho	0,354	-0,354	-0,354	-0,181	0,354	0,000
	p-valor	0,559	0,559	0,559	0,770	0,559	1,000
	N	5	5	5	5	5	5
Coliformes fecales (NMP/100ml)	Rho	0,000	0,354	0,707	0,363	0,000	0,354
	p-valor	1,000	0,559	0,182	0,548	1,000	0,559
	N	5	5	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	R	-0,150	-0,145	0,187	-0,226	-0,369	-0,225
	p-valor	0,809	0,816	0,763	0,714	0,542	0,716
	N	5	5	5	5	5	5
Conductividad (μ S/cm)	R	0,028	0,357	0,213	0,282	0,035	0,069
	p-valor	0,964	0,555	0,731	0,646	0,955	0,913
	N	5	5	5	5	5	5

r: Coeficiente de correlación de Pearson; Rho: Coeficiente de correlación de Spearman; n: número de repeticiones; *: correlación significativa al 95%; **: Correlación significativa al 99%.

En la tabla 17 se puede apreciar que la variable oxígeno disuelto tiene una correlación positiva con el índice EPT, esto viene a ser significativo debido a que el índice es trabajado para medir grados de perturbación orgánica (Pimentel, 2014). El nivel en la concentración de oxígeno disuelto posee un efecto evidente en los macroinvertebrados siendo las órdenes Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera, dichas órdenes suelen habitar en aguas con corrientes mansas y un tanto correntosas, con niveles de oxígeno disuelto (Jacobsen et al, 2003; Roldán, 1996).

La variable DBO se encuentra relacionada de manera negativa con el número de individuos, el índice BMWP/Col y el índice ASPT, cuando los niveles de DBO presentan valores elevados, los grados de oxígeno disuelto serán menores, debido a que las bacterias están haciendo uso de ese oxígeno en grandes cantidades (Sánchez et al., 2007). Esto se da ya que el consumo de oxígeno por parte de las bacterias es elevado y consumen el oxígeno disuelto en el agua (Muñoz, 2016). La ausencia de materia orgánica en el agua, no habría muchas bacterias para descomponerla y la DBO tendrá a disminuir, mientras que el nivel de OD aumentará (Stevens Institute of Technology, 2006).

La variable fósforo presenta una relación positiva con el índice de Shannon. Familias como Hydropsichidae y Baetidae, se encuentran relacionadas directamente proporcional con la variable fósforo, como lo demuestra en un estudio realizado por Medina (2018) quien menciona haber obtenido en sus resultados dicha relación. Por su parte Gil (2014) afirma haber obtenido en su investigación el establecimiento y distribución de la comunidad de invertebrados acuáticos concernientes con los nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos). Una de las maneras en que se aportan nutrientes al cuerpo de agua se da por el aporte fluvial, ya que los ríos desplazan una carga de material soluble y particulada que derivan de los lixiviados y flujos de agua de la cuenca que conducen. La presencia de una fuerte correlación entre los niveles de nitrógeno y fósforo en corrientes con uso de tierra, principalmente con las prácticas de agricultura (Moreau et al., 1998). Ciertas familias del orden Ephemeroptera y Trichoptera son omnívoros alimentándose tanto de materia viva (fitoplancton y zooplancton) como también de materia muerta (Hanson et al., 2010). Para el buen desarrollo de las especies fitoplanctónicas es importante un suministro de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (como silicio, hierro, etc.); sabiéndose que organismos como las bacterias y planctónicos son significativos en el restablecimiento de nutrientes (Riley y Chester, 1971).

Tabla 18. Correlaciones durante el segundo periodo (octubre 2021)

Variables (X)	Estadístico	Variables (Y)					
		Individuos	Familias	Shannon	BMWP/Col	ASPT	EPT
Temperatura	R	0,979**	0,251	-0,165	0,593	0,929**	0,808
	p-valor	0,004	0,683	0,790	0,291	0,022	0,098
	N	5	5	5	5	5	5
OD (mg/l)	R	0,738	0,162	-0,064	0,511	0,848	0,801
	p-valor	0,155	0,794	0,918	0,379	0,068	0,104
	N	5	5	5	5	5	5
DBO (mg/l)	R	-0,617	0,403	0,584	0,158	-0,373	0,026
	p-valor	0,267	0,501	0,301	0,799	0,536	0,967
	N	5	5	5	5	5	5
Sólidos totales (mg/l)	R	0,958*	0,312	-0,108	0,629	0,910*	0,800
	p-valor	0,010	0,609	0,862	0,255	0,032	0,104
	N	5	5	5	5	5	5
Fosfato (mg/l)	R	-0,775	0,071	0,281	-0,213	-0,636	-0,221
	p-valor	0,124	0,909	0,647	0,731	0,249	0,721
	N	5	5	5	5	5	5
Nivel de pH	R	-0,052	-0,535	-0,618	-0,591	-0,367	-0,462
	p-valor	0,934	0,353	0,267	0,294	0,544	0,433
	N	5	5	5	5	5	5
Coliformes fecales (NMP/100ml)	R	-	-	-	-	-	-
	p-valor	-	-	-	-	-	-
	N	5	5	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	R	-0,861	-0,437	-0,133	-0,704	-0,865	-0,637
	p-valor	0,061	0,462	0,831	0,184	0,059	0,247
	N	5	5	5	5	5	5
Conductividad (μ S/cm)	R	0,932*	0,246	-0,013	0,604	0,951*	0,644
	p-valor	0,021	0,690	0,984	0,281	0,013	0,240
	N	5	5	5	5	5	5

r: Coeficiente de correlación de Pearson; Rho: Coeficiente de correlación de Spearman; n: número de repeticiones; *: correlación significativa al 95%; **: Correlación significativa al 99%.

En la tabla 18 se puede apreciar que las variables temperatura, sólidos totales y conductividad presentan una relación positiva con el número de individuos y el índice ASPT, indicando una relación directamente proporcional.

La familia Chironomidae se encuentran presentes en altas concentraciones de conductividad, en donde hay una mayor abundancia de la familia, concordando con la designación dada a la familia siendo tolerantes a niveles altos de contaminación. También hace mención que la familia Gerridae se encuentra relacionada directamente proporcional con los niveles de pH. Mientras la familia Helicopsychidae se encuentran en altos niveles de oxígeno y de conductividad, ubicándolo como indicadora de aguas oligomesotróficas (Hahn et al., 2009; Roldán, 1996). La familia Baetidae se encuentra influenciada de forma directamente proporcional con las variables pH y temperatura, siendo estos indicadores de aguas limpias, pudiendo tolerar cierto grado de contaminación orgánica (Gil, 2014; Roldán, 1996). Familias como Calopterygidae, Psephenidae, Helicopsychidae y Leptoceridae se encuentran relacionadas positivamente con la variable temperatura, caso contrario sucede con la variable Turbidez, presentando una relación inversamente proporcional, siendo estas consideradas colonizadoras de aguas poco corrientosas, siendo indicadoras de agua oligotróficas a oligomesotróficas, indicando niveles de oxígeno alto y temperaturas medias (Medina, 2018; Roldán, 1996), mientras que las familias Hydropsychidae, Baetidae y Euthyplociidae presentan una relación positiva con la variable sólidos totales, dichas familias habitan en aguas con corrientes rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida, son indicadores de aguas limpias y ligeramente contaminadas (Medina, 2018; Roldán, 1996). Algunas de las familias de macroinvertebrados que predominan dependiendo de los sólidos disueltos son: Atanotica, Chironomidae, Glosiphoniidae, Hydropsichidae, Perlidae y Veliidae, son organismos indicadores de buena calidad del agua (OlarTE y González, 2018).

V. CONCLUSIONES

- Las propiedades fisicoquímicas que se determinaron fueron la temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DBO, sólidos totales disueltos, fosfatos, turbidez y coliformes fecales, las cuales presentaron variaciones en ambos periodos de muestreo.
- Los macroinvertebrados presentes en el lugar de estudio fueron en su mayoría la clase insecta, seguida de las clases hirudinea, malacostraca, arachnoidea y gastropoda, en total se obtuvieron 743 individuos, distribuidos en 5 clases, 12 órdenes y 37 familias de macroinvertebrados.
- El índice de Shannon – Weaver variaron entre 2.01 y 2.63 presentando una diversidad moderada en ambos períodos de muestreo.
- El índice BMWP/Col durante los dos periodos de muestreo indicaron calidad del agua que varía entre BUENA y ACEPTABLE, mientras que el índice ASPT, varía entre ACEPTABLE y DUDOSA, así mismo el índice EPT varía entre calidad BUENA y REGULAR en ambos periodos de muestreo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Se propone que para estudios que incluya el uso del índice BMWP/Col, utilizar conjuntamente el índice ASPT para incluir a las familias que excluye el índice BMWP/Col.
- El monitoreo de la calidad del agua de la microcuenca para el bienestar de las personas que frecuentan el balneario la alcantarilla y la catara Santa Carmen, así mismo para las personas que habitan en ella.
- Estudios similares para entender mejor el comportamiento de estos organismos frente a los cambios que puedan ocurrir en la microcuenca.
- Incentivar el uso de macroinvertebrados acuáticos a fin de aplicar índices biológicos que determinan la calidad del agua, para así no solamente requerir de los parámetros fisicoquímicos.
- Para próximos estudios, implementar más evaluaciones en diferentes periodos y mayores estaciones de muestreo para un mejor detalle de la investigación.

VII. REFERENCIAS

- Alonso, A. and Camargo, J. (2005). Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 20:2, 311 – 320 p. <https://doi.org/10.1080/02705060.2005.9664971>
- Álvarez, R. and Lavado, R.S. (1998). Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. *Geoderma*. 83: 127 – 141 p.
- Álvarez, S.M. y Pérez, L. (2007). Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras (Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero e Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente con el Grado Académico de Licenciatura, Universidad Tecnológica Centroamericana). <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/524>
- ANA (Autoridad Nacional del Agua). (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de los Recursos hídricos superficiales. Lima, Perú. 19 – 24 p.
- Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O. & Monsalve, A. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y Risaralda, San Luis, Antioquía, Colombia. *Rev. EIA*. n° 9. 121 – 141 p.
- Arce, O. (2006). Indicadores biológicos de calidad del agua. Tesis de Posgrado. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Cochabamba, Bolivia. 21 p.
- Arocena, J.M. and Sanborn, P. (1999). Mineralogy and genesis of selected soils and their implications for forest management in central and northeastern British Columbia. *Canadian journal of soil science*. 79: 571 – 792 p.
- Ayala, C. y Vera, G. (2020). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su relación con los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Luca, Cajamarca, 2018 – 2019* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23847>

- Ayala, S., Reinoso, W., Calderón, D., Jaramillo, A. & Mes, D. (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados acuáticos bentónicos. Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5191>
- Azrina, M.Z., Yap, C.K., Rahim Ismael A., Ismael, A. & Tan, S.G. (2006). Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicol Environ Saf*, 64(3): 337 – 347 p.
- Beisel, J.N., Ussegio – Polatera, P. & Moretau, J.C. (2000). The spatial heterogeneity of a river bottom: a key factor determining macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia*, Vol. 422. 163 – 171 p.
- Bisson, P.A., Nielsen, J.L., Palmason, R.A., & Grove, L.E., (1982). A system of naming hábitat types in small stream, with examples of hábitat utilization by salmonids during low streamflow. In NB Armoantrout, ed. Acquisition and utilization of aquatic hábitat inventory information. Bethesda, MD: American Fisheries Society, Western Division. 62 – 73 p.
- Bullón, V. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462>
- Campos, M.C. (1999). Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola (Tesis doctoral, Facultad de biología, Universidad de Barcelona). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=238374>
- Campos, D. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, México. 2 – 5 p.
- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua. Quito, Ecuador. 42 – 43 p.

- Castro de Esparza, M. (1987). Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Lima. Perú.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. London. 626 p.
- Corrochano, A. y Álvarez, R. (2012). ID-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. España. 33 – 175 p.
- Courtemanch, D. (1996). Commentary on the sampling procedures used for rapid bioassessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 15, 381 – 385 p.
- Cueva, A. (2013). Texto universitario: exigencias de suelos y clima del cultivo de cacao. Tarapoto, Perú. 16 p.
- Cummins, K.W. and Lauff, G.H. (1969). The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobents. *Hydrología*. Vol. 34. 145 – 181 p.
- Custodio, M. y Chanamé, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1): 33 – 44 p.
- Dajoz, R. y Leiva, M.J. (2003). *Tratado de ecología*. Madrid: Mundi-prensa.
- Daza, F. y Mora, C. (2016). *Evaluación de la calidad de agua de la quebrada el Salitre, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para la gestión integral del recurso hídrico* [Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Santo Tomás]. Repositorio UST. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2899>
- Elosegui, A. y Sabater, S. (2009). Otros factores físicos de importancia para los seres vivos: luz, temperatura, corriente. In: *Conceptos técnicos en ecología fluvial*. Ed. por Elosegui. España. 133 – 140 p.

- Figuerola, R., Valdovinos, C., Araya, E. & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist., Concepción*. 275 – 285 p. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Flowers, R. y De La Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. Universidad de Costa Rica. San pedro de Montes de Oca, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (Suppl. 4). 63 – 93 p. <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967004.pdf>
- Folleto informativo. (9 julio 2022). *Temperatura*. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf
- Forero, J. (2017). *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la Cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)* [Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ecólogo, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34419>
- Fraume, N.J. (2007). *Diccionario ambiental*. Bogotá: Ecoe Ed.
- Gil, J. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa* [Tesis Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales]. Repositorio RIDUM. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/1803>
- Gil, Z., Bustillo, A., Gómez, N., García, P. & Zuluaga, Y. (2007). Las libélulas y su rol en el ecosistema de la zona cafetera. *Cenicafe*, 357. 1 – 8 p.
- Goneyola, G. (2007). (20 de diciembre del 2021). Guía para la utilización de las valijas viajeras. Red de monitoreo ambiental participativo de sistemas acuáticos – Red Mapsa. <https://docplayer.es/16508760-Red-de-monitoreo-ambiental-participativo-de-sistemas-acuaticos-red-mapsa.html>
- Greenberg, A., Trussell, R. & Clesceri, L. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid, España. 245 y 667 p.

- GWW (Global Water Watch). (2005). Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Aruburn, AL. 39 p.
- Hahn, C., Toro, D., Grajales, A., Duque, G. & Serna, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. Boletín científico. *Museo de historia natural*. 13 (2). 89 – 105 p.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf>
- Hanson, P., Springer, M. & Ramirez, A., (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. 3 – 37 p.
- Hawker, H. (1980). Invertebrates as indicators of river water quality. En A. James, & L. Evinson, *Biological Indicators of water quality*. New York. 234 p.
- Henze, Mogens, Marck C.M.van Loosdrecht, & George A.Ekma. (2008). *Biological wastewater treatment: principles, modeling, and design*. Intl water assn.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL. Sexta ed. México. 304-305 p.
- Hildrew, A. (1996). Whole river ecology: spatial scale and heterogeneity in the ecology of running Waters. *Archiv für Hydrobiologie*. Vol. 113. 25 – 43 p.
- Ibáñez, J. (2007). (06 de enero del 2022). pH del suelo.
<http://www.madridmasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Tomo 3. 1005 – 1006 p.
- INTAGRI. (2017). Los factores de formación del suelo. Serie suelos. Núm. 27. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Jacobsen, D., Rostgard, S. & Vásconez, J. (2003). Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency?. *Freshwater Biology* 48: 2025 – 2032 p.

- Kirk, J. (1985). "Effect of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems". *Hydrobiología*, 125: 195 – 208 p.
- Loné, P. (2018). (28 de diciembre del 2021). Indicadores de la calidad del agua. <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone>
- López, S., Huertas, D., Jaramillo, A., Calderón, D. & Días, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. *Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte*, ISSN 0122-3461, Vol. 37, N°. 2. 269 – 288 p.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltda. Malden, MA, USA. 257 p.
- Maher, B.A., Thompson, R. & Zhou, L.P. (1994). Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian paleomonsoon: a new magnetic approach. *Earth planetary sci. lett.* 125: 461 – 471 p.
- Martínez, C. y Quitan, F. (2014). (10 de enero del 2022). Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algal en las lagunas de estabilización. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0080.pdf>
- Medina, Y. (2018). *Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos e índices biológicos en la microcuenca Tres de Mayo de parque nacional Tingo María* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Mendoza gobierno. (10 de julio del 2022). Planificación e infraestructura. Cómo tenemos que actuar antes, durante y después de un aluvión en Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar/infraestructura/aluvion-mendoza/#:~:text=C%C3%B3mo%20pueden%20ser%20los%20aluviones,zonas%20con%20pendientes%20muy%20empinadas.>

- Metcalf, A. y Eddy, J. (1996). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Tomo I. McGraw-Hill/Interamericana S.A. México D.F. 200 p.
- Mccabe, D. and Gotelli, N. (2000). Effect of disturbance frequency, intensity, and area on assemblages of stream macroinvertebrates. *Oecologia*. Vol. 124. 270 – 279 p.
- Minchola, G. (2021). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua del río Negro – Aguaytía* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1980>
- MINAM (Ministerio Nacional del Ambiente). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 39 p.
- MINAM (Ministerio Nacional del Ambiente). (4 de abril del 2022). MINAM aprobó estándares de calidad ambiental para agua. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/#:~:text=El%20Est%C3%A1ndar%20de%20Calidad%20Ambienta,l%20salud%20de%20las%20personas>
- MINAM (Ministerio Nacional del Ambiente). (4 de abril del 2022). Decreto supremo (004-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Minshall, G. (1984). Chapter 12. Aquatic insect-substratum relationships. En: Resh, V.H. & Rosenberg, D.M (ed). *Ecology of aquatic insects*, 1era ed. Praeger, New York. 358 – 400 p.
- Mitchell, M., Stapp, W. & Bixby, K. (1991). *Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo*. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200 p.

- Moreau, S., Bertru, G. & Buson, C. (1998). Seasonal and spatial trends of nitrogen and phosphorus loads to the upper catchment of the river Vilaine (Brittany): relationship with land use. *Hydrobiología*, 373/374: 247 – 258 p.
- Muñoz, C. (2016). *Caracterización fisicoquímica de las aguas del río Grande Celendín – Cajamarca* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1755>
- Ñique, M. (2010). Biodiversidad: Clasificación y cuantificación. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 10 – 12 p.
- Ochoa, G., Malagón, D. & Oballos, J. (2008). Influencia del material parental y del bioclima en la pedogénesis de la cuena media y alta del río Motatán. Mérida-Trujillo. Venezuela. *Agronomía trop.* 58(2): 125 – 140 p.
- Olarte, A. y Gonzáles, D. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Universidad Libre. Revista dinámica ambiental. N° 2. Bogotá, Colombia. 21 p.
- Olías, M., Cerón, J.C. & Fernández, I. (2005). Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). Universidad de Huelva. Huelva, España. 111 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2006). Guías para la calidad del agua potable: incluye el primer apéndice. Vol 1: Recomendaciones. Tercera edición.
- Orellana, J. (2009). Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta (Tesis para la obtención del título de técnico forestal. Universidad Mayor de San Simón). <https://silo.tips/download/universidad-mayor-de-san-simon-5>
- Ortiz, W. (2012). Distribución Espacio-Temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochirí, Lima. Perú. 13 – 14 p.

- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Front, M., Zamora, E., Córdova, A & Acosta, K. (2016). Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana. 1 ed. Orellana. Quito, Ecuador. 9 – 10 p.
- Pimentel, H. (2014). *Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando Macroinvertebrados Bentónicos en ríos Altoandinos-Camisea 2009-2012* [Tesis para obtener el título de Biólogo, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1906>
- Príncipe, R. (2008). Taxonomic and size structures of aquatic macroinvertebrate assemblages in different habitats of tropical streams, Costa Rica. *Zoological Studies*, Vol. 48, n° 5. 525 – 534 p.
- Príncipe, R. and Corigliano, M. (2006). Benthic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a lowland river: temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia*, Vol. 553. 303 – 317 p.
- Resh, V., Brown, A., Covich, A., Gurtz, M., Li, H., Minshall, G., Reice, S., Sheldon, A., Wallace, B. & Wissmar, R., (1988). The role of disturbance in stream ecology. *Journal of North America Benthological Society*, Vol. 7. 433 – 455 p.
- Riley, P. and Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. Academic Press. London and New York. xiv. 465 p.
- Rivas, Z., Sánchez, J., Troncone, F., Márquez, R., Ledo de Medina, H, Colina., M. & Gutiérrez, E. (2009). Nitrógeno y Fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia*, 34 (5). 308 – 314 p.
- Rivera, J., Pinilla, G. & Rangel, J. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 398 – 408 p.
- Robinson, C. y Minshall, G. (1986). Effects of disturbance frequency on stream benthic community structure in relation to canopy cover and season. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 5. 237 – 248 p.

- Rodríguez, Muñoz, A., Bonada, I., Gaudes, A. & Tomonova, S. (2009). La biota de los ríos: los invertebrados. Conceptos y técnicas en ecología. 23 p.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Colección ciencia y tecnología Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia. Vol. 1. 128 p.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Universidad de Antioquía. Bogotá, Colombia. 20 – 217 p.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 170 p.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de la limnología neotropical, Colombia. 2 ed. Edit. Universidad de Antioquia, Antioquía. Bogotá, Colombia. 528 p.
- Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, USA. 488 p.
- Salcedo, S., Artica, L. & Andrea, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. Universidad Continental. Perú. *Apun. cienc. soc.*, 03(02). 124 – 139 p.
- Samboni, N. (2007). (15 de diciembre 2021). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Sánchez, R., Cornejo, A., Boyero, L. & Santos, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Capira, Panamá. *Tecnociencia* 12(2): 57 – 70 p.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. & Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. México. 124 p. https://books.google.com.pe/books?id=uWlrkIx-r3oC&printsec=frontcover&dq=isbn:968817856X&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=demanda%20bioqu%C3%ADmica&f=false

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (28 de febrero 2022). Información del tiempo y el clima. Servicio nacional de meteorología e hidrología. <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0025>
- Sensores e Instrumentos GUEMISA S.L. (9 de julio 2022). Oxígeno disuelto. https://guemisa.com/articulos/que%20es%20oxigeno_disuelto.pdf
- Severiche, C., Castillo, M. y Acevedo, R. (2013). Manual de método analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos del agua. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Cartagena de Indias, Colombia. 101 p. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Shaw, J.N., West, L.T. & Hajek, .B.F. (2001). Ca-Mg ratios for evaluating pedogenesis in the piedmont province of the southeastern United States of America. *Canadian journal of soil science*. 81: 415 – 421 p.
- Sias, (2014). *Evaluación de la calidad del agua mediante índice de Oregon en el sistema de abastecimiento de la quebrada cocheros*. (Informe de práctica pre profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva). https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP%20final.pdf
- Sierra, C. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín, Colombia. 457 p.
- Silveira, M.P., Buss, D.F., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. (2006). Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal of Biology*, Vol. 66, n° 2B. 623 – 632 p.
- Smith, R. y Smith, T. (2001). Ecología. 4 ed. Madrid, España, Adisson Wesley. 642 p.
- Sousa, W.P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematic*. Vol. 15. 353 – 365 p.

- Statzner, B., Hoppenhaus, K., Arens, M. & Richoux, P. (1997). Reproductive traits, habitat use and templet theory: a synthesis of world – wide data on aquatic insects. *Freshwater Biology*. Vol. 38. 100 – 135 p.
- Stevens Institute of Technology. (2006). (02 enero 2022). Demanda Biológica de Oxígeno. <http://www.k12science.org>
- The Nature Conservancy. (2006). Planificación para conservación ecorregional de las Yungas peruanas: conservando la diversidad natural de la selva alta del Perú. Informe final. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 13 p.
- Toro, M., Vivas, S., Bonada, N., Alba, J., Guerrero, C., Moya, G. & Álvarez, M. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. Asociación Española de Limnología, Madrid. España. 69 y 74 p.
- Toro, J., Korosawa, J., Contreras, M. & Araya, E. (2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). Universidad de Chile. Centro de Ecología Aplicada. (CEA). Ñuñoa. Santiago, Chile. 4 p.
- Torrent, J. and. Nettleton, W.D. 1979. A simple textural index for assessing chemical weathering in soils. *Soil science society of America journal*. 43: 373 – 377 p.
- Vergaray, G., Méndez, C., Morante, H., Heredia, V. & Béjar, V. (2007). *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. Vol. 10, N° 20. 82-86. UNMSM. Lima, Perú. 84 p.
- Young, F.J. and Hammer, R.H. (2000). Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. *Soil. Science society journal*. 64: 989 – 998 p.

ANEXOS

Anexo A. Tablas

Apéndice 1. Composición taxonómica e índices ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 19. Macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (junio 2021).

Phylum	Clase	Orden/Familia	JUNIO				
			E1	E2	E3	E4	E5
		EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	6	3	10	0	7
		Leptophlebiidae	18	7	9	21	32
		Tricorythidae	6	1	5	1	0
		Euthyplociidae	0	4	2	15	16
		Caeniade	0	0	0	3	0
		ODONATA					
		Calopterygidae	18	20	9	19	10
		Libellulidae	3	0	3	1	0
		Megapodagrionidae	0	0	0	0	1
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA					
		Perlidae			1	3	2
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	0	10	0	4	4
		Hydropsychidae	0	0	5	0	7
		Hydrobiosidae	0	0	3	0	2
		Helicopsychidae	0	0	12	0	0
		Leptoceridae	0	0	0	0	1
		Glossosomatidae	0	0	0	0	3
		COLEOPTERA					
		Psephenidae	2	1	5	3	1
		Dysticidae	0	1	0	0	0

		Elmidae	1	0	0	2	0
		Haliplidae	0	0	4	0	7
		Chrysomelidae	0	0	5	0	2
		DIPTERA					
		Chironomidae	2	1	1	1	0
		MEGALOPTERA					
		Corydalidae	1	2	2	6	7
		HEMIPTERA					
		Veliidae	4	13	13	10	5
		Gerridae	0	5	0	0	0
		Gelastocoridae	0	4	0	0	0
		Naucoridae	0	2	1	1	0
		Corixidae	0	0	0	0	1
	ARACHNOIDEA	ACARI					
		Hydrachnidae	1	1	0	0	0
	MALACOSTRACA	DECAPODA					
		Palaeomonidae	0	0	0	0	1
ANNELIDA	HIRUDINEA	RHYNCHOBDELLIDA					
		Glossiphoniidae	3	2	2	5	5

Tabla 20. Macroinvertebrados acuáticos por estación de muestreo (octubre 2021).

Phylum	Clase	Orden/Familia	OCTUBRE				
			E1	E2	E3	E4	E5
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	0	0	5	1	4
		Leptophlebiidae	2	5	7	15	19
		Tricorythidae	6	4	8	3	
		Euthyplociidae	0	1	0	13	14
		Caeniade	0	0	1	0	0
		ODONATA					
		Calopterygidae	7	8	5	12	5
		Libellulidae	0	0	1	0	0
		Megapodagrionidae	2	0	0	2	0
		PLECOPTERA					
		Perlidae	0	1	3	2	1
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	2	0	6	2	6
		Hydropsychidae	5	6	5	0	0
		Helicopsychidae	0	0	2	0	0
		Glossosomatidae	0	0	0	0	3
		COLEOPTERA					
		Psephenidae	6	1	1	2	1
		Ptilodactylidae	4	5	1	0	5
		DIPTERA					
		Empididae	1	0	0	0	0
		Psychodidae	1	0	0	0	0
Stratiomyidae	0	1	0	0	0		

		MEGALOPTERA					
		Corydalidae	7	3	1	3	8
		HEMIPTERA					
		Veliidae	0	8	5	7	5
		Gelastocoridae	0	0	0	0	4
		Corixidae	0	0	1	0	0
	MALACOSTRACA	DECAPODA					
		Palaeomonidae	0	0	0	0	1
		RHYNCHOBDELLIDA					
ANNELIDA	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	2	4	6	6	4
		BASOMMATOPHORA					
MOLUSCA	GASTROPODA	Lymnaeidae	0	1	0	0	0
		Planorbidae	0	1	0	0	0

Apendice 2. Índices ecológicos de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 21. Índices ecológicos por estación de muestreo (junio).

	E1	E2	E3	E4	E5
N° de individuos	65	77	92	95	114
Taxa (N° de familias)	12	16	18	15	19
Shannon (bits/ind)	2.01	2.31	2.63	2.25	2.44
Promedio			2.33		

Tabla 22. Índices ecológicos por estación de muestreo (octubre).

	E1	E2	E3	E4	E5
N° de individuos	45	49	58	68	80
Taxa (N° de familias)	12	14	16	12	14
Shannon (bits/ind)	2.30	2.37	2.45	2.16	2.33
Promedio			2.32		

Apendice 3. Cálculo del índice BMWP/Col y ASPT

Tabla 23. Puntuaciones de BMWP/Col de las estaciones de muestreo (junio).

Phylum	Clase	Orden/Familia	JUNIO				
			E1	E2	E3	E4	E5
		EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	7	7	7	-	7
		Leptophlebiidae	9	9	9	9	9
		Euthyplociidae	-	9	9	9	9
		Caeniade	-	-	-	7	-
		ODONATA					
		Calopterygidae	7	7	7	7	7
		Libellulidae	6	-	6	6	-
		Megapodagrionidae	-	-	-	-	6
		PLECOPTERA					
ARTHROPODA	INSECTA	Perlidae	-	-	10	10	10
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	-	10	-	10	10
		Hydropsychidae	-	-	7	-	7
		Hydrobiosidae	-	-	9	-	9
		Helicopsychidae	-	-	8	-	
		Leptoceridae	-	-	-	-	8
		Glossosomatidae	-	-	-	-	7
		COLEOPTERA					
		Psephenidae	10	10	10	10	10
		Dysticidae	-	9	-	-	-

		Elmidae	6	-	-	6	-
		Haliplidae	-	-	4	-	4
		Chrysomelidae	-	-	4	-	4
		DIPTERA					
		Chironomidae	2	2	2	2	-
		MEGALOPTERA					
		Corydalidae	6	6	6	6	6
		HEMIPTERA					
		Veliidae	8	8	8	8	8
		Gerridae	-	8	-	-	-
		Gelastocoridae	-	5	-	-	-
		Naucoridae	-	7	7	7	-
		Corixidae	-	-	-	-	7
	MALACOSTRACA	DECAPODA					
		Palaeomonidae	-	-	-	-	8
		RHYNCHOBDELLIDA					
ANNELIDA	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	3	3	3	3	3
		BMWP/Col	64	100	116	100	139
		Taxa (N° de familias)	12	16	18	15	19
		ASPT	5.3	6.3	6.4	6.7	7.3

Tabla 24. Puntuaciones de BMWP/Col de las estaciones de muestreo (octubre).

Phylum	Clase	Orden/Familia	OCTUBRE				
			E1	E2	E3	E4	E5
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	-	-	7	7	7
		Leptophlebiidae	9	9	9	9	9
		Euthyplociidae	-	9	-	9	9
		Caeniade	-	-	7	-	-
		ODONATA					
		Calopterygidae	7	7	7	7	7
		Libellulidae	-	-	6	-	-
		Megapodagrionidae	6	-	-	6	-
		PLECOPTERA					
		Perlidae	-	10	10	10	10
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	10	-	10	10	10
		Hydropsychidae	7	7	7	-	-
		Helicopsychidae	-	-	8	-	-
		Glossosomatidae	-	-	-	-	7
		COLEOPTERA					
		Psephenidae	10	10	10	10	10
		Ptilodactylidae	10	10	10	-	10
		DIPTERA					
		Empididae	4	-	-	-	-
		Psychodidae	7	-	-	-	-
Stratiomyidae	-	4	-	-	-		

		MEGALOPTERA					
		Corydalidae	6	6	6	6	6
		HEMIPTERA					
		Veliidae	-	8	8	8	8
		Gelastocoridae	-	-	-	-	5
		Corixidae	-	-	7	-	-
	MALACOSTRACA	DECAPODA					
		Palaeomonidae	-	-	-	-	8
	ANNELIDA	HIRUDINEA					
		RHYNCHOBDELLIDA					
		Glossiphoniidae	3	3	3	3	3
	MOLUSCA	GASTROPODA					
		Lymnaeidae	-	4	-	-	-
		Planorbidae	-	5	-	-	-
		BMWP/Col	79	92	115	85	109
		Taxa (N° familias)	12	14	16	12	14
		ASPT	6.6	6.6	7.2	7.1	7.8

Apendice 4. Cálculo del índice EPT

Tabla 25. Valores de EPT en las estaciones de muestreo en la primera etapa (junio, 2021).

Phylum	Clase	Orden/Familia	OCTUBRE				
			E1	E2	E3	E4	E5
		EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	6	3	10	0	7
		Leptophlebiidae	18	7	9	21	32
		Tricorythidae	6	1	5	1	0
		Euthyplociidae	0	4	2	15	16
		Caeniade	0	0	0	3	0
		PLECOPTERA					
ARTHROPODA	INSECTA	Perlidae	0	0	1	3	2
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	0	10	0	4	4
		Hydropsychidae	0	0	5	0	7
		Hydrobiosidae	0	0	3	0	2
		Helicopsychidae	0	0	12	0	0
		Leptoceridae	0	0	0	0	1
		Glossosomatidae	0	0	0	0	3
		\sum EPT	30	25	47	47	74
		N° de individuos	65	77	92	95	114
		%	100	100	100	100	100
		EPT	46.15	32.47	51.09	49.47	64.91

Tabla 26. Valores de EPT en las estaciones de muestreo en la segunda etapa (octubre, 2021).

Phylum	Clase	Orden/Familia	OCTUBRE				
			E1	E2	E3	E4	E5
		EPHEMEROPTERA					
		Baetidae	0	0	5	1	4
		Leptophlebiidae	2	5	7	15	19
		Tricorythidae	6	4	8	3	0
		Euthyplociidae	0	1	0	13	14
		Caeniade	0	0	1	0	0
		PLECOPTERA					
ARTHROPODA	INSECTA	Perlidae	0	1	3	2	1
		TRICHOPTERA					
		Calamoceratidae	2	0	6	2	6
		Hydropsychidae	5	6	5	0	0
		Hydrobiosidae	0	0	0	0	0
		Helicopsychidae	0	0	2	0	0
		Leptoceridae	0	0	0	0	0
		Glossosomatidae	0	0	0	0	3
		Σ EPT	15	17	37	36	47
		N° de individuos	45	49	58	68	80
		%	100	100	100	100	100
		EPT	33.33	34.69	63.79	52.94	58.75

Anexo B. Panel fotográfico**Apéndice 5. Actividades realizadas en campo.****Figura 20.** Estación de muestreo E1.**Figura 21.** Estación de muestreo E2.



Figura 22. Estación de muestreo E3.



Figura 23. Estación de muestreo E4.



Figura 24. Estación de muestreo E5.



Figura 25. Muestreo de agua en la microcuenca.



Figura 26. Medición de los parámetros temperatura, pH y conductividad eléctrica in situ.



Figura 27. Recolección manual de macroinvertebrados acuáticos.



Figura 28. Recolectando las muestras biológicas de manera manual.



Figura 29. Descarga de aguas domésticas.



Figura 30. Viviendas en los márgenes del cuerpo de agua.



Figura 31. Zonas recreacionales al margen del cuerpo de agua.

Apéndice 6. Actividades realizadas en laboratorio.**Figura 32.** Medición del oxígeno disuelto en las muestras de agua.**Figura 33.** Medición del fosfato en las muestras de agua.



Figura 34. Sembrando las muestras para la evaluación microbiológica.

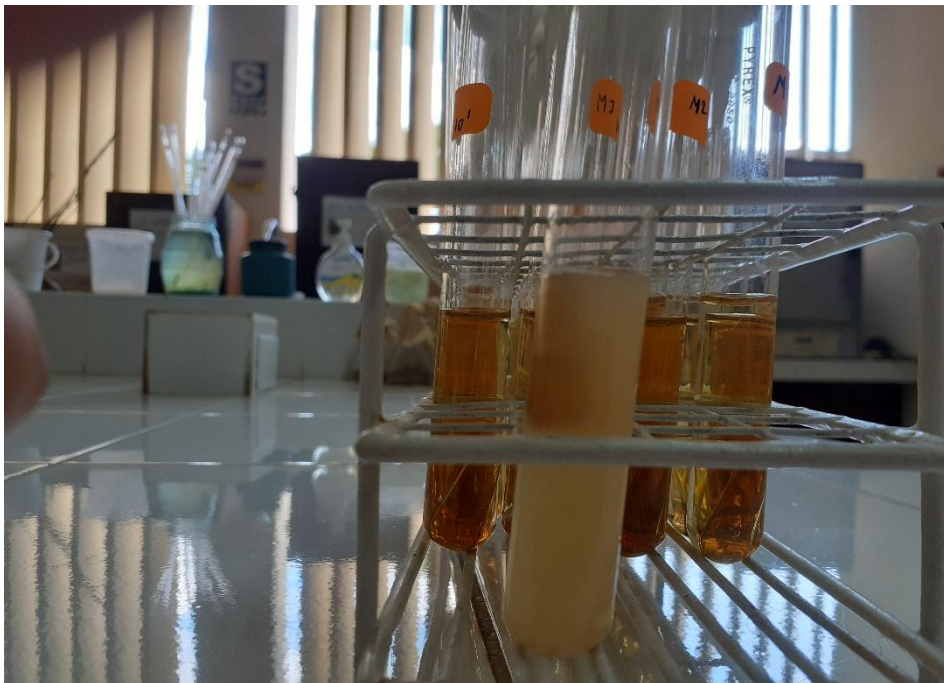


Figura 35. Muestra positiva en los tubos de ensayo.



Figura 36. Identificación de macroinvertebrados acuáticos

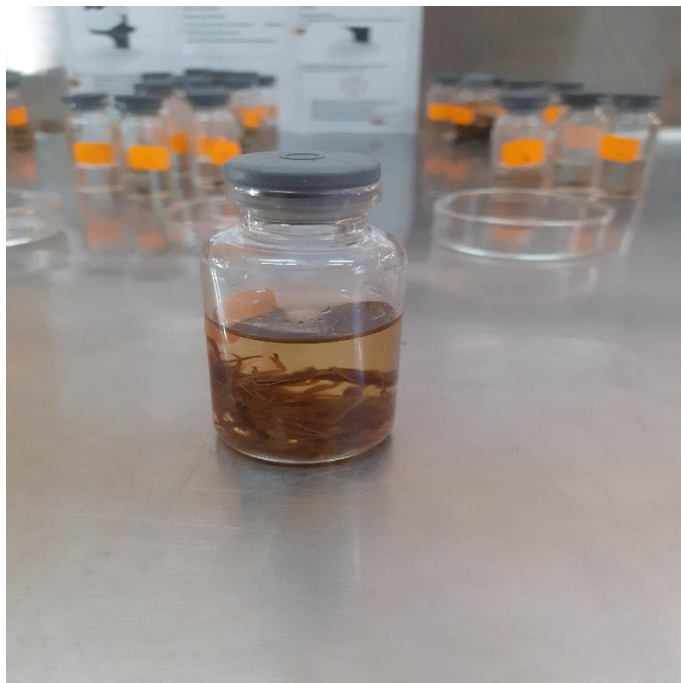


Figura 37. Almacenamiento de las muestras biológicas en frascos de vidrio.



Figura 38. Identificación de macroinvertebrados acuáticos.



Figura 39. Identificación de las muestras biológicas.

Apéndice 7. Catálogo de macroinvertebrados acuáticos.

Orden Ephemeroptera



Figura 40. Familia Baetidae.



Figura 41. Familia Leptophlebiidae.



Figura 42. Familia Tricorythidae.



Figura 43. Familia Euthyplociidae.



Figura 44. Familia Caenidae.

Orden Odonata



Figura 45. Familia Calopterygidae.



Figura 46. Familia Libellulidae.



Figura 47. Familia Megapodagrionidae.

Orden Plecoptera**Figura 48.** Familia Perlidae.**Orden Trichoptera****Figura 49.** Familia Calamoceratidae.



Figura 50. Familia Hydropsychidae.



Figura 51. Familia Hydrobiosidae.



Figura 52. Familia Helicopsychidae.



Figura 53. Familia Leptoceridae.

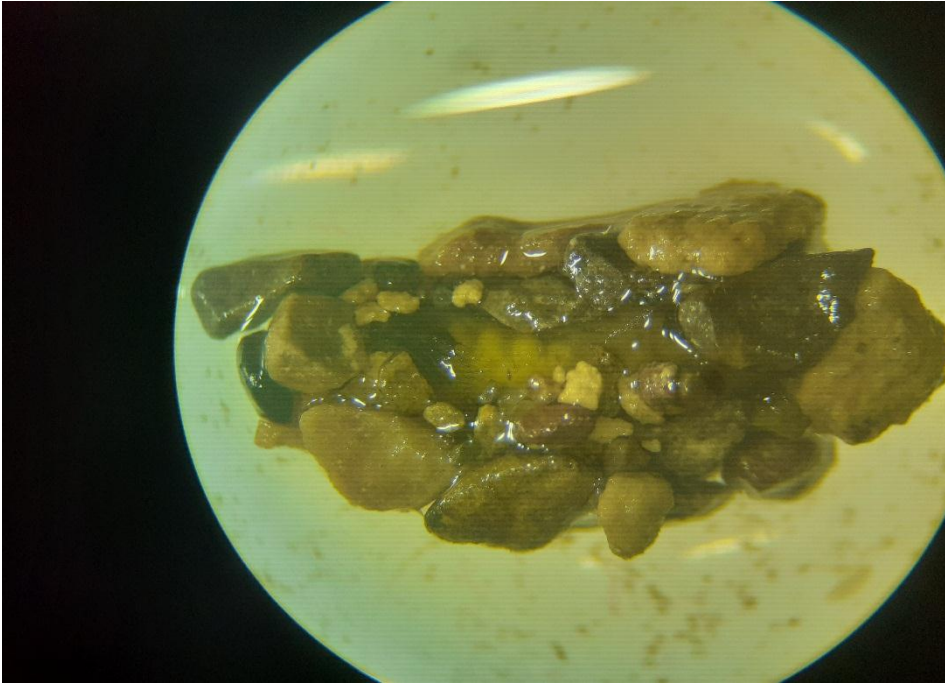


Figura 54. Familia Glossomatidae.

Orden Coleoptera

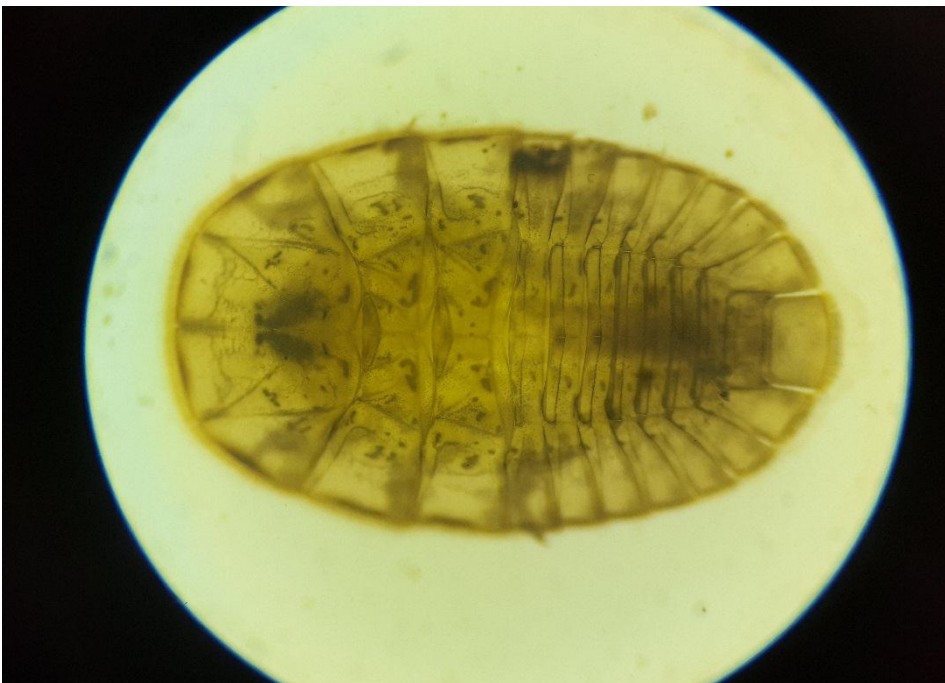


Figura 55. Familia Psephenidae.



Figura 56. Familia Dysticidae.



Figura 57. Familia Elmidae.



Figura 58. Familia Ptilodactylidae.



Figura 59. Familia Haliplidae



Figura 60. Familia Chrysomelidae.

Orden Diptera



Figura 61. Familia Chironomidae.



Figura 62. Familia Empididae.



Figura 63. Familia Psychodidae.



Figura 64. Familia Stratiomyidae.

Orden Megaloptera



Figura 65. Familia Corydalidae.

Orden Hemíptera**Figura 66.** Familia Veliidae.**Figura 67.** Familia Gerridae.



Figura 68. Familia Gelastocoridae.



Figura 69. Familia Naucoridae.



Figura 70. Familia Corixidae.

Orden Acari



Figura 71. Familia Hydrachnidae.

Orden Decápoda

Figura 72. Familia Palaeomonidae.

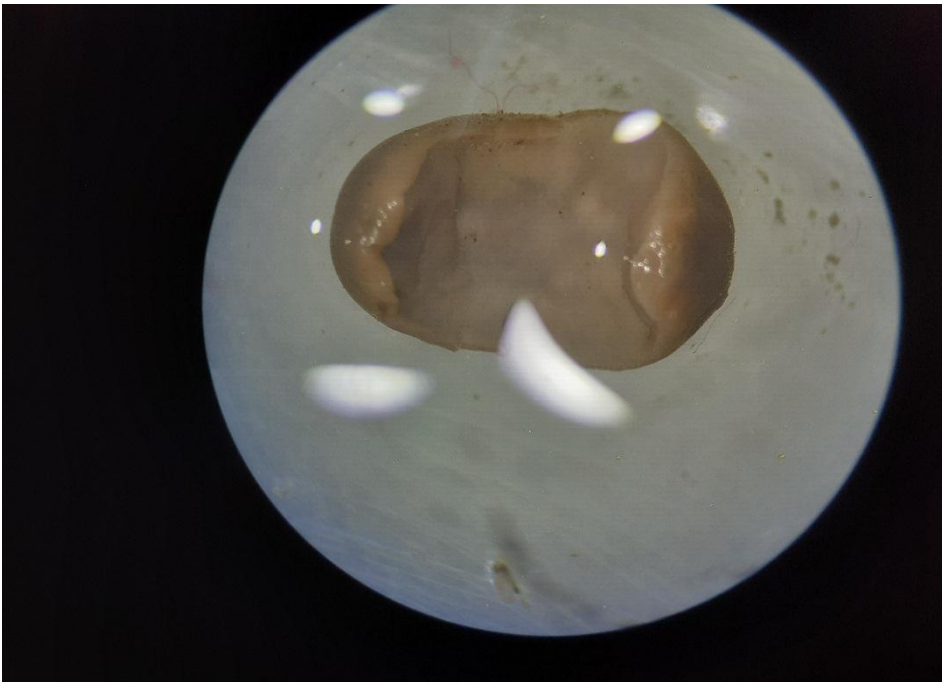
Orden Rhynchobdellida

Figura 73. Familia Glossiphoniidae.

Orden Basommatophora

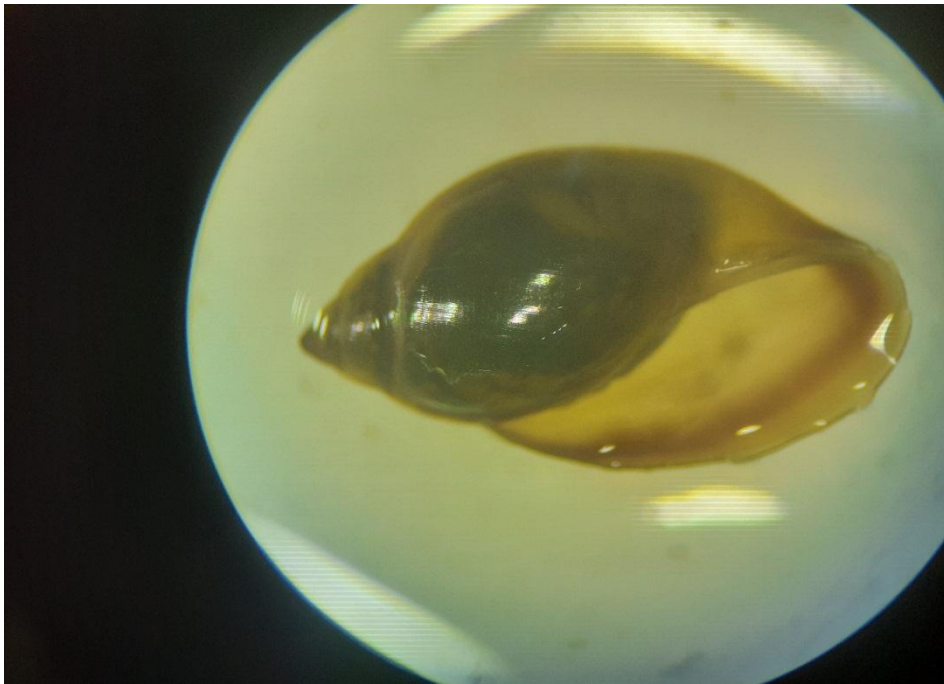


Figura 74. Familia Lymnaeidae.

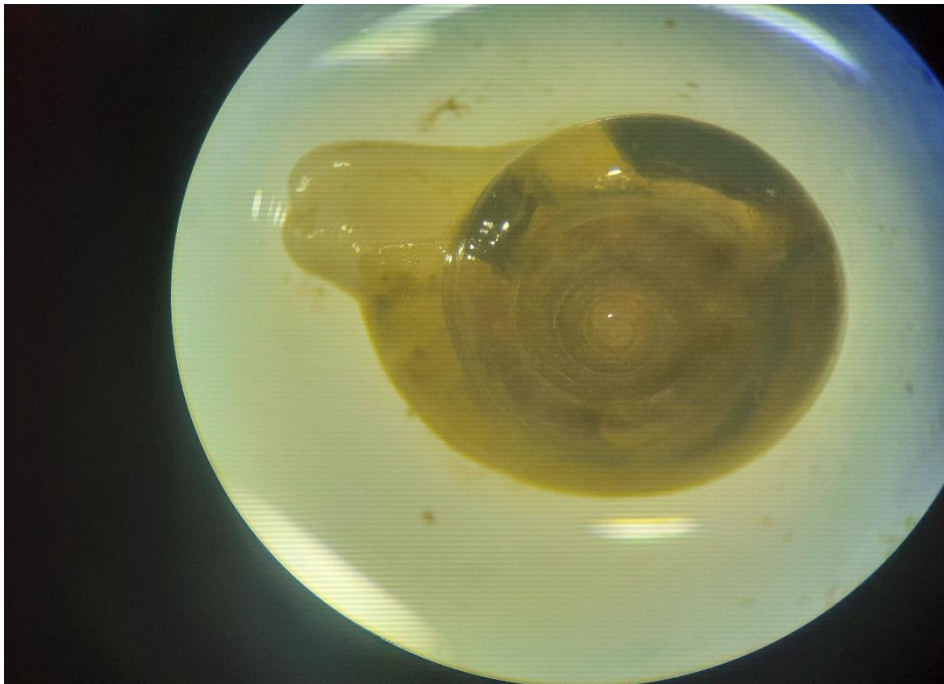


Figura 75. Familia Planorbidae.

Apéndice 8. Certificado de las familias de macroinvertebrados identificados.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Departamento Académico de Ciencias Agrarias
LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL JEFE DEL LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARIA, CERTIFICA:

QUE, DE LAS 743 MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS ENVIADAS POR EL SR. JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA, BACH. EN CIENCIAS DE LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS, SE HAN IDENTIFICADO LOS SIGUIENTES ESPECIMENES:

Phylum	Clase	Orden/Familia
		EPHEMEROPTERA
		Baetidae
		Leptophlebiidae
		Tricorythidae
		Euthyplocidae
		Caeniade
		ODONATA
		Calopterygidae
		Libellulidae
		Megapodagrionade
		PLECOPTERA
		Perlidae
		TRICHOPTERA
		Calamoceratidae
ARTHROPODA	INSECTA	Hydropsychidae
		Hydrobiosidae
		Helicopsychidae
		Leptoceridae
		Glossosomatidae
		COLEOPTERA
		Psephenidae
		Dysticidae
		Elmidae
		Ptilodactylidae
		Haliptidae
		Chrysomelidae
		DIPTERA
		Chironomidae
		Empididae
		Psychodidae
		Stratiomyidae

		MEGALOPTERA
		Corydalidae
		HEMIPTERA
		Veliidae
		Gerridae
		Gelastocoridae
	ARACHNOIDEA	Naucoridae
		Corixidae
	MALACOSTRACA	ACARI
		Hydrachnidae
ANNELIDA	HIRUDINEA	DECAPODA
		Palaeomonidae
		RHYNCHOBDELLIDA
		Glossiphoniidae
MOLUSCA	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA
		Lymnaeidae
		Planorbidae

SE OTORGA EL PRESENTE DOCUMENTO PARA LOS FINES QUE CREA CONVENIENTE.

TINGO MARIA, 29 DE ENERO DE 2022.



Blgo. M. Sc. José Luis GIL BACILIO
 Jefe del Laboratorio de Entomología
 Celular: 937514633
 F.A. - UNAS

Archivo.

Apéndice 9. Resultados de los análisis de los parámetros del agua.



Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María
Laboratorio de Microbiología General

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001-0629406

Recibo N° : 001-0638064

Fecha recepción: 14/06/2021 18/10/2021

Muestra E1: Agua

Procedencia: Microcuenca Santa Carmen - distrito de Mariano Damaso Beraun, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huanuco

Atención a : Bach. Luciani Alegria Jorge Anthony

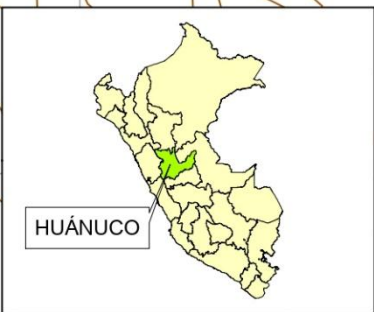
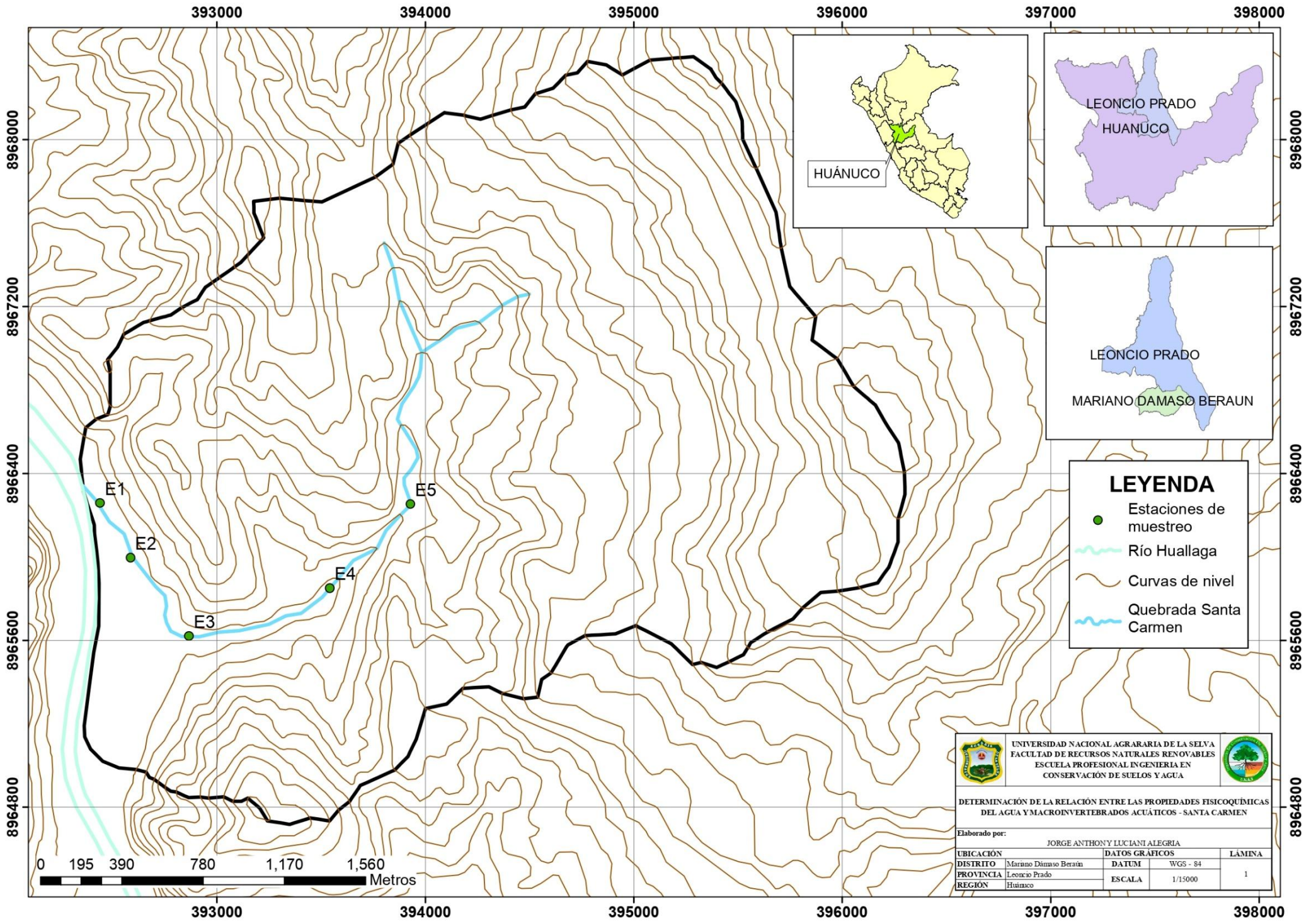
Análisis solicitados:

Parámetros	Unidad de Medida	14 junio de 2021					18 octubre de 2021				
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
OD (mg/l)	mg/L	6.32	4.49	6.91	6.32	8.58	7.51	7.07	7.74	7.63	7.91
DBO ₅ (mg/l)	mg/L	2.72	1.91	2.16	1.74	1.14	1.03	0.81	1.16	0.74	0.68
Sólidos totales (mg/l)	mg/L	60	78	76	74	78	70	83	91	96	106.0
Fosfato (mg/l)	mg/L	0	0	5	0	4	2	1	2	1	0
Turbidez (NTU)	NTU	2.17	1.64	2.41	2.02	1.8	19.1	15.8	15.7	16	12
Temperatura (°C)	°C	22.3	22.0	21.7	21.4	24.3	20.5	20.8	21.1	21.3	21.6
pH		8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3	8.3
Conductividad eléctrica (µS/cm)	(µS/cm)	331.0	334.9	330.2	316.2	337.3	278.8	282.4	286.2	287.1	304.2
Parámetros Microbiológicos:											
Coliformes fecales (NMP/100ml)	NMP/100ml	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

Tingo María, 07 de marzo 2022

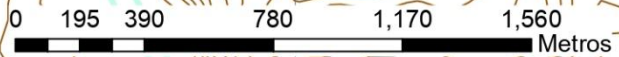




Dr. Mcbigo. Bichigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

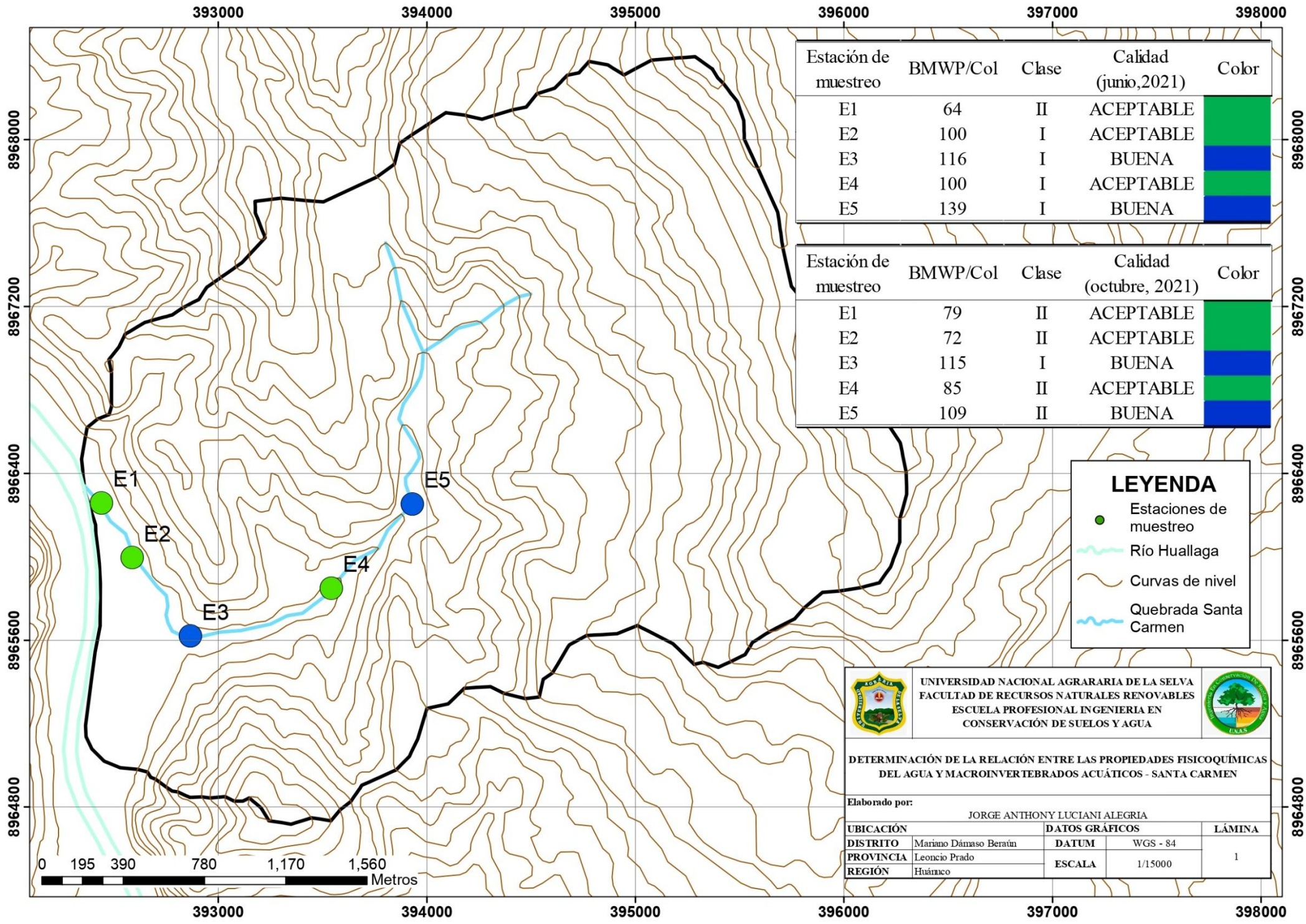


LEYENDA

- Estaciones de muestreo
- ~ Río Huallaga
- ~ Curvas de nivel
- ~ Quebrada Santa Carmen



	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA			
	DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN			
Elaborado por: JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA				
UBICACIÓN	Mariano Dámaso Beraun		DATOS GRÁFICOS	
DISTRITO	Leoncio Prado	DATUM	WGS - 84	LÁMINA
PROVINCIA	Leoncio Prado	ESCALA	1/15000	1
REGIÓN	Huánuco			



Estación de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad (junio, 2021)	Color
E1	64	II	ACEPTABLE	Green
E2	100	I	ACEPTABLE	Green
E3	116	I	BUENA	Blue
E4	100	I	ACEPTABLE	Green
E5	139	I	BUENA	Blue

Estación de muestreo	BMWP/Col	Clase	Calidad (octubre, 2021)	Color
E1	79	II	ACEPTABLE	Green
E2	72	II	ACEPTABLE	Green
E3	115	I	BUENA	Blue
E4	85	II	ACEPTABLE	Green
E5	109	II	BUENA	Blue

LEYENDA

- Estaciones de muestreo
- Río Huallaga
- Curvas de nivel
- Quebrada Santa Carmen

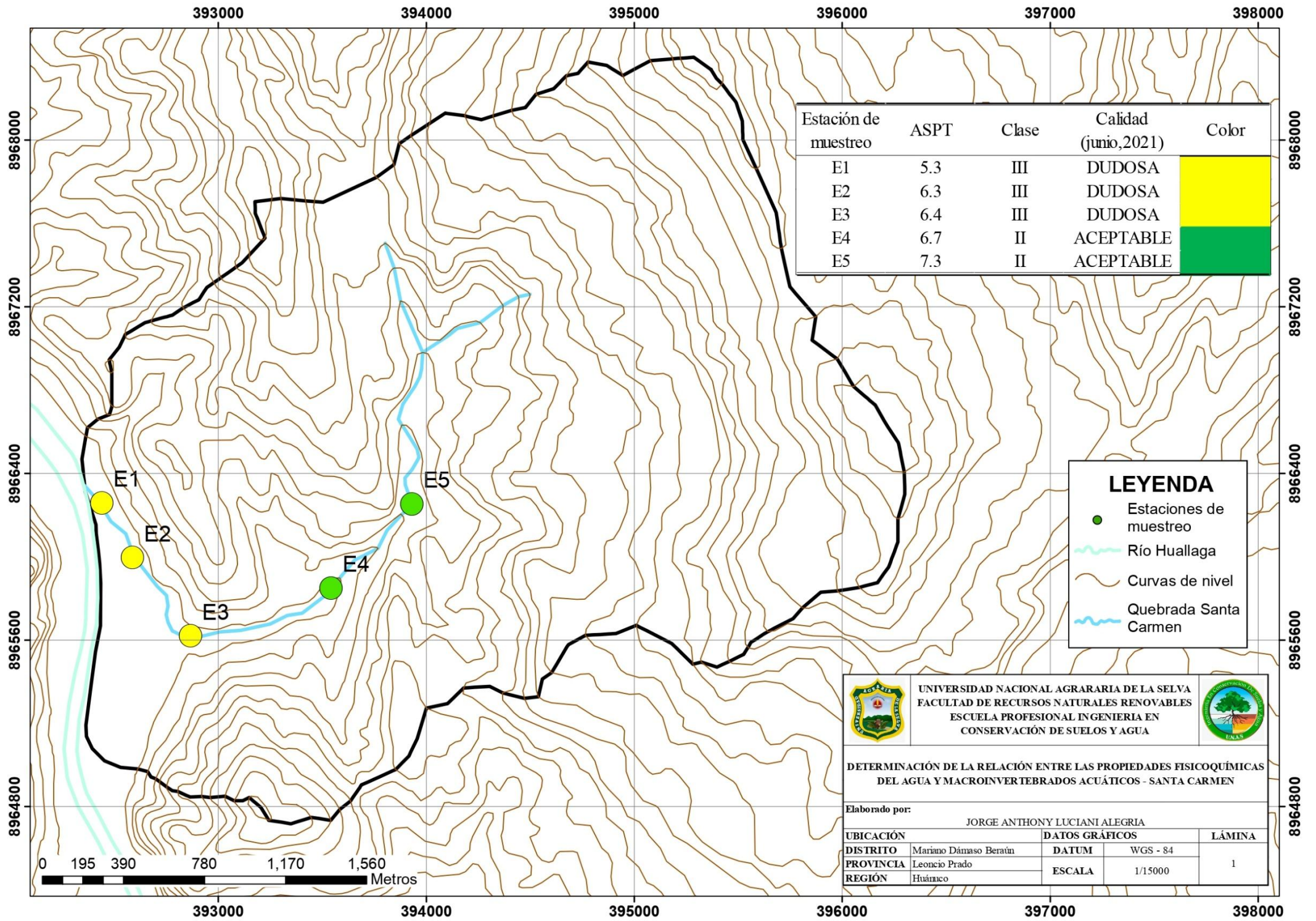
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN

Elaborado por: **JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA**

UBICACIÓN	DATOS GRÁFICOS		LÁMINA
DISTRITO: Mariano Dámaso Beraún	DATUM: WGS - 84	1	
PROVINCIA: Leoncio Prado	ESCALA: 1/15000		
REGIÓN: Huáncayo			





Estación de muestreo	ASPT	Clase	Calidad (junio, 2021)	Color
E1	5.3	III	DUDOSA	Yellow
E2	6.3	III	DUDOSA	
E3	6.4	III	DUDOSA	
E4	6.7	II	ACEPTABLE	Green
E5	7.3	II	ACEPTABLE	

LEYENDA

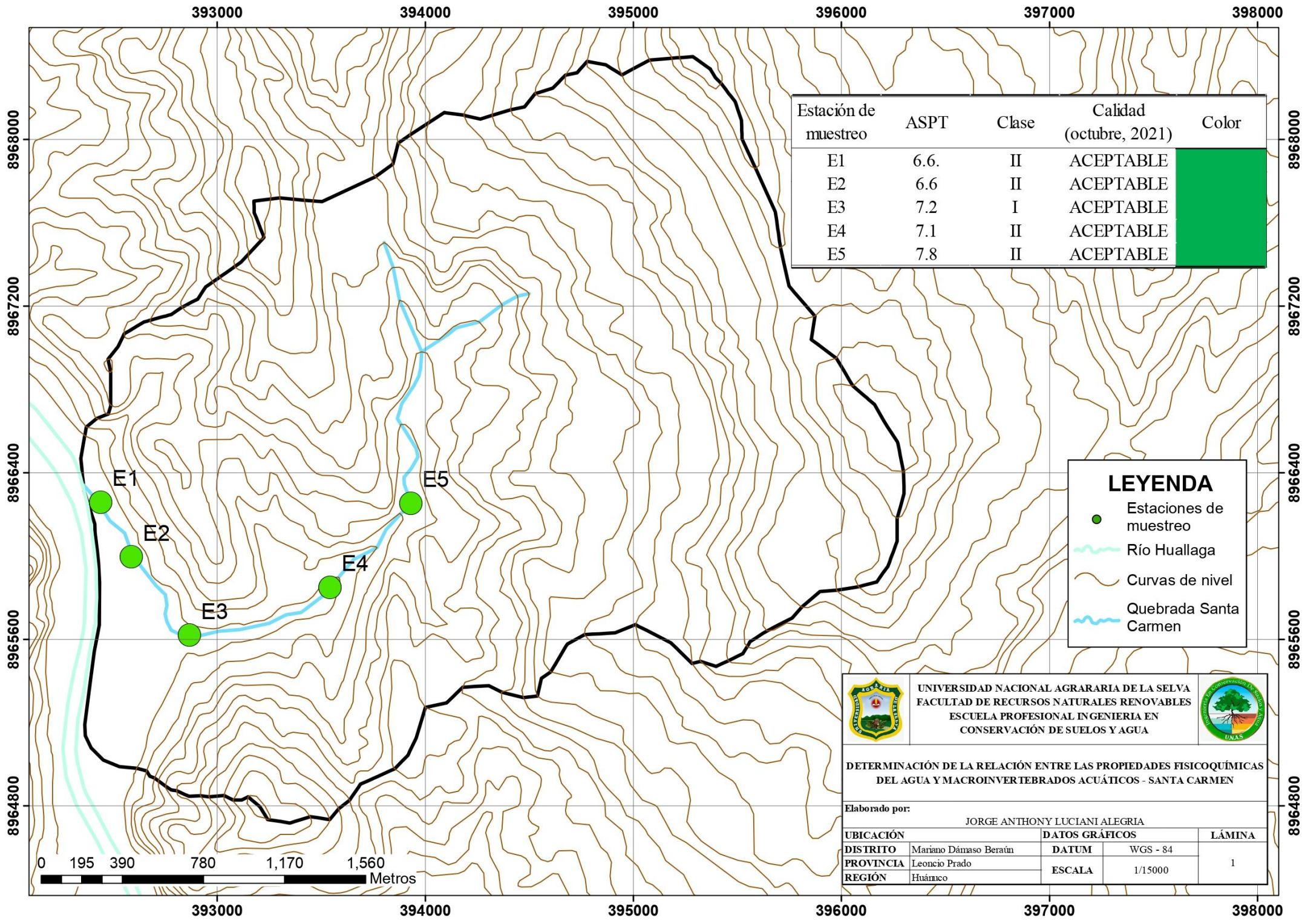
- Estaciones de muestreo
- Río Huallaga
- Curvas de nivel
- Quebrada Santa Carmen

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA EN
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN

Elaborado por: **JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA**

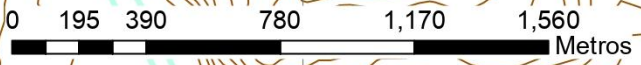
UBICACIÓN		DATOS GRÁFICOS		LÁMINA
DISTRITO	Mariano Dámaso Beraún	DATUM	WGS - 84	1
PROVINCIA	Leoncio Prado	ESCALA	1/15000	
REGIÓN	Huánuco			





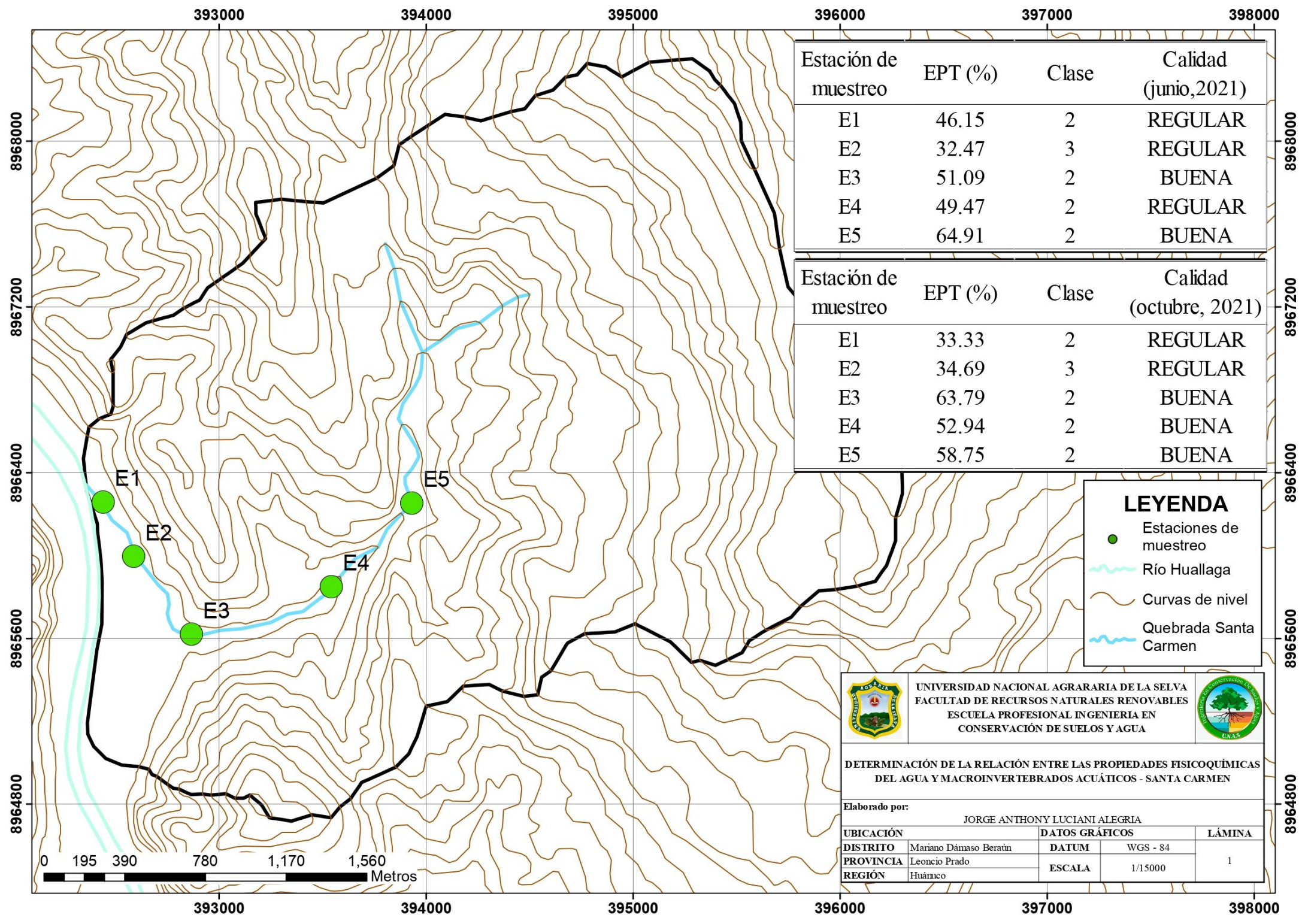
Estación de muestreo	ASPT	Clase	Calidad (octubre, 2021)	Color
E1	6.6	II	ACEPTABLE	
E2	6.6	II	ACEPTABLE	
E3	7.2	I	ACEPTABLE	
E4	7.1	II	ACEPTABLE	
E5	7.8	II	ACEPTABLE	

LEYENDA

- Estaciones de muestreo
- Río Huallaga
- Curvas de nivel
- Quebrada Santa Carmen



	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA		
DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN			
Elaborado por:			
JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA			
UBICACIÓN	DATOS GRÁFICOS		LÁMINA
DISTRITO	Mariano Dámaso Beratún	DATUM	WGS - 84
PROVINCIA	Leoncio Prado	ESCALA	1/15000
REGIÓN	Huánuco		1




Estación de muestreo	EPT (%)	Clase	Calidad (junio, 2021)
E1	46.15	2	REGULAR
E2	32.47	3	REGULAR
E3	51.09	2	BUENA
E4	49.47	2	REGULAR
E5	64.91	2	BUENA


Estación de muestreo	EPT (%)	Clase	Calidad (octubre, 2021)
E1	33.33	2	REGULAR
E2	34.69	3	REGULAR
E3	63.79	2	BUENA
E4	52.94	2	BUENA
E5	58.75	2	BUENA

LEYENDA

- Estaciones de muestreo
- ~ Río Huallaga
- ~ Curvas de nivel
- ~ Quebrada Santa Carmen



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA EN
 CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DEL AGUA Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS - SANTA CARMEN

Elaborado por: JORGE ANTHONY LUCIANI ALEGRIA

UBICACIÓN		DATOS GRÁFICOS		LÁMINA
DISTRITO	Mariano Dámaso Beraún	DATUM	WGS - 84	1
PROVINCIA	Leoncio Prado	ESCALA	1/15000	
REGIÓN	Huánuco			

