

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Influencia de una fuente de agua termal sobre la
calidad biológica del río Caracha basado en
macroinvertebrados, distrito de Sarhua, Ayacucho.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGA,
ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. RIVADENEYRA TUMBALOBOS, Binny Bettyna

ASESOR:

Dr. CARRASCO BADAJOZ, Carlos Emilio

AYACUCHO - PERÚ

2023

A mi padre, que partió a la eterna paz del reino de Dios, a mi madre que aún la tengo con vida, los mismos que fueron partícipes directos en todo el proceso de muestreo, y a mi familia por ser mi sustento y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología y docentes en general, quienes contribuyeron con sus conocimientos y consejos en mi formación académica.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG), por facilitarme y darme las comodidades para los análisis respectivos.

Al Dr. Carlos Carrasco Badajoz, por su asesoramiento en todo el proceso de elaboración del presente trabajo de investigación; por lo cual valoré su paciencia y apoyo en todo este tiempo.

A la Blga. Carolina Rayme Chalco quien me orientó en la determinación de las características fisicoquímica de las muestras de agua y en la identificación de los macroinvertebrados colectados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLA	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	4
2.2.1. Agua termal	4
2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos	4
2.2.3. Río	4
2.2.4. Bioindicador	4
2.2.5. Calidad fisicoquímica	5
2.2.6. Calidad biológica	5
2.2.7. Índices bióticos	5
2.2.8. Diversidad biológica	5
2.3. Bases teóricas	5
2.3.1. Aguas termales	5
2.3.2. Clasificación de las aguas termales	6
2.3.3. Características fisicoquímicas de las aguas naturales	7
2.3.4. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores	10
2.3.5. Métodos de determinación de la calidad de las aguas	10
2.3.6. Índices biológicos	11
2.3.7. Principales familias de macroinvertebrados	12
2.4. Marco legal	16
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Zona de estudio	19
3.1.1. Ubicación política	19
3.1.2. Ubicación geográfica	20
3.2. Descripción del río en estudio	20

3.3.	Población	21
3.4.	Muestra	22
3.4.1.	Sistema de muestreo	22
3.4.2.	Estaciones de muestreo	22
3.5.	Metodología y recolección de datos	22
3.5.1.	Colección de muestras de agua	22
3.5.2.	Colección de muestras de macroinvertebrados	23
3.5.3.	Índices bióticos estimados	24
3.6.	Tipo de investigación	27
3.7.	Análisis de datos	27
3.7.1.	Análisis de conglomerados	27
3.7.2.	Análisis de componentes principales	28
IV.	RESULTADOS	29
V.	DISCUSIÓN	39
VI.	CONCLUSIONES	49
VII.	RECOMENDACIONES	51
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	20
Tabla 2. Valores de tolerancia de los macroinvertebrados bentónicos según el Índice Biótico de Familia (IBF).	24
Tabla 3. Valores del Índice Biótico de Familia (IBF), expresados en siete clases de calidad de agua.	25
Tabla 4. Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del Índice Biótico Andino (ABI).	25
Tabla 5. Categorías de la calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI).	27
Tabla 6. Características fisicoquímicas promedio y desviación estándar de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	31
Tabla 7. Composición y abundancia total de la comunidad de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	33
Tabla 8. Categorías de calidad biológica por zonas de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación política de la zona de estudio, localidad de Sarhua, Víctor Fajardo – Ayacucho.	19
Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	21
Figura 3. Dendrograma del análisis de conglomerados en base a las características fisicoquímicas del agua en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	32
Figura 4. Abundancia relativa de familias de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	34
Figura 5. Dendrograma del análisis de conglomerados en base a las abundancias de los macroinvertebrados de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	35
Figura 6. Índices bióticos promedios por estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	37
Figura 7. Representación del análisis de componentes principales según las características fisicoquímicas del agua e índices de calidad basado en macroinvertebrados de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Red fluvial del distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho.	59
Anexo 2. Características fisicoquímicas y metodologías empleadas para las muestras de agua.	60
Anexo 3. Características fisicoquímicas promedio y desviación estándar de las fuentes de agua termal ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	61
Anexo 4. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para la comparación de medias de las características fisicoquímicas determinadas en las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	62
Anexo 5. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para la comparación de abundancias por familias en base a la comunidad de macroinvertebrada determinadas en las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	63
Anexo 6. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para los índices IBF (Índice Biótico de Familia) y ABI (Índice Biótico Andino) halladas para la determinación de la calidad biológica de las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.	64
Anexo 7. Registro fotográfico de las zonas de muestreo, procesos de análisis fisicoquímicos, limpieza y separación de comunidades de macroinvertebrados hallados.	65
Anexo 8. Familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo del río Caracha con presencia de fuentes de agua termal, distrito de Sarhua, Ayacucho 2019 – 2020.	68
Anexo 9. Matriz de consistencia.	70

RESUMEN

El uso de los macroinvertebrados como bioindicadores puede proveer información sobre la calidad biológica de ríos con presencia de fuentes hidrotermales, similares a cuerpos de agua afectados por contaminación. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia del agua termal sobre la calidad biológica basada en macroinvertebrados en un tramo del río Caracha, distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo. Se establecieron tres zonas de muestreo y cada zona con dos estaciones muestrales, de las cuales se tomaron muestras desde el mes de setiembre del 2019 hasta el mes de enero del 2020, con una frecuencia mensual, bajo un diseño descriptivo y muestreo determinístico, en función a la presencia de las aguas termales y acceso a ellas, (antes de la influencia de las fuentes de agua termal, durante la influencia de las fuentes de agua termal y después de la influencia de las fuentes de agua termal). La identificación taxonómica de la comunidad macroinvertebrada y las determinaciones fisicoquímicas del agua se realizaron en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de información Geográfica. Los resultados fueron diferentes entre las zonas de muestreo con respecto a las variables fisicoquímicas como dureza total, cloruros, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura y sulfatos ($p < 0,05$). Mayores concentraciones se detectaron en la zona que comprendió las fuentes de agua termal (estaciones III y IV) en relación con las demás zonas (I, II, V y VI). Por otro, lado se identificó 24 familias de macroinvertebrados en diferente composición y abundancia. La mayor composición de familias se encontró en las zonas antes y después de las fuentes de agua termal (I, II, V y VI), y la menor fue en III y IV con la dominancia de familias como Chironomidae y Tubificidae, que podrían ser considerados también como bioindicadores de agua termales. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para ambos índices: Índice Biótico de Familia (IBF) e Índice Biótico Andino (ABI), se halló significancia estadística ($p < 0,05$), lo que nos permitió afirmar que cada zona fue diferente en cuanto a su calidad ambiental basado en macroinvertebrados acuáticos. Los resultados del análisis de componentes principales en base a las características fisicoquímicas del agua y la calidad biológica en las estaciones de muestreo; indicó que el IBF se asoció con la conductividad eléctrica, dureza total, alcalinidad total y cloruros en la zona durante la influencia de las fuentes de agua termal (III y IV), mientras que el ABI se relacionó solo con el pH en I y II (antes de la influencia de las fuentes de agua termal), por lo tanto el índice IBF al ser más sensible a la presencia de sensores ambientales, fue el más adecuado para la evaluación de calidad biológica de aguas con fuentes termales. El tramo del río caracha influenciado por fuentes de agua termal presentaron una calidad biológica “mala” y “relativamente mala” en las estaciones III y IV respectivamente.

Palabras clave: agua termal, macroinvertebrados acuáticos, índices bióticos, calidad biológica, características fisicoquímicas, río.

I. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de aguas termales es una manifestación variada de agua subterránea, pueden presentar diferentes orígenes, la gran mayoría, ubicados en zonas volcánicas activas y/o latentes; afloran a las superficies terrestres como aguas calientes con altos cantidades de sales minerales (Pérez & Gardey, 2017). Éstas propiedades particulares y efectos que las caracteriza a las fuentes termales son considerados como ambientes extremos para algunos organismos (Santamaría, 2011). Un grupo representativo para entender los procesos dinámicos frente a factores de estrés, son los macroinvertebrados acuáticos, porque poseen amplio rango de respuestas (tolerancia o sensibilidad), con respecto a las propiedades fisicoquímicas y recursos disponibles que presentan los ambiente que ocupan, los cuales son manifestados en los cambios de su riqueza y abundancia; valores medibles que pueden ser aprovechados como herramienta de monitoreo y diagnóstico de la calidad ambiental mediante el uso de los índices bióticos (Reece & Richardson, 1999). Por ello es necesario desarrollar estudios que permitan establecer la influencia de dichas fuentes de agua sobre la comunidad de macroinvertebrados, que en esta investigación muestra evidencia de su efecto similar a la contaminación.

Las actividades antrópicas traen como consecuencia la introducción de contaminantes que generan cambios en sus características primigenias de los cuerpos de agua. Sin embargo, se debe considerar la existencia de factores naturales como son las aguas termales, que pueden alterar las condiciones naturales o normales de los ríos, creando cambios de las características fisicoquímicas de sus aguas y de la estructura de las comunidades que en la habitan (Santamaría, 2011). Existen muchos estudios sobre comunidades macroinvertebradas como respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, más no estudios sobre estados ecológicos de estas comunidades por

influencia de fuentes naturales. En el Perú y más aún en la región de Ayacucho, las fuentes de aguas termales han sido poco estudiadas y es muy escasa la información de la composición fisicoquímica de sus aguas, como de las comunidades macroinvertebradas que se encuentran en estas condiciones.

En la presente investigación se demostró que las características fisicoquímicas (alcalinidad total, cloruros, dureza total, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura, turbidez, sulfatos y fosfatos) cambian radicalmente al recibir las aguas de las fuentes de agua termal, como era de esperarse. Así mismo, se registró evidencia de cambios en la composición y abundancia de la comunidad macroinvertebrada, adicionalmente registrado en los índices de calidad, Índice Biótico de familia (IBF) e Índice Biótico Andino (IBA), que indicaron disminución de la calidad del río. Se tuvieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la influencia de las fuentes de agua termal sobre la calidad biológica basada en macroinvertebrados en un tramo del río Caracha ubicado en el distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo, desde setiembre de 2019 a enero de 2020.

Objetivos específicos

1. Determinar las características fisicoquímicas de las aguas, antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal que se incorpora al curso del río Caracha.
2. Estimar los índices IBF (Índice Biótico de Familia) y ABI (Índice Biótico Andino) basados en los macroinvertebrados, antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal.
3. Determinar la disimilitud en base a las características fisicoquímicas y características de la comunidad macroinvertebrada, de las zonas de muestreo antes, durante y después de las fuentes de agua termal que se incorpora al curso del río Caracha.
4. Determinar la relación existente entre las características fisicoquímicas de las aguas del río Caracha antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal con el Índice Biótico de Familia (IBF) e Índice Biótico Andino (ABI).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En los estudios de Barraza (2017), se determinó las características geoquímicas del río Ollachea (cuerpo receptor del afloramiento de fuentes termales), tomando en cuenta los parámetros como: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos y otros. Asimismo, se detalló el nivel de contaminación del río por dichas fuentes, llegando a la conclusión de que el río Ollachea, al entrar en contacto con las fuentes termales, alteró su composición fisicoquímica, y en consecuencia presentó un grado de afectación toxicológica puntual sobre la calidad biológica. Las fuentes termales evaluadas fueron clasificadas como aguas de tipo clorurada y/o sulfatada, cálcica y/o magnésica y clorurada y/o sulfatada sódica.

En la investigación de La Matta (2020), se evaluó la influencia del drenaje ácido de roca (DAR) en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, haciendo uso de índices bióticos; esta condición, proporcionó un ambiente extremo para los componentes biológicos. Para su evaluación se determinó los análisis fisicoquímicos, análisis de metales, cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y también del Índice Biótico Andino (IBA). Los resultados demostraron diferencia significativa en sitios con influencia del drenaje ácido de roca, de sitios sin afectación del drenaje. Los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos fueron más altos en el sitio sin con influencia del drenaje ácido roca, de igual manera concentraciones de metales como Al, Co, Mn, Zn y otros, fueron mayores en estos sitios. En cuanto al cálculo de los índices bióticos se observó la disminución de la comunidad macroinvertebrada en sitios afectados por drenaje ácido roca, e incrementó las familias tolerantes, los cuales determinaron que el índice Biótico Andino IBA, fue la que mejor evaluó la calidad biológica del río con influencia del drenaje ácido roca.

El río Caracha es una de las subcuencas que alimenta a la cuenca Pampas, en esta cuenca, Ayala (2018), evaluó a las comunidades macroinvertebradas y las características fisicoquímicas en los ríos del distrito de Cangallo - Ayacucho, los muestreos fueron dados en un periodo de siete meses. Los resultados demostraron que las características fisicoquímicas fueron diferentes estadísticamente ($p < 0,05$), a favor del río Pampas con valores mayores de alcalinidad total, cloruro, conductividad, dureza total y sólidos disueltos totales. Identificaron un total de 28 familias en ambos ríos, de muy variables abundancias tanto temporal (por meses de muestreo) como espacial (por zonas de muestreo). Por otro lado Gamboa (2018), evaluó la calidad fisicoquímica de las aguas del río Caracha, con fines para consumo humano en el centro poblado de Sacsamarca, Ayacucho. Los parámetros medidos in situ fueron: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y pH. Los resultados indicaron que todos los parámetros evaluados no sobrepasan los límites establecidos por los ECA agua, con excepción de arsénico que presentó valores elevados en las aguas del río Caracha.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Agua termal

Son aguas que afloran a la superficie terrestre con temperaturas mayores en 4 o 5 °C a la temperatura media anual del lugar o al cuerpo del agua al que se incorpora, las aguas termales son calentadas por las características geológicas subterráneas, y también poseen minerales en disolución (Huamaní, 2003).

2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos

Son organismos invertebrados observados a simple vista; es decir, de tamaño mayor a 0,5 mm. En este grupo limitado están los poríferos, hidrozooos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos y los bivalvos (Domínguez & Fernández, 2009). Un grupo de macroinvertebrados acuáticos distribuidos ampliamente en aguas continentales son los insectos.

2.2.3. Río

Ecosistema fluvial que comprende procesos morfológicos, hidrológicos, físicos, químicos y biológicos, incluyendo la zona de riberas y la interacción entre estos procesos (Ladrera, 2012).

2.2.4. Bioindicador

Viene a ser los elementos, procesos o propiedades del ecosistema que evidencia las condiciones ambientales, las cuales no pueden ser medidas directamente; que

a través de las respuestas se pueden evaluar indirectamente los efectos de los diferentes tipos de contaminación sobre las comunidades biológicas (Segnini, 2003).

2.2.5. Calidad fisicoquímica

Característica derivada de las concentraciones de sustancias, solutos y de la materia en suspensión que contiene el agua. En caso de las características físicas se puede mencionar al olor, sabor, color, temperatura, turbidez, etc, y químicos alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, alcalinidad, etc. (Sierra, 2011).

2.2.6. Calidad biológica

Cualidad de los ecosistemas acuáticos que permiten el desarrollo de las comunidades biológicas en dichos ecosistemas. Esta característica se puede evaluar mediante la composición y estructura de las comunidades bióticas que la habitan, como también el empleo de índices biológicos que valoren la calidad del agua (Roldán & Ramírez, 2008).

2.2.7. Índices bióticos

Expresiones matemáticas (valor numérico único) que cuantifican la calidad biológica de los cuerpos de agua en base a la combinación de dos o tres propiedades: la riqueza de taxones y la tolerancia o intolerancia a la contaminación, para índices cualitativos, y junto a la abundancia para los índices cuantitativos (Prat et al., 2009).

2.2.8. Diversidad biológica

Es la variabilidad que comprende los tres niveles ecológicos; diversidad de los genes, las especies y de los ecosistemas que puede presentar una región o nación UICN (1992).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Aguas termales

Las fuentes termales son aguas con una alta concentración de sales en disolución que brotan de la corteza terrestre de manera natural y a una temperatura que supera en 5°C la temperatura de la superficie normal (Pérez & Gardey, 2017).

Estas aguas se pueden formar en los estratos subterráneos de la Tierra, por eso son cálidas y se encuentran comúnmente en lugares volcánicos donde haya intrusiones magmáticas o fallas geológicas, las cuales al penetrar capas profundas se calientan. Las aguas termales, su origen está comprendido por el proceso de percolación de las aguas de lluvia por efectos de la gravedad, a medida que se va

infiltrando sufre variaciones térmicas con respecto a la profundidad, mecanismo conocido como efecto del gradiente geotérmico; esta agua entra en contacto con la roca porosa magmática para luego ser expulsada por presión como agua caliente. La presencia y distribución de las fuentes termales están relacionadas con volcanes activos y/o latentes como también calderas volcánicas (Barraza, 2017).

Las fuentes termales poseen propiedades peculiares como la presencia de minerales en forma ionizada y por la interacción fisicoquímica agua – roca, que depende principalmente del tipo de roca, profundidad y distancia de recorrido.

2.3.2. Clasificación de las aguas termales

En función a su composición (Gonzales 1972)

De acuerdo con el contenido variable de elementos y compuestos químicos, según la cantidad que predomina.

- Aguas bicarbonatadas.
- Aguas carbónicas o carbogaseosas.
- Aguas cloruradas.
- Aguas ferruginosas (composición rica en hierro).
- Aguas sulfatadas (pueden estar asociadas al Na, Mg y Cl).
- Aguas sulfuradas (característico por el olor a huevo podrido).

En función a su temperatura (Urbani 1991)

Clasificación universal y la más aceptada.

- Aguas frías: < 20°C
- Aguas hipotermas: 20 – 35°C
- Aguas mesotermas: 35 – 50°C
- Aguas hipertermas: > 50°C

En función a la temperatura y composición química

Según Vargas (2010), las clasifica en:

- Aguas termales: aquellas que provienen del interior de la Tierra, con temperatura superior en 5 o 6 °C a la temperatura del lugar de surgencia.
- Aguas minerales: aquellas con altas concentraciones químicas (\sum iones > 1000 mg/L), presencia de iones como Cl⁻, Na⁺⁺, Ca⁺⁺, Br⁻, SO₄⁻², H⁻CO₃⁺, Mg⁺, Fe⁺⁺, entre otros. Las aguas minerales no necesariamente son frías, también pueden ser calientes.
- Aguas termominerales: Aquellas que cumplen con las dos características mencionadas.

2.3.3. Características fisicoquímicas de las aguas naturales

Las características fisicoquímicas en los cuerpos de agua son el reflejo de las concentraciones de sustancias, pudiendo encontrar numerosos elementos, compuestos, gases, sólidos en solución y otros.

- **Temperatura**

Es un parámetro físico más importante del agua, ya que se relaciona con otras propiedades físicas, químicas y biológicas; como la turbidez, cantidad de oxígeno disuelto, solubilidad de gases y de sales, conductividad eléctrica, pH, velocidad de las reacciones químicas, cambios de las actividades metabólicas en los seres vivos y otros (Alonso, 2018). La variación de la temperatura tiene efecto en los ecosistemas acuáticos manifestándose en la alteración de la riqueza y abundancia de los organismos. Para muchas comunidades biológicas, la presión térmica implica un aumento de estrés que no superan los límites de tolerancia y pudiendo afectar su supervivencia; por este motivo, las especies más tolerantes se convierten en abundantes, y hay disminución de riqueza en los ecosistemas acuícolas.

- **Conductividad eléctrica**

Mide la cantidad de iones, principalmente sales disueltas en el agua como Ca, Mg, P, Na, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, que conducen la corriente eléctrica (Sierra, 2011). La conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos y valores altos puede ser un indicio de contaminación por descarga industrial o urbano, generando efectos en la reducción de la biodiversidad en los ecosistemas fluviales; concentraciones de sales disueltas mayores a 1 500 mg/l tiene efectos en los componentes bióticos y en el caso del uso de agua como riego deja efectos de salinización de suelos (Alonso, 2018).

- **Sólidos disueltos totales**

Pueden ser minerales, sales, metales, de forma molecular, atómicas, aniones, cationes y materia orgánica. Las corrientes de agua transportan materiales, principalmente sólidos disueltos, comúnmente en sales y gases. Las aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica.

Ambas variables tienen estrecha relación por tener la capacidad de conducir corriente eléctrica en función a su concentración de iones, por lo tanto, se espera que soluciones con mayor concentración iónica presenten mayores conductividades (Roldán & Ramírez, 2008).

- **Alcalinidad**

La alcalinidad es la media total de las sustancias alcalinas disueltas en el agua y se relaciona principalmente a la capacidad de neutralizar ácidos (capacidad amortiguadora), se reconoce por la presencia de los iones OH^- , CO_3^{2-} y HCO_3^- . Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones y relaciones de estos iones, así como la evolución química del agua (Wetzel, 1981).

- **Dureza total**

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} , por disolución de las formaciones rocosas calcáreas presentes en el suelo. La dureza se define como la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio, debido a su fácil combinación con los bicarbonatos y carbonatos, que da origen a la dureza temporal y combinados con los sulfatos, cloruros, nitratos; a la dureza permanente (Sierra, 2011).

El calcio es un elemento importante en las aguas continentales (quinto en abundancia) y está relacionada con la concentración del ión catión Ca^{++} , alcalinidad, pH, temperatura y concentración total de sólidos disueltos. El calcio es importante para los seres vivos: para las membranas celulares, para la formación de estructuras calcáreas. El magnesio es requerido por las plantas por ser parte estructural de la clorofila como integrante de enzimas. (Roldán & Ramírez, 2008).

- **pH**

Es un indicador de condiciones ácidas, neutras o básicas del agua, se obtiene al calcular el número de iones de hidrogeno presentes. El pH mide el grado de acidez o de alcalinidad, pero no determina el valor de estos (Sierra, 2011).

El valor de pH en el agua está entre 6 y 9, ideales para el desarrollo de la vida acuática, puede variar por los vertidos que reciba, con la temperatura, y tiene influencia en ciertos procesos químicos y biológicos (Roldán & Ramírez, 2008).

- **Cloruros**

Los cloruros ocupan es el tercer anión más importante en el agua, por lo general expresan la salinidad bajo la forma de cloruro de sodio (NaCl). Comúnmente, los cloruros se encuentran en bajas concentraciones en lago y ríos de altas montañas, pero incrementándose en las partes bajas del curso del río y por arrastre de minerales por acciones de las lluvias (Wetzel, 1981).

Las concentraciones de cloruro promedio en los ríos sudamericanos es de 4,9 mg/L, pero en nacimientos de aguas subterráneas se puede encontrar concentraciones de 800 mg/L (Roldán & Ramírez, 2008).

- **Sulfatos**

El azufre en el agua, comúnmente se presenta bajo la forma de sulfato (SO_4^-), siendo el segundo anión en importancia. En aguas naturales presenta valores que van desde 2 a 10 mg/L e incrementándose con valores superiores de 50 mg/L en regiones volcánicas. Las fuentes de azufre, aparte de la contaminación orgánicas (aguas servidas) y la actividad industrial (óxidos de azufre), es la actividad volcánica y la disolución rocas con sulfato de calcio (CaSO_4) y piritita (FeS_2) (Roldán & Ramírez, 2008).

No existe un límite o rango de concentración óptimo de sulfatos para la mayor parte de la fauna acuática, porque existen especies que habitan en fuentes de agua que contienen, desde unas trazas de sulfatos hasta varios miles de mg/L. La forma de sulfato (SO_4^-) y sulfuro (HS^-) se presenta en zonas donde el agua presenta oxígeno y con pH superiores a 8, mientras que en zonas anóxicas con pH inferior a 8 se presenta bajo la forma de ácido sulfhídrico H_2S , causando problemas de mal olor (Alonso, 2018).

- **Turbidez**

La turbiedad es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz, en otras palabras, es la reducción de la transparencia que presentan los sistemas acuáticos. Estos sólidos suspendidos pueden ser arcilla, limo, arenas y otros causado por la erosión natural de las cuencas, y materia orgánica por contaminación antrópica. (Wetzel, 1981).

- **Fosfatos**

Es un elemento que juega un papel importante para los seres vivos, sin embargo, es el que se presenta en menor cantidad. Los valores normales de fosfato están por debajo de 1 mg/l en las aguas naturales, se presenta principalmente bajo la forma de ortofosfato (forma disuelta) y en menor porcentaje, la forma particulada (como organismos vivos, compuestos orgánicos). La forma de ortofosfato es muy importante, ya que puede ser asimilable por las plantas y el fitoplancton (Wetzel, 1981). Es un grupo diverso, de amplia distribución espacial y temporal, y algunas comunidades permanecen largos periodos de su vida en un mismo lugar, reflejando las perturbaciones o cambios locales que están sometidos, los cuales son manifestados en los cambios de su riqueza y abundancia; valores medibles

que pueden ser aprovechados como herramienta de monitoreo y diagnóstico de la calidad ambiental mediante el uso de los índices bióticos que pueden determinen la calidad para ambientes extremos (Reece & Richardson, 1999).

2.3.4. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

Los macroinvertebrados acuáticos cumple un papel importante en determinar la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales, debido a que presentan una gran diversidad biológica, cuyo funcionamiento interactúa con las características ambientales del medio acuático. Un cuerpo de agua que haya sufrido procesos de contaminación, se observa una simplificación en las estructuras de las comunidades, las cuales cambian de complejas y diversas a comunidades bastante simples y poco diversas; se erradica las especies sensibles y prosperan especies resistentes, que ocupan nichos creados por la contaminación, en caso contrario nichos inalterados denominándolos como indicadores biológicos (Segnini, 2003).

Es importante señalar lo ventajoso que es el nivel taxonómico de familia de estos organismos, generando un equilibrio entre calidad de los resultados y tiempo requerido para obtenerlos (Prat et al., 2009).

Los invertebrados bentónicos son útiles en la detección y monitoreo de los tipos de presiones fisicoquímicas relacionadas con:

- Contaminación térmica
- Cambios en la mineralización del agua
- Contaminación orgánica
- Eutrofización
- Contaminación con metales y otros contaminantes

2.3.5. Métodos de determinación de la calidad de las aguas

La determinación de la calidad del agua se efectúa mediante dos métodos complementarios, que permiten aportar información sobre el estado ecológico.

• Métodos fisicoquímicos

La medición de los parámetros fisicoquímicos del agua es imprescindible determinar la calidad del agua en los cauces fluviales. Es el único método existente, para la identificación y cuantificación de contaminantes. El Perú cuenta con su normativa actual, definidos en los estándares de calidad ambiental (ECA agua). Sin embargo, los análisis fisicoquímicos periódicos no son suficiente para definir la calidad del medio acuático, al no valorar la alteración del hábitat físico o la modificación del caudal.

- **Métodos biológicos**

Los métodos biológicos se utilizan complementariamente a los fisicoquímicos, la evaluación de la comunidad no solo determina las condiciones actuales, sino también de periodos anteriores y el efecto de posibles contaminantes evaluados con el comportamiento sobre la biocenosis. Los métodos biológicos más empleados se basan en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, que al ser transformados en datos numéricos se obtienen los "índices bióticos"; estos categorizan la calidad del agua, otorgando una puntuación. Los métodos biológicos, no se excluyen de la calidad fisicoquímica.

2.3.6. Índices biológicos

Los índices bióticos, son una de las maneras más frecuentes de establecer la calidad biológica de los cuerpos de agua (ríos, lagos, arroyos y otros). La diversidad taxonómica y los factores ambientales son necesarios para conocer parte de la complejidad de los ríos, es fundamental comprender su diversidad funcional, así como los mecanismos que controlan estos patrones, de tal manera que las valoraciones ecológicas tengan un concepto integral y proporcionen mayor precisión (Walteros et al., 2016).

La aplicación de índices bióticos a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, se ha desarrollado a nivel mundial, dentro de los índices más ampliamente empleados se puede mencionar los siguientes: Biological Monitoring Working Party (BMWP), adaptado y modificado para Colombiano por Roldán (1997; 1999 y 2003), Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera (EPT) de Carrera y Fierro (2001), aplicado en Argentina, Índice Biótico de Familia (IBF) modificado por Hilsenhoff, (1988), aplicado en Chile, Índice Biótico Andino (ABI) aplicado en Ecuador y Perú, estandarizado para Perú por Acosta et al., (2009).

- **Índice Biótico de Familia (IBF)**

El Índice Biótico de Familias (IBF), desarrollada por Chutter (1972) para ríos de Sudáfrica y ligeramente modificada por Hilsenhoff (1988), quien realizó la adaptación de los diferentes valores de tolerancia de una comunidad de macroinvertebrados en un único valor, donde establece una relación entre la tolerancia de las familias indicatoras (diversidad) y el total de individuos encontradas en ella (abundancia). El Índice Biótico de Familia se utiliza para la evaluación de diferente ríos de alta montaña (Figuroa et al., 2003); como también por su ideal desempeño correlacional con factores estresores como

contaminación química y alteración de hábitats. Este índice es muy útil, por su bajo costo que implica su aplicación; de fácil entendimiento y cálculo en el análisis de la calidad del agua, debido a que necesita la identificación de la comunidad solo a nivel de familia. (Cárdenas et al., 2018).

- **Índice Biótico Andino (ABI)**

El ABI (Andean Biotic Index) es un índice basado en el índice BMWP, aplicado para las estribaciones de los andes sobre los 2 000 msnm. El Índice Biótico Andino se ha probado en dos cuencas de Ecuador y Perú, para comparar con otras adaptaciones de BMWP usadas anteriormente en el área. En este índice están incluidas menos familias de macroinvertebrados que en otras partes del mundo, debido a que la altura restringe la distribución de muchas familias (Acosta et al., 2009).

En las zonas de los Andes el gradiente de altura es muy importante y tiene gran influencia en la presencia y a la resistencia a ciertos contaminantes. Además, varias consideraciones como el tipo de vegetación, el factor limitante como la altitud, no han sido tomadas en cuenta al momento de realizar adaptaciones del índice BMWP. En muchas regiones de Sudamérica se ha aplicado versiones del índice BMWP (Ríos-Touma et al., 2014).

2.3.7. Principales familias de macroinvertebrados

- **Baetidae**

De cabeza y piezas bucales hipognatas (hacia abajo), antenas largas (mayor que la cabeza), ojos simples (ocelos) laterales, branquias abdominales simples, de forma ovalada. Familia muy cosmopolita y abundante por presentar adaptaciones a diferentes hábitats y condiciones de los ecosistemas acuáticos (González et al., 2019).

- **Leptohyphidae**

Las larvas son robustas de patas cortas como también el abdomen, el primer segmento abdominal no presenta branquias, el segundo segmento abdominal y las restantes son cubiertas por branquias operculares grandes y de formas variables, que sirven como estructuras taxonómicas de géneros: subcuadrangulares, triangulares, subtriangulares u ovaes, filamentos caudales largos tamaño del cuerpo (González et al., 2019).

- **Leptophlebiidae**

Larvas ligeramente aplanadas dorsoventralmente, cabeza y piezas bucales prognata, (hacia adelante), branquias abdominales dobles en casi todos los

géneros con una lámina dorsal y otra ventral. Habitan ríos, arroyos desde el nivel del mar hasta los 4 000 metros y más, frecuentes en ríos, arroyos y quebradas de zonas altoandinas (González et al., 2019).

- **Perlidae**

Característicos de aguas frías, rápidas, turbulentas y muy oxigenadas, se hallan debajo de piedras, rocas, troncos, hojas, la gran mayoría son depredadores de otros macroinvertebrados (González et al., 2019).

- **Elmidae**

Todas las larvas son acuáticas de formas cilíndricas y aplanadas, presentan branquias caudales en forma de penacho cubierto por un opérculo y par de ganchos, mecanismo de respiración mediante el plastrón (setas hidrófobas) que atraen delgadas láminas de aire de la superficie, lo cual les permite estar sumergidos. Son adaptados para vivir en ríos oxigenados como también en lagos y aguas estancadas, se desplazan caminando sobre el sustrato (González et al., 2019).

- **Psephenidae**

Larvas completamente acuáticas, de forma ovalada a circular, aplanadas dorsoventralmente, presentan branquias abdominales ventrales. Se encuentra debajo de rocas, se desarrollan adheridas al sustrato, indicadores de aguas limpias y oxigenadas (González et al., 2019).

- **Hydrobiosidae**

Larvas con patas anteriores modificadas para capturar sus presas, fusión de la tibia, tarso y uña, semejante a una pinza, mesanoto y metanoto membranoso (no tienen escleritos dorsales), presenta pseudopatas anales largos y libres, construyen estuches protegido por piedras solo cuando ingresan al estadio de pupa (González et al., 2019).

- **Hydropsychidae**

Larvas de cuervo curvado en forma de "C", con dorso torácico (tres segmentos) esclerotizados, la cabeza ligeramente aplanada dorsalmente, los segmentos abdominales poseen lateralmente filamentos branquiales ramificados, los cuales son notorios solo en el último estadio larval, presenta pseudopatas anales largas y libres.

Esta familia construye redes de seda en zonas con diferentes corrientes, como también remansos quedando atrapado los detritos para su alimentación, colonizan diferentes sustratos como restos de vegetales, rocas, arenas, acumulados de

algas, cualquier espacio vacío o hábitat disponible, lo que concierne mayor tolerancia como la temperatura, muy distribuido y de abundancias significativas (González et al., 2019).

- **Hydroptilidae**

Considerados como “microtricópteros”, larvas con dorso torácico (tres segmentos) esclerotizados, no tiene branquias abdominales, los primeros estadios no forman estuche y solo el último estadio lo fabrican a base de seda y otros materiales presentes en el río, lo cual es determinativo el tipo de estuche que tejen para determinar a qué género pertenecen, los primeros estadios son muy diferentes a las larvas maduras.

Son caracterizados por fabricar sus casas (refugios), compuesta por partículas muy fina de arena, y se encuentran en el sustrato arenoso, su mayor abundancia es típica de zonas altas (González et al., 2019).

- **Corydalidae**

Las larvas son acuáticas, el abdomen posee traqueobranquias ya sean simples o compuestas, son depredadores. Habitan aguas de corriente rápida y limpias, también se observaron en fangos, aguas lentas o a orillas de los ríos (González et al., 2019).

- **Tipulidae**

Las larvas presentan una cápsula cefálica completa y cutícula unida alrededor de la cabeza, permitiéndole retraerse, presenta espiráculos abdominales terminales que son rodeados por 5 ó 6 lóbulos carnosos. Mayormente se encuentran en ambientes con materia orgánica, fango, hojas en descomposición, pantanos o fragmentos orgánicos; en aguas de corrientes rápidas y lentas. (González et al., 2019).

- **Ceratopogonidae**

Las larvas tienen la cabeza bien esclerotizada y expuesta, los segmentos corporales son diferenciados, respiran por el tegumento, son depredadores y detritívoros. Se encuentra en ambientes acuáticos, semiacuáticos y terrestres (González et al., 2019).

- **Chironomidae**

Cabeza, tórax y abdomen diferenciado, cabeza muy quitinizada, cuerpo generalmente cubierto de pelos o setas dispuestos en hileras, mechones distribuidos irregularmente. Presentan un par de parápodos en el primer segmento torácico y un par de parápodos en el último segmento abdominal con espinas o

uñas de variada forma y de bordes lisos o aserrados. Dorsalmente en el último segmento abdominal se observa un mechón de largas setas anales. Esta familia es característico por su abundancia y diversidad, colonizan diferentes tipo de sustrato como fangoso, grava, rocas, arcilloso, arenoso, sobre vegetación sumergida y sobre otros organismos, toleran ambiente contaminados por materia orgánica debido a sus mecanismos de respiración (hemoglobina presente en la hemolinfa) (González et al., 2019).

- **Simuliidae**

Larvas ligeramente curvado, cabeza bien diferenciada y esclerotizada, labro de la boca modificado, forma de peine (abanico cefálico o labral) que sirve para filtrar detritos para su alimentación, algunas larvas presentan manchas en el dorso. Protórax con corta proyección antero ventral (propata), abdomen con segmentos anteriores delgados y los terminales ensanchados. Extremo caudal del abdomen con un anillo posterior, compuesto por 60 -250 hileras de ganchos (cada hilera a su vez con 12 a 30 ganchos) que en conjunto actúa como estructura de fijación, similar a una ventosa, que sirve para adherirse a rocas, plantas o cualquier otro sustrato en zonas de corriente elevada.

Mayores abundancias la presenta en aguas muy oxigenadas (González et al., 2019).

- **Tabanidae**

Larvas de forma alargada, con espiráculos posteriores (respiración metapneústica), no presenta apéndices ni propatas en el tórax, pero tiene anillos o pseudópodos en los segmentos abdominales (Domínguez, 2009).

- **Empididae**

Larvas apnéusticas, presenta lóbulos caudales que terminan en finas setas, presenta 7 a 8 pares de propatas en el abdomen (González et al., 2019).

- **Dolichopodidae**

Larvas cilíndricas, coloración blanquecina y aguzada en la parte anterior, el extremo posterior termina en 4 lóbulos (2 dorsales y 2 ventrales) cubierto por espiráculos terminales. Región intersegmental con franja de microsetas negras (González et al., 2019).

- **Ephydriidae**

Las larvas son cilíndricas y aguzadas en el extremo anterior, mayormente presenta pubescencia evidente, ya sea cubriendo el cuerpo o en la zona intersegmental, espiráculos posteriores en el extremo bifurcados en dos

prolongaciones tubulares retráctiles, tiene pseudópodos sólo ventralmente que terminan en ganchos (González et al., 2019).

- **Tubificidae**

Pertenece a la clase Oligochaeta, estos miden entre 1,0 y 30,0 mm y tienen el cuerpo cilíndrico y segmentado (metámeros) con presencia de setas. Son característicos de aguas eutrofizadas, en fondos lodosos con carga orgánica en descomposición, su coloración es roja por la hemoglobina presente (Roldán, 1996).

- **Planariidae**

Pertenecientes al phylum Plathelminthes, conocidos comúnmente como planarias, son depredadores o carroñeros. Distribución amplia de aguas continentales como lagos, lagunas, estanques como también en ríos y arroyos (González et al., 2019).

- **Physidae**

Esta familia tiene una concha alargada sin opérculo y su abertura hacia el lado izquierdo. Viven mayormente en aguas abundantes por carbonatos de calcio, importante para la fabricación de su concha, son considerados indicadores de aguas alcalinas y duras (González et al., 2019).

- **Glossiphoniidae**

Pertenece a la clase Hirudinea, conocidos como sanguijuelas, son aplanados dorsoventralmente, su cuerpo compuesto por 34 metámeros en forma de anillos, también tiene dos ventosas en ambos extremos del cuerpo, que sirven para fijarse al sustrato y para adherirse a sus presas, su dieta consta de otros macroinvertebrados como oligoquetos y caracoles (González et al., 2019).

2.4. Marco legal

- **Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)**

Regula el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, que comprende agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta.

Según el ordenamiento legal peruano el agua es un recurso natural renovable que constituye patrimonio de la Nación y es un bien de uso público, cuya administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación. En consecuencia, no hay propiedad privada sobre el agua, correspondiendo al Estado la asignación de derechos patrimoniales a particulares, condicionado a su disponibilidad.

- **Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 002-2008-MINAM)**

El Ministerio del Ambiente dentro de las normas que le confiere la Ley aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua en el Perú DS N° 002-2008-MINAM, con el objetivo de conservar y preservar las aguas continentales superficiales de manera que sean aptas para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y su entorno, maximizando los beneficios sociales, económicos, medioambientales y culturales.

Los estándares de calidad ambiental (ECAs) definido como medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Asimismo, establecidos para la conservación del ambiente son de observancia obligatoria en todo el territorio Nacional para aguas continentales superficiales y teniendo en cuenta el tipo de cuerpo de agua (Lagos, ríos y estuarios).

Las aguas superficiales continentales se encuentran físicamente en proporciones acotadas con dinámicas muy distintas. Son utilizadas para diferentes propósitos o usos, no siempre compatibles y por lo tanto se requieren mecanismos de gestión y control.

El recurso hídrico es el sustento de una gran variedad de ecosistemas acuáticos, es por ello la importancia de establecer Estándares de Calidad Ambiental para la conservación del ambiente acuático, lo cual pueda servir como un instrumento de gestión y control en aquellas áreas delimitadas administrativamente para la conservación de ecosistemas frágiles y de aquellas áreas que albergan hábitats de importancia ecológica. Asimismo, garantizaría la supervivencia de los organismos acuáticos y las especies interdependientes, orientado a conservar el equilibrio ecológico.

- **Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Categoría 1: Poblacional y recreacional

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

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (subcuenca Caracha)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho
Departamento : Ayacucho
Provincia : Víctor Fajardo
Distrito : Sarhua
Localidad : Sarhua
Río : Caracha

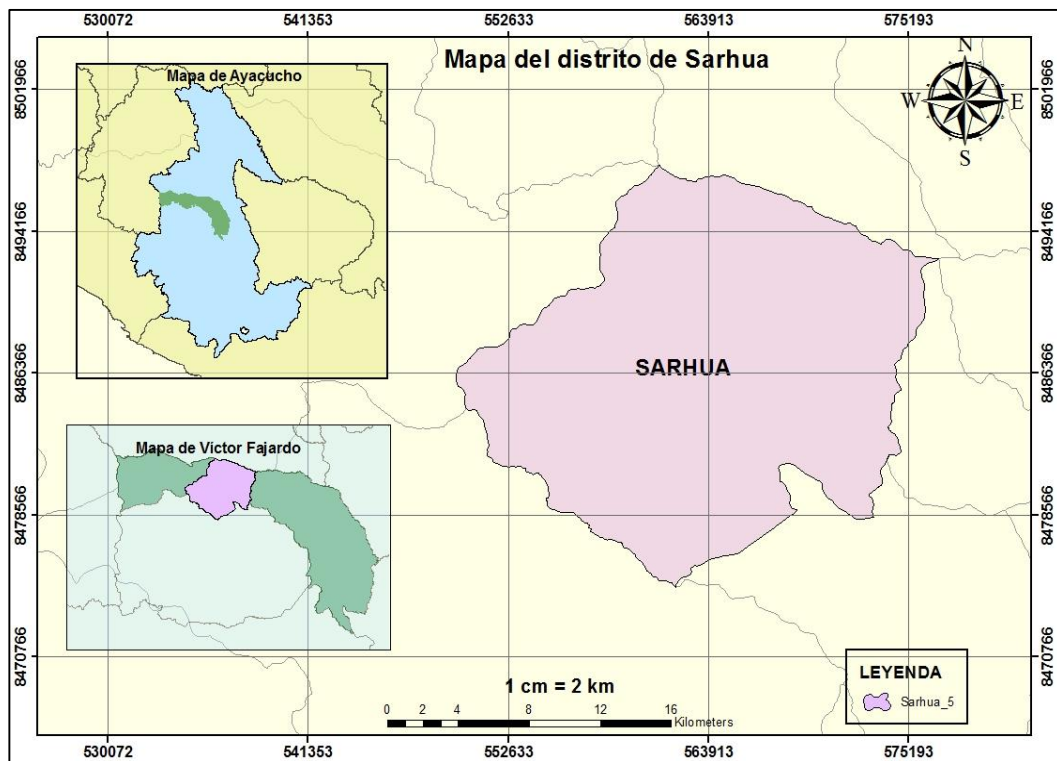


Figura 1. Mapa de ubicación política de la zona de estudio, localidad de Sarhua, Víctor Fajardo – Ayacucho.

3.1.2. Ubicación geográfica

El estudio se realizó en la subcuenca Caracha, donde se eligió un tramo del río, incluido las fuentes de aguas termales; se estableció tres zonas de monitoreo, y cada zona con dos estaciones muestrales. La ubicación geográfica y la altitud de las estaciones de muestreo fueron determinadas con un equipo de posicionamiento global (GPS), las que son detalladas en la Tabla 1 y Figura 2.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Estaciones de muestreo	Zona	Coordenadas WGS 1984 - UTM		Altitud (msnm)	Observaciones
		Norte (m E)	Este (m S)		
I	18L	575518.48 m E	8488309.01 m S	2681	Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
II	18L	575553.12 m E	8488331.28 m S	2680	Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
III	18L	575659.61 m E	8488890.26 m S	2678	Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
IV	18L	575878.68 m E	8489120.69 m S	2677	Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
V	18L	576024.48 m E	8490299.77 m S	2675	Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
VI	18L	576030.13 m E	8490308.07 m S	2674	Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

3.2. Descripción del río en estudio

El río Caracha es un tributario de la cuenca del río Pampas y sus aguas están destinadas para riego de vegetales y bebida de animales (Categoría A₃) (ANA, 2005). Esta unidad hidrográfica tiene una superficie de 4 288 km², un perímetro de 371 km, con altitud media de 4 000 msnm. y una longitud de cauce principal de 120 km. Existen varias lagunas que dan origen a la formación del río Caracha como: Turpococha, Huachhuaccasa, Chalhuanayo, Chinchinca, Palccamayo, Tiococha, Huanzo, Taccracocha, Orjoruccyo, Callcococho, Tipecc. En su desarrollo recibe el aporte de varios ríos tributarios como: Hellomayo, Iñipacclla, Huancasancos, Ccellocruz, Pucapuca, Churmi, Lucanamarca, Yanacolpa, Paliza y quebradas como: Negromayo, Mistipsaman, Yanocolpa, Osno, Sora, Pachachaca, Hyaulapata, Condorillo, (Anexo 1.). Esta unidad encierra lagunas de gran importancia económica: Turpococha (Pantoja et al., 2010).

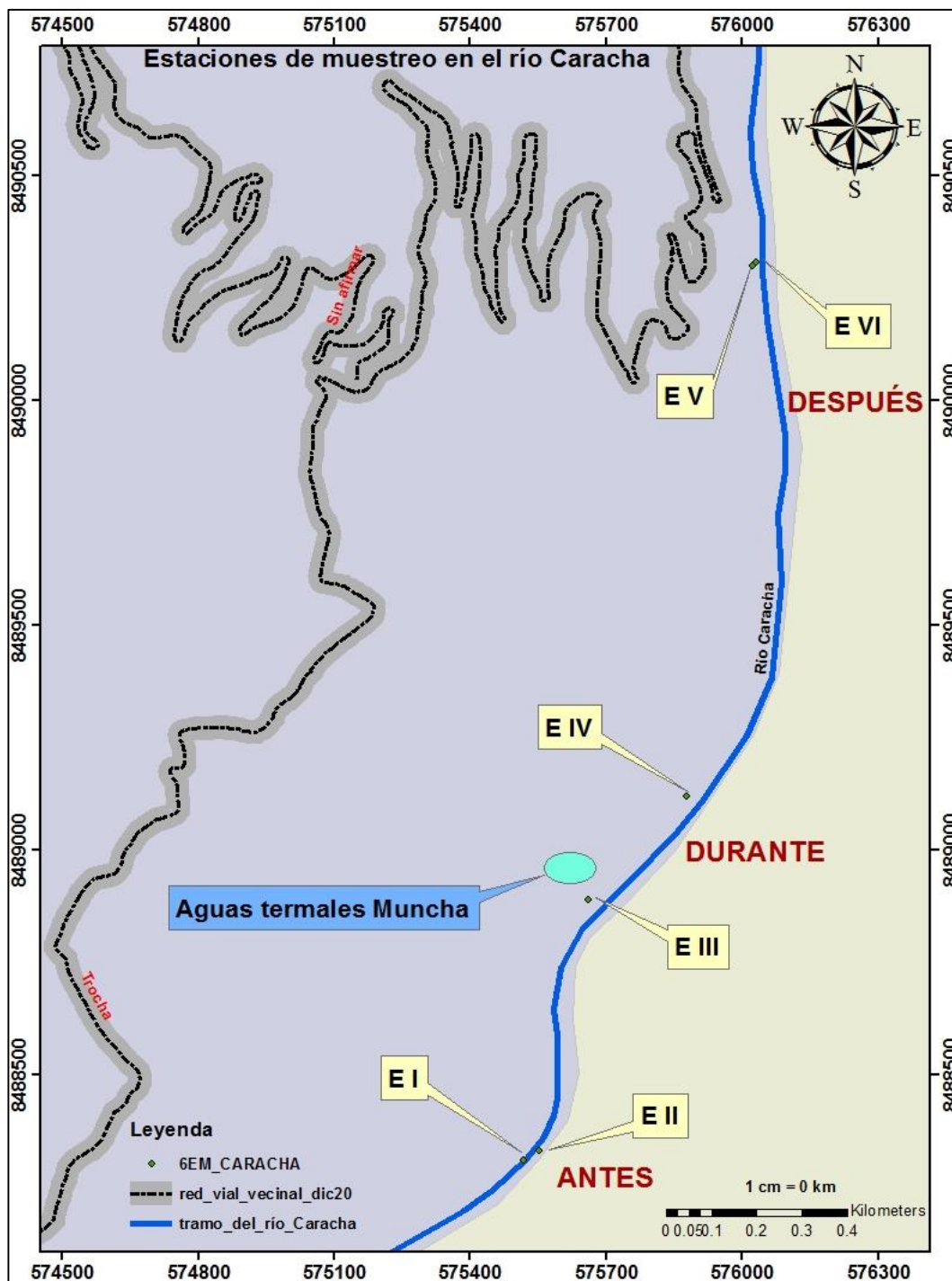


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

3.3. Población

Macroinvertebrados y agua del tramo del río Caracha, donde incluye las fuentes de hidrotermal y partes adyacentes (antes y después de las fuentes), ubicados en el distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo, durante los meses de setiembre de 2019 a enero de 2020.

3.4. Muestra

30 muestras de la comunidad macroinvertebrada bentónica y 30 muestras de agua ubicadas antes, durante y después de la presencia de fuentes de aguas termales del río Caracha, durante los meses de setiembre de 2019 a enero de 2020 y con una frecuencia mensual.

3.4.1. Sistema de muestreo

El sistema de muestreo empleado estuvo sujeto a un sistema constituido por dos etapas, siguiendo la recomendación de Ramírez (2005), para estudios de ríos que presentan fuentes puntuales de contaminación que alteran sus características.

La primera etapa de acuerdo a la ubicación de las fuentes de agua termales y previa prospección, se estableció determinísticamente las zonas de muestreo; antes de la influencia de las fuentes de agua termal, durante la influencia de las fuentes de agua termal y después de la influencia de las fuentes de agua termal.

La segunda etapa, a partir de la ubicación de las tres zonas, la colección de muestras de agua y macroinvertebrados en cada zona de muestreo se realizó siguiendo los lineamientos de un muestreo sistemático aleatorio, en la que cada toma de muestra se realizó en intervalos de 20 metros de distancia garantizando el cubrimiento de toda la zona tanto temporalmente como espacial.

3.4.2. Estaciones de muestreo

En cuanto a la selección de las seis estaciones muestrales se seleccionaron teniendo en cuenta el fácil acceso a ellas como, la cercanía de carreteras y caminos.

La distancia total del tramo del río en estudio fue de 2 270 metros aproximadamente, la estación III se ubicó cercana a la principal fuente de agua termal, la distancia entre ellas fue de cinco metros aproximadamente y la estación IV se ubicó cercanas a las fuentes de aguas termales secundarias que afloraron de forma dispersa en todo el lecho del río, razón por la cual no se tomó en cuenta el caudal de estas fuentes.

3.5. Metodología y recolección de datos

3.5.1. Colección de muestras de agua

Para la determinación de las características fisicoquímicas del agua en las tres zonas de muestreo, se usó el equipo multiparámetro determinándose in situ de variables como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales mientras que las demás variables fueron analizados durante las 24 horas posterior al muestreo, para evitar posibles variaciones (alcalinidad total, cloruros,

dureza total, turbidez, sulfatos y fosfatos), la metodología seguida fue la establecida por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 1997). Las muestras de agua se colectaron en frascos de PVC de aproximadamente 700 mL de capacidad, previamente lavados y enjuagados con agua destilada, fueron sumergidos en sentido contrario al flujo del curso de agua (antes se realizó dos enjuagues con el agua del río) hasta ser llenado completamente. Dichos frascos fueron previamente rotulados, por zona de muestreo y fecha, luego depositados en un cooler para su refrigeración a aproximadamente 4 °C (cuatro bolsas de hielo aproximadamente) y finalmente transportadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.5.2. Colección de muestras de macroinvertebrados

El muestreo de la comunidad de macroinvertebrados se ejecutó de acuerdo a las recomendaciones de Carrera & Fierro (2001), cuya técnica de recolección propone el uso de la red de Surber, con un área de muestreo 40 x 30 cm (1 200 cm²) y con una luz de malla de 0,5 mm. La muestra estuvo constituida por las colecciones que se realizó en cinco submuestras abarcando diferentes lugares con la finalidad de abordar todos los microhábitats posibles. Una vez llevado a cabo dicho procedimiento, la colección constituida por los macroinvertebrados bentónicos, restos de material vegetal y otros, fueron depositados en bolsas de polietileno, respectivamente rotulados por zonas y fecha de muestreo, conservadas con alcohol al 96% y finalmente trasladadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El trabajo en laboratorio consistió en seleccionar los componentes de la comunidad estudiada, para el cual se empleó bandejas de plástico de 15 x 40 cm, con la ayuda de lupas, estereoscopios y pinzas entomológicas. Los individuos seleccionados fueron agrupados por morfotipos y colocados en frasco viales a los cuales se agregó alcohol al 70% y gotas de glicerina. Para la identificación taxonómica se empleó las claves taxonómicas propuestas por Roldan (1988) y Fernández y Domínguez (2001), mediante la observación de estructuras morfológicas en microscopios y estereoscopios, concretando la información hasta el nivel de familias, requerido para calcular los índices biológicos.

3.5.3. Índices bióticos estimados

- **Índice Biótico de Familias**

Para el cálculo de este índice se tomó en cuenta lo siguiente: taxonomía de los organismos a nivel de familia, con sus respectivas abundancias y los puntajes de tolerancia (Tabla 3), aplicándose la siguiente expresión matemática.

$$IBF = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

Dónde:

N: Número total de organismos en la muestra

n_i: Número de Individuos en una familia

t_i: Puntaje de tolerancia de cada familia

Tabla 2. Valores de tolerancia de los macroinvertebrados bentónicos según el Índice Biótico de Familia (IBF)

Orden o Clase	Familia	Valor de tolerancia
Diptera	Athericidae	2
	Blephariceridae	0
	Ceratopogonidae	6
	Chironomidae (rojos)	8
	Chironomidae (rosados)	6
	Dolichopodidae	4
	Empididae	6
	Muscidae	6
	Psychodidae	10
	Simuliidae	6
	Tabanidae	6
Tipulidae	3	
Plecoptera	Plecoptera	1
	Perlidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiae	2
	Trycorythidae	4
Coleoptera	Helmidae	4
	Psephenidae	4
Megaloptera	Corydalidae	3
	Sialidae	4
Trichoptera	Glossosomatidae	0
	Helicopsychidae	3
	Helicophidae	6
	Hydropsychidae	4
	Hidrobiosidae	0
	Hydroptilidae	4
	Leptoceridae	4
	Amnicolidae	6
	Lymnaeidae	6
	Physidae	8
Chilinae	6	
Haplotaxida	10	
Lumbriculida	8	
Hirudinea	10	

Fuente: Hilsenhoff (1988) citado por Figueroa et al., (2003).

El valor 0 correspondió al menos tolerante a la contaminación, mientras que el valor 10 correspondió al mayor tolerante a la contaminación. Los valores del IBF se expresan en siete clases de calidad (Tabla 4), correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación.

Tabla 3. Valores del Índice Biótico de Familia (IBF), expresados en siete clases de calidad de agua.

Clase	Rangos del IBF	Calidad del agua	Color
I	< 3,75	Excelente	Celeste
II	3,76 – 4,25	Muy bueno	Azul
III	4,26 – 5,0	Buena	Verde
IV	5,01 – 5,75	Regular	Amarillo
V	5,76 – 6,50	Relativamente mala	Café
VI	6,51 – 7,25	Mala	Naranja
VII	> 7,26	Muy mala	Rojo

Fuente: Hilsenhoff (1988) citado por Figueroa et al., (2003).

• Índice Biótico Andino (ABI)

Para estimar este índice se asignó diferentes valores a cada familia y luego se sumó todos los valores, logrando obtener el Índice Biótico Andino.

$$ABI = \sum ti$$

Donde:

ti: Puntaje de tolerancia de cada familia

Tabla 4. Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del Índice Biótico Andino (ABI).

Orden	Familia	Puntuación ABI
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyalellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6

	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae (Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Fuente: CERA (Calidad Ecológica de Ríos Andinos).

En función de la Tabla 5, cada familia tuvo un valor, donde 10 fue la familia más sensible y 1 fue la más tolerante. La suma total de puntajes indica la calidad de agua, la cual se representa mediante colores.

Tabla 5. Categorías de la calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI)

Calidad	Puntaje	Color
Muy bueno	>96	Azul
Bueno	59 – 96	Verde
Regular	35 – 58	Amarillo
Malo	14 – 34	Anaranjado
Pésimo	<14	Rojo

Fuente: Acosta et al., (2009).

3.6. Tipo de investigación

El diseño de investigación fue de nivel descriptivo (de una sola casilla) que se basó en la colección de muestras sobre la realidad problemática que fue investigada, analizada e interpretada (influencia de las fuentes de agua termal); también fue cuantitativa ya que se evaluó las concentraciones de las características fisicoquímicas y las cantidades de las familias de macroinvertebrados con sus respectivas abundancias, posteriormente se determinó mediante métodos estadísticos la asociación o interrelación de las variables e indicadores utilizados.

3.7. Análisis de datos

Con los datos obtenidos de las características fisicoquímicas del agua, comunidad de macroinvertebrados e índices de calidad ambiental en las seis estaciones de muestreo se construyó una base de datos en los softwares IBM SPSS 25 e InfoStat, a partir del cual se obtuvo estadísticos descriptivos, los cuales fueron presentados en tablas y figuras. Con la finalidad de comparar las zonas y estaciones de muestreo en cuanto a las características fisicoquímicas del agua, las abundancias de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los índices bióticos, se empleó la prueba de comparación de medianas de Kruskal- Wallis a un intervalo de confianza del 95% ($\alpha < 0,05$) y se evaluó las diferencias significativas. También se usó las pruebas multivariadas (métodos estadísticos que analizan el comportamiento simultaneo y conjunto de más de una variable), dentro de estas técnicas se aplicó el análisis de Conglomerados (Clusters) y el Análisis de Componentes Principales.

3.7.1. Análisis de conglomerados

Técnica estadística descriptiva, atórica y no inferencial que busca agrupar elementos o (variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada

grupo y la mayor diferencia entre las estaciones y zonas de muestreo; para la obtención de información de los patrones que surgieron del conjunto de variables. Se emplearon el índice de Disimilitud de Bray-Curtis en base a datos biológicos utilizando las abundancias (para las características de la comunidad macroinvertebrada), y la Distancia Euclidiana para datos ambientales (para las características fisicoquímicas del agua).

3.7.2. Análisis de componentes principales

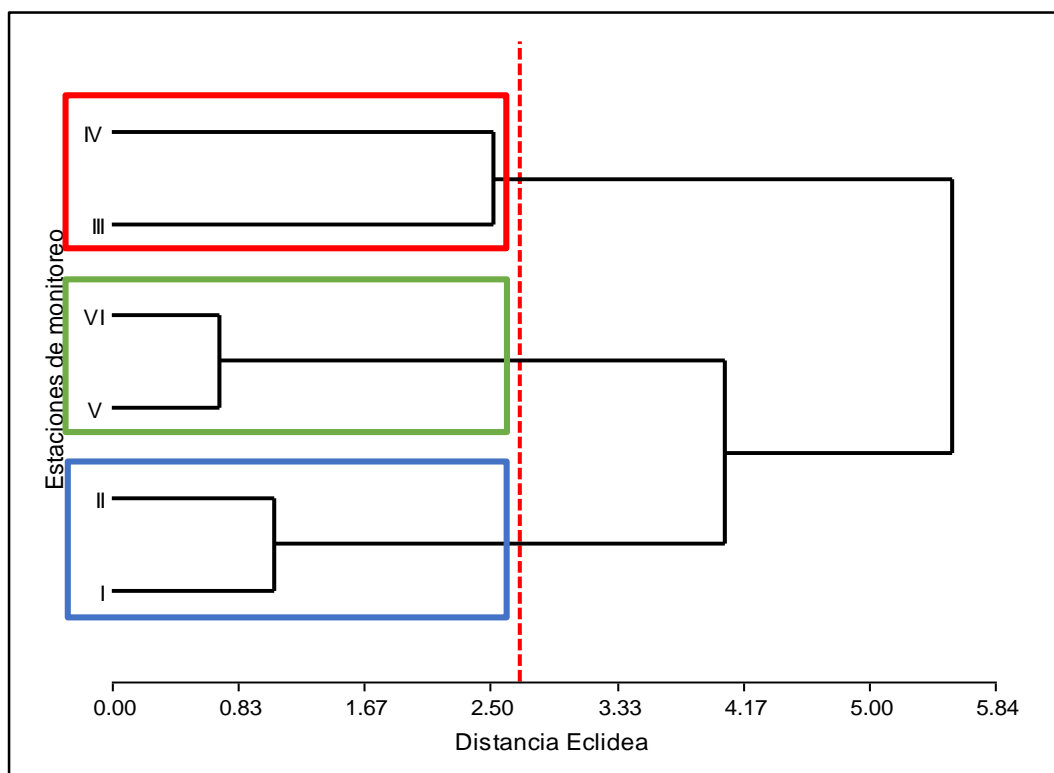
Técnica estadística de ordenación y síntesis de información, este método se utiliza con el objetivo de disminuir la dimensionalidad de las variables en dos o más nuevas variables que indiquen la mayor variabilidad de la información original. Fue aplicado con la finalidad de identificar las variables fisicoquímicas que está interrelacionadas y/o asociadas entre sí, y que influyen en las comunidades de macroinvertebrados en las zonas de muestreo a fin de reducir el amplio espectro de las variables en estudio en unos cuantos, denominados componentes principales.

IV. RESULTADOS

Tabla 6. Características fisicoquímicas promedio y desviación estándar de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Características fisicoquímicas	Estaciones de muestreo											
	Antes				Durante				Después			
	I		II		III		IV		V		VI	
	Media	D.S.	Media	D.S.	Media	D.S.	Media	D.S.	Media	D.S.	Media	D.S.
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	568	56	508	94	908	637	948	843	612	122	580	142
Cloruros (mg Cl/L)	175,0	27,6	161,0	25,3	219,0	113,0	266,0	179,4	155,0	25,7	160,0	25,7
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	748,0	143,2	688,0	74,3	1 492,0	1 252,2	1 524,0	1 205,6	944,0	107,1	908,0	90,1
pH	7,9	0,3	7,9	0,3	7,0	0,4	7,1	0,3	7,4	0,2	7,4	0,2
Conductividad eléctrica (uS/cm)	866,0	183,8	816,0	164,7	1 984,0	1 457,7	2 058,0	2 118,3	1 182,0	162,7	1 088,0	322,1
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	434,0	99,4	406,0	83,5	992,0	729,0	1 028,0	1 057,2	606,0	103,6	566,0	173,6
Temperatura (°C)	15,9	1,6	15,7	1,4	21,3	5,2	22,4	7,0	20,8	1,1	20,7	1,3
Turbidez (NTU)	25,0	4,2	24,1	4,3	26,5	4,5	32,5	13,9	28,2	6,4	29,1	9,3
Sulfatos (mg/L)	3 126,3	822,1	3 023,7	835,6	4 648,0	2 038,5	4 675,6	2 160,9	6 708,7	1 323,2	5 926,0	2 163,2
Fosfatos (mg/L PO ₃)	1,5	0,9	2,1	1,3	2,6	1,4	3,2	1,9	3,1	2,0	3,2	2,2

- I:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.



- I: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

Figura 3. Dendrograma del análisis de conglomerados en base a las características fisicoquímicas del agua en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Tabla 7. Composición y abundancia total de la comunidad de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Familias	Estaciones de muestreo						Total, org. (N°)	Presen/ estac. (N°)
	Antes		Durante		Después			
	I	II	III	IV	V	VI		
Baetidae	3 101,0	655,0	2,0	50,0	996,0	750,0	5 554	6
Leptohyphidae	138,0	66,0	0,0	13,0	113,0	43,0	373	5
Leptophlebiidae	42,0	50,0	0,0	0,0	1,0	0,0	93	3
Perlidae	2,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	2
Mesoveliidae	58,0	10,0	14,0	0,0	1,0	0,0	83	4
Corydalidae	22,0	2,0	6,0	3,0	24,0	15,0	72	6
Hydrobiosidae	36,0	53,0	9,0	0,0	5,0	3,0	106	5
Hydroptilidae	2,0	4,0	0,0	7,0	87,0	31,0	131	5
Hydropsychidae	228,0	118,0	17,0	0,0	2,0	2,0	367	5
Ceratopogonidae	16,0	8,0	17,0	34,0	19,0	28,0	122	6
Chironomidae	421,0	332,0	3 881,0	3 605,0	1 612,0	2 007,0	11 858	6
Dolichopodidae	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	1
Empididae	11,0	6,0	30,0	86,0	68,0	54,0	255	6
Ephydriidae	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1	1
Simuliidae	42,0	88,0	2,0	0,0	0,0	0,0	132	3
Tabanidae	1,0	0,0	6,0	8,0	7,0	11,0	33	5
Tipulidae	36,0	136,0	0,0	0,0	0,0	2,0	174	3
Elmidae	61,0	83,0	15,0	58,0	52,0	84,0	353	6
Psephenidae	2,0	5,0	1,0	2,0	1,0	5,0	16	6
Glossiphoniidae	2,0	4,0	1,0	12,0	13,0	16,0	48	6
Lumbriculidae	1,0	3,0	0,0	1,0	1,0	1,0	7	5
Tubificidae	21,0	0,0	718,0	366,0	46,0	88,0	1 239	5
Planariidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2	1
Physidae	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	4,0	6	3
Total, org. (N°)	4 244	1 634	4 719	4 246	3 050	3 146		
Total Fam. N°=24	21	18	14	14	19	18		

I: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.

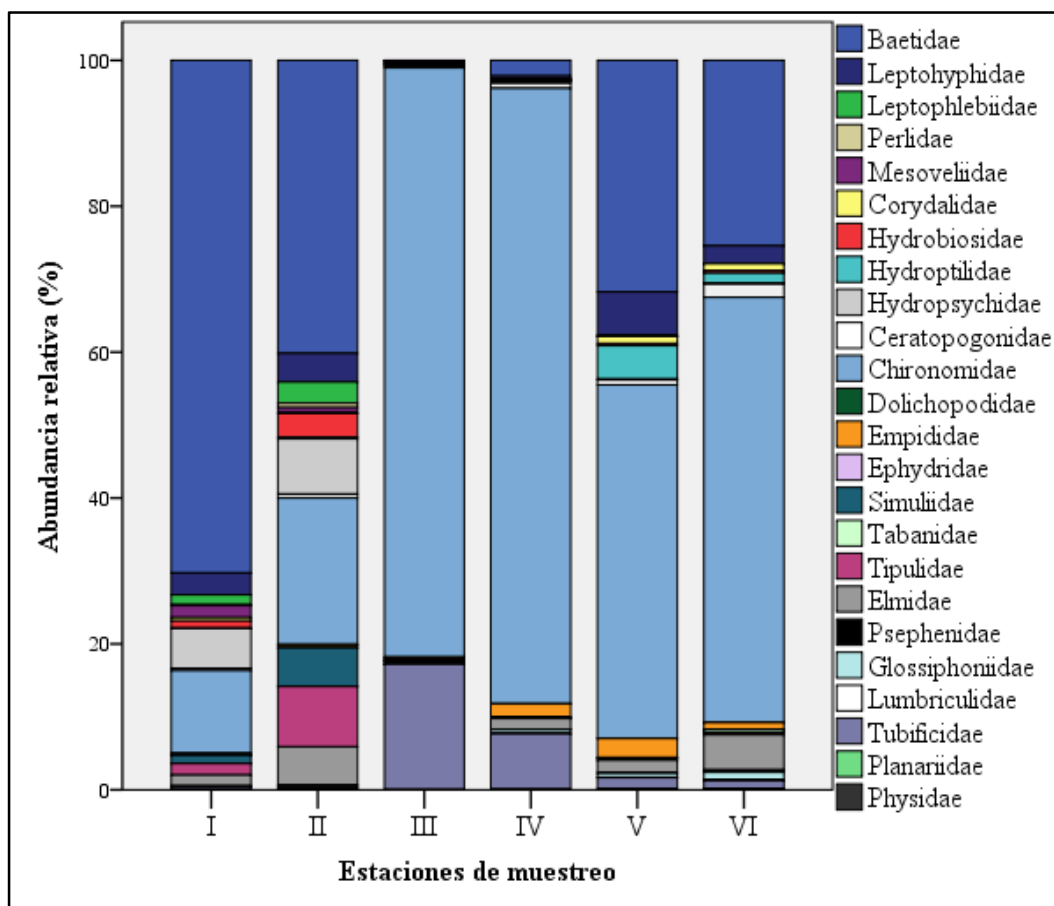
II: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.

III: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.

IV: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.

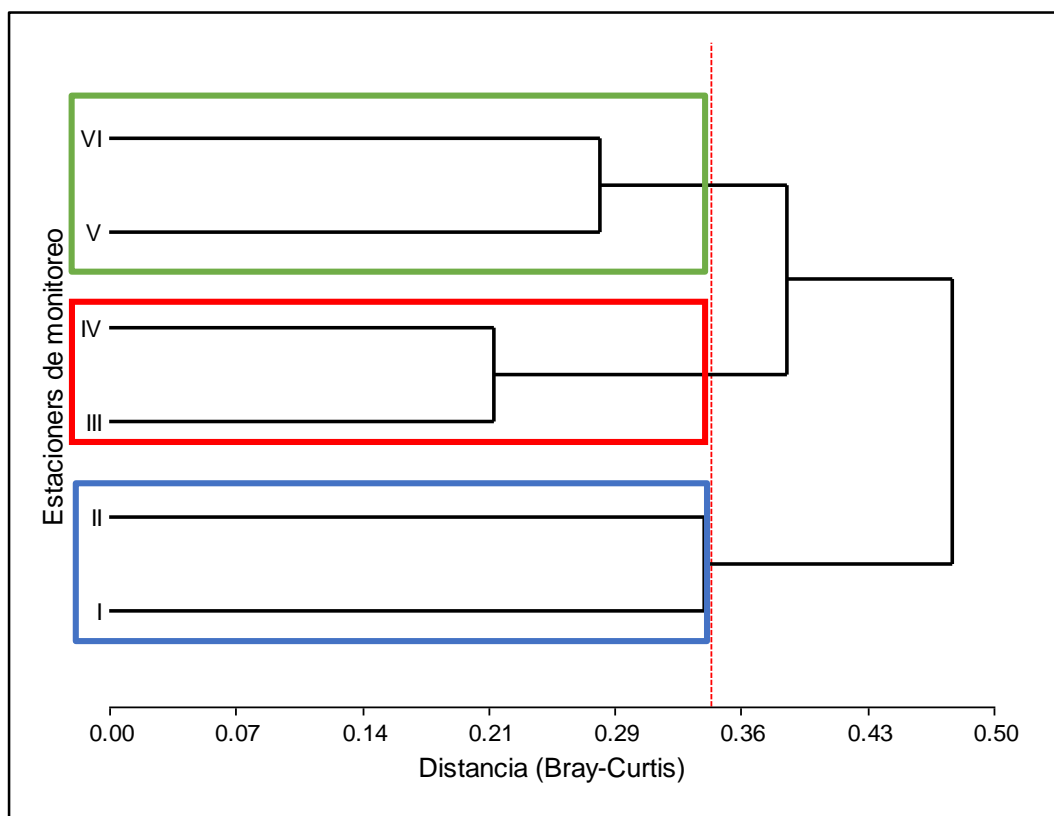
V: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

VI: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.



- I: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

Figura 4. Abundancia relativa de familias de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.



- I:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

Figura 5. Dendrograma del análisis de conglomerados en base a las abundancias de los macroinvertebrados de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Tabla 8. Categorías de calidad biológica por zonas de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal) ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Índices de calidad	Estaciones de muestreo					
	Antes		Durante		Después	
	I	II	III	IV	V	VI
Puntos IBF	4,0	4,1	6,7	6,2	4,9	5,2
Puntos ABI	58,6	65,0	23,8	26,8	39,6	43,6

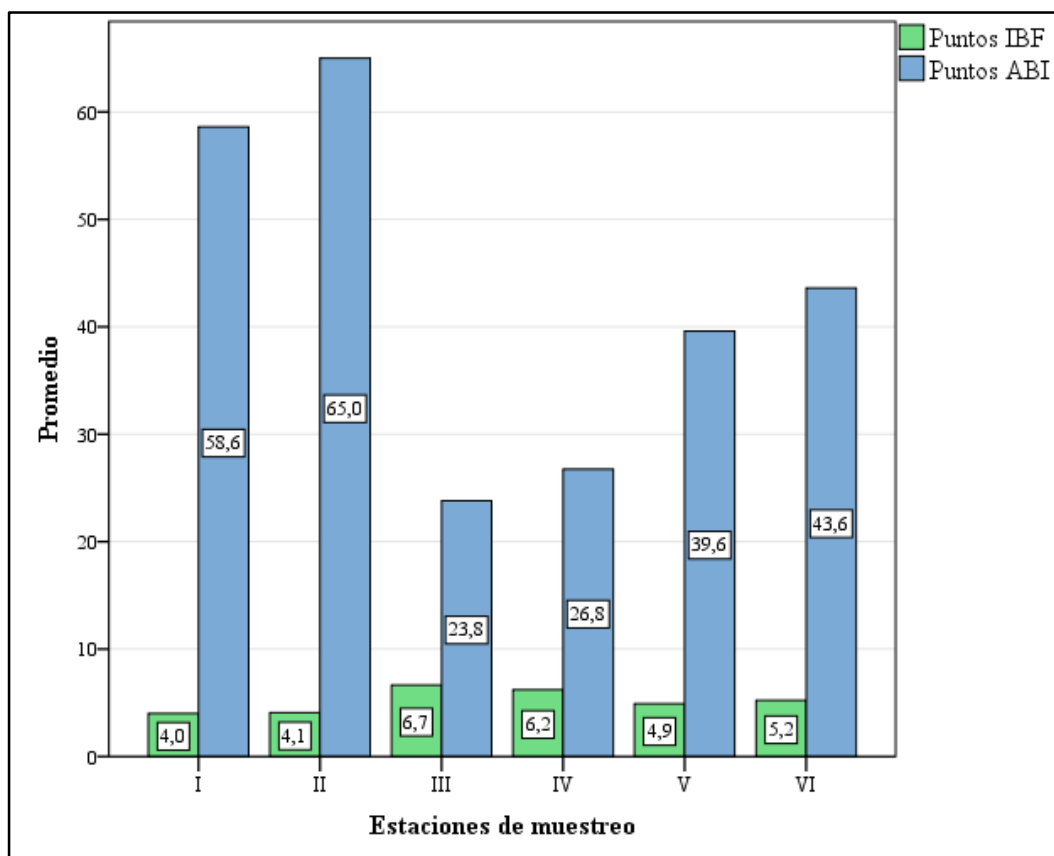
IBF categorías

	Muy Bueno
	Mala
	Relativamente Mala
	Buena
	Regular

ABI categorías

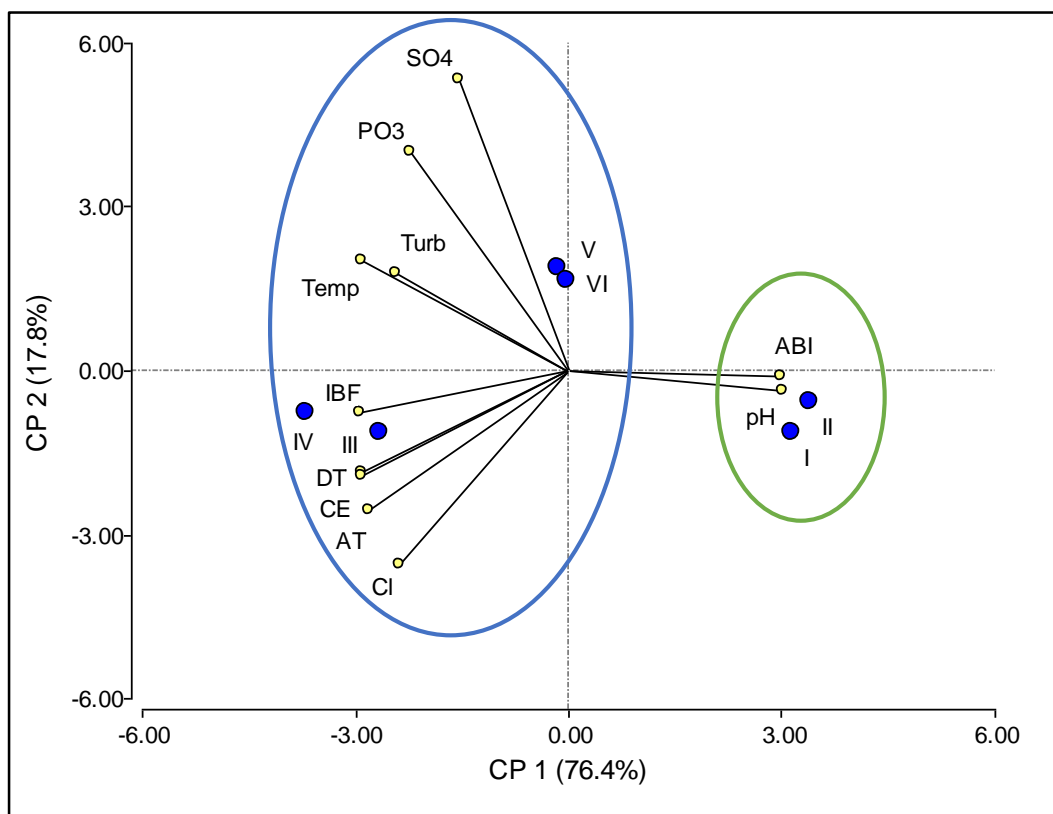
	Buena
	Mala
	Regular

- I:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II:** Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV:** Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI:** Después de la influencia de las fuentes de agua termal.



- I: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- II: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
- III: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- IV: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
- V: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
- VI: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.

Figura 6. Índices bióticos promedios por estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.



I: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
II: Antes de la influencia de las fuentes de agua termal.
III: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
IV: Durante la influencia de las fuentes de agua termal.
V: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
VI: Después de la influencia de las fuentes de agua termal.
(SO₄: sulfatos; PO₃: fosfato; Turb: turbidez; Temp: temperatura; DT: dureza total; CE: conductividad eléctrica; AT: alcalinidad total; Cl: cloruros y pH).

Figura 7. Representación del análisis de componentes principales según las características fisicoquímicas del agua e índices de calidad basado en macroinvertebrados de las estaciones de muestreo (antes, durante y después de las fuentes de agua termal), río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 6, se muestra los valores promedio de las características fisicoquímicas del agua del río Caracha, en seis estaciones de muestreo ubicadas antes, durante y después de las fuentes de agua termal. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presentaron concentraciones máximas de 2 058 uS/cm y 1 028 mg/L en la estación IV, y mínimos 816 uS/cm y 406 mg/L en la estación I. Para la variable de conductividad eléctrica estos valores registrados son normales para aguas de origen subterráneo que oscilan entre 500 y 2 000 μ S/cm (Zamora & Valdizón, 2014), y también para las fuertemente mineralizadas (Roldán & Ramírez, 2008).

Las concentraciones de alcalinidad fueron diferentes, donde el menor valor se presentó en la estación V (155 mg/L CaCO_3) y el mayor dato en IV (948 mg/L CaCO_3); el incremento explicaría la influencia de las fuentes de agua termal, ya que estas presentaron concentraciones promedio de 1 540 mg/L CaCO_3 . Barraza (2017), en su investigación de las fuentes termales encontró concentraciones de alcalinidad que oscilan entre 365 a 813 mg/L CaCO_3 y que relacionó también a la presencia de los silicatos y boratos, en comparación, se podría afirmar que las fuentes termales del río Caracha poseen también propiedades alcalinas y/o carbonatadas.

Del mismo modo los valores altos de sólidos disueltos, estaría relacionado con el tipo de fuente de la cual proviene su concentración, para este contexto, serían las relaciones edáficas, más no relacionado a la productividad, presente en la mayoría de las agua naturales (Roldán & Ramírez, 2008).

Los valores encontrados son similares a los registrados por Palomino (2015), quien reportó valores medios sumamente elevados de conductividad eléctrica (2 529 μ S/cm) y sólidos disueltos (1 264 mg/L) esto probablemente comprendió a que dicho recurso hídrico presentó aguas termales en las cabeceras del río altoandino en la zona de estudio.

Asimismo la temperatura con mayor variación se produjo en las estaciones III y IV con valores de 21,3 y 22,4 °C respectivamente, valores que estarían determinados por la influencia de las fuentes termales (valor promedio de 29 °C); además la temperatura desempeña un papel importante en la relación con los sólidos disueltos y por lo tanto, con la conductividad eléctrica, haciendo que estas se incrementen, cuando la temperatura aumenta (Zamora & Valdizón, 2014).

De igual forma, la dureza total presentó también significativas variaciones, con valor mínimo de 908 mg/L CaCO₃ en VI y máximo de 1524 mg/L CaCO₃ en IV. Martínez & Pujante (1999), señaló valores de 498,4 – 2 848 mg/L CaCO₃ en aguas influenciada por manantiales, también ratificó que los valores altos, al igual que la alcalinidad, estaría relacionado con el tipo de terreno (calcáreos o triásicos) dominados por yesos, sulfatos y cloruros.

Los valores de sulfatos observados van desde 3 023,7 mg/L en II, a 6 708,7 mg/L en V, este último valor es el máximo, incluso con respecto al valor promedio de las fuentes termales (5 179,9 mg/L); según Roldán & Ramírez (2008), las aguas naturales presentan valores desde 2 a 10 mg/L de sulfatos, cuyo incremento podría estar determinado en zonas volcánicas, como también, por disolución de rocas que contengan compuestos como CaSO₄ y FeS₂ (interacción agua – suelo/roca). Asimismo, los sulfatos no cumplen con los estándares de calidad (ECA agua) para ríos de categoría A₃; con valores por encima de los límites establecidos; 1 000 mg/L. La presencia de sulfatos en el agua no solo se debe a influencia de las fuentes de agua termal, sino también la característica geológica de la zona, especialmente volcánica.

Otra variable fisicoquímica que juega un papel muy importante en el comportamiento del azufre es el pH, que en las fuentes termales se registró un valor de (6,8), se entiende que a valores de pH inferiores a 8,0 comienza a formarse rápidamente gran cantidad de H₂S, en estas condiciones, el H₂S causa problemas de corrosión y olor (Roldán & Ramírez, 2008); esta, sería la explicación por la cual se manifiesta el olor fétido (a huevo podrido) en lugares cercanos a las fuentes de agua termal en el tramo del río Caracha.

En el Anexo 3 se muestra los valores promedios de las características fisicoquímicas de las fuentes de agua termal, presentando valores mayores como la alcalinidad total (1 540 mg/L CaCO₃), cloruros (395 mg Cl/L), dureza total (2 762,5 mg/L de Mg), conductividad eléctrica (4 021,3 uS/cm), sólidos disueltos totales (2 011,3 mg/L), sulfatos (5 179,9 mg/L), temperatura (29 °C) y un pH

ligeramente ácido (6,8); los cuales tienen efectos directos en las estaciones III y IV (zona influenciada por las fuentes de agua termal), al presentar valores altos con respecto a las demás estaciones I, II, V y VI (antes y después de las fuentes termales).

Huamaní (2003), realizó un inventario de las fuentes termales y minerales en algunas regiones del Perú, donde encontró valores de temperatura que oscila entre los 8 y 88 °C, pH 4,5 – 9,2 y conductividad eléctrica de 0 a > 20 000 uS/cm, menciona así mismo que las fuentes están relacionadas a fallas locales y regionales con rumbo andino, así como la presencia de rocas intrusivas (plutónicas) y extrusivas (volcánicas), posibles características geológicas que presentarían las fuentes termales del río Caracha.

Para Vargas (2010), las fuentes termominerales, son aquellas que presentan temperaturas mayores en 5 o 6 °C a la temperatura del lugar y contenido de iones en solución más de 1 000 mg/L, información que ayudó a categorizar como aguas termominerales a las fuentes de agua termal del río Caracha, de propiedades principalmente térmicas y relacionado a las concentraciones de iones y/o sales.

Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis (Anexo 4), en la que se comparó las estaciones de muestreo según las características fisicoquímicas, se halló que mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) para 6 de las 10 determinadas, siendo éstas: dureza total, pH, conductividad, sólidos disueltos totales, temperatura y sulfatos; dándonos a conocer que hay diferencia y/o variabilidad, es decir las características fisicoquímicas en las estaciones muestrales son diferentes enmarcados por las características geológicas de la zona y principalmente por la influencia de las fuentes de agua termal que estarían modificando dichas características de las aguas del río Caracha.

La Figura 3 demuestra el dendrograma del análisis de conglomerado de las zonas de muestreo en base a las características fisicoquímicas. A una distancia euclídea de 2,6 aproximadamente, se formó tres cluster o conglomerados independientes en función a la heterogeneidad de los datos encontrados.

Un primer conglomerado formado por las estaciones III y IV, por presentar concentraciones fisicoquímicas altas debido a la incorporación de las fuentes de agua termal, un segundo grupo conformado por V y VI, y un tercer y último conglomerado formado por la estación I y II; ambos grupos presentaron valores fisicoquímicos casi estables, al presentar poca o nula influencia respectivamente de las fuentes de agua termal.

En la Tabla 7 se muestra la composición taxonómica, abundancia total por familias y distribución en las estaciones de muestreo. Composición compuesta por 24 familias de las cuales, 21 y 18 corresponden a I y II, 14 a III y IV, 19 y 18 corresponde a V y VI respectivamente. Cabe señalar que existió notable disminución de taxas y/o familias en III y IV (durante las fuentes de agua termal). En comparación con los estudios de Acosta (2009), demostró que la composición de taxas disminuye de 17 familias en aguas con comunidades de briófitas y macrófitas, a 13 familias en travertinos presentes de la cuenca alta del río Cañete; estas estructuras son rocas formada por depósitos de calcita en manantiales y fuentes termales.

De igual forma en los estudios de Hellmann et al. (2015) demostró la disminución de familias en arroyos con orígenes de manantiales; de 23 taxas en arroyos naturales a 17 familias para arroyos caracterizado por la presencia de piedras caliza (roca sedimentaria compuesta la mayor parte por carbonato de calcio, es soluble en aguas ácidas y afectado por altas y bajas temperaturas denominados ecosistemas cársticos), siendo más abundantes los chironomidos y otras taxas no Insecta (crustáceos).

Esta diferencia podría atribuirse a las condiciones extremas en función a sus características fisicoquímicas propias que presentan las fuentes termales las cuales influyen en las aguas superficiales de esta zona produciendo cambios en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, alterando su composición y estructura (Torralba, 2009).

En cuanto a la abundancia y frecuencia, la familia Chironomidae (Díptera) es el primero con mayor número de individuos con un total de 1 1858 individuos, frecuente en todas las estaciones, siendo mayor en las estaciones III y IV se; semejante que Tubificidae (Haplotaxida), presentes en (I, III, IV, V y VI), con mayor número de individuos en III y IV, ésta manifestación de aumento de la abundancia estaría relacionado con la capacidad de tolerancia de las dos taxas, a condiciones anormales, como son las fuentes termales del río Caracha; ambas familias se caracterizan por colonizar ambientes acuáticos contaminados especialmente de materia orgánica (Roldán & Ramírez, 2008), y posiblemente excelentes colonizadores de ambientes contaminados de forma natural como son las fuentes de agua termal, que a la vez estaría reflejando condiciones idóneas para la supervivencia de estas familias.

Por otro lado, adicionalmente a los factores adversos en las condiciones del medio físico para estas familias, también se toma en cuenta el tipo de recursos presentes

en estos medios. Las fuentes de agua termal al incorporarse en las aguas del río superficial, existe un intercambio de nutrientes favorables, la biodisponibilidad de estos componentes está determinado por el desempeño que juegan los microorganismos como los quimiótrofos, pudiendo encontrar las bacterias reductoras de azufre, cianobacterias y otros (Martínez & Pujante, 1999) y que participan en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, asimismo el zooplancton, fitoplancton como las diatomeas relacionado con los silicatos, componente fisicoquímico que podrían estar presente en las aguas subterránea, favoreciendo en la alimentación a ambas familias generalistas ya que son considerados como colectores y filtradores de sedimentos para este tipo de ambientes (La Matta, 2020).

Mientras, familias como Baetidae (Ephemeroptera), resultó ser el segundo con mayor número de individuos en total (5 554 individuos) y se encontró presente en todas las estaciones de muestreo, de igual forma la familia Leptohyphidae (Ephemeroptera), frecuentes en cinco estaciones (I, II, IV, V y VI); ambas familias demostraron reducción del número de individuos durante las fuentes de agua termal (III y IV); cuyo comportamiento está enmarcado con la afirmación de (Roldán, 1996), los efemerópteros son cosmopolitas y la familia Baetidae colonizan una mayor diversidad de hábitats, y desde el punto de vista de Flowers & de la Rosa (2010), la familia Leptohyphidae, muchas veces se encuentran dentro del fango, las cuales pueden llegar a tolerar niveles relativamente altos de contaminación.

Los simúlidos (Díptera) de frecuencia solo en tres estaciones (I, II y III), también se observó que la mayor cantidad de individuos encontrados fue en I y II, y disminuyendo en III. De igual forma la familia Perlidae (Plecoptera), asegura su presencia en I y II, según (Roldán, 1996), ambas taxas viven en aguas bien oxigenadas de corrientes rápidas y muy limpias, probablemente las aguas de la zona antes de las fuentes de agua termal (I y II), sean muy oxigenadas y que carecen de factores ambientales perturbantes.

Mientras que familias como Dolichopodidae (Diptera), en la estación I, Ephydriidae (Diptera) en V y Planariidae (Seriata) en VI, de frecuencia solo en una estación muestral, explicación atribuido al comportamiento ecológico de las propias familias, para Ramírez (2005), la competencia interespecífica (entre diferentes especies) constituye la principal variable que incide en la ausencia de una especie, la cual puede erróneamente ser interpretada como un efecto ambiental poco o no tolerado, como producidos, por las fuentes de agua termal.

La Figura 4 representa la abundancia relativa de la composición de macroinvertebrados presentes en el estudio; donde se enfatizó gráficamente la abundancia y frecuencia de las principales familias en las estaciones de muestreo. Para la familia Chironomidae, su distribución abarcó todas las estaciones de muestreo (seis estaciones), predominando en III y IV con más del 80% de abundancia relativa; en V y VI el 60% y abundancias menores al 20% en I y II; si bien es considerada como indicadores de ambientes alta o medianamente contaminados. Olarte & González (2018), en su investigación relacionó los parámetros fisicoquímicos que más influyen en la presencia y abundancia del taxón Chironomidae, siendo: pH ácido, conductividades y temperatura bajas y altas. Mientras que para Castro et al. (2020), las altas abundancias y distribución de esta familia, estaría relacionado a la contaminación por los metales pesados. En muchos estudios se afirmó que las fuentes subterráneas proporcionan alto contenido de metales; de igual forma aguas abajo del río Caracha se registró concentraciones elevadas de arsénico, los cuales se debe a territorios de carácter volcánico (Gamboa, 2018).

De la misma manera, la familia Tubificidae, presentó la mayor cantidad de individuos aproximadamente 20% en III y IV, menores al 5% en V y VI y menor al 1% en I. Olarte & González (2018); demostró que el pH ácido y temperatura influye en la presencia y abundancia de la familia Tubificidae. Asimismo, Barquin & Muerte (2011) encontró taxas como Nematoda, Oligochaeta y Chironomidae; este último presentó alta densidad relativa en fuentes de manantiales, determinado por efectos de bajas temperaturas (5,1–12,6 °C), y probablemente por las características geológicas en las que se encuentran dichas fuentes. Si bien los manantiales no presentan obligatoriamente temperaturas altas, comparten en común con las fuentes termales; la surgencia de estas, que es agua subterránea y la variación de la composición fisicoquímica diferente a las aguas superficiales. Por lo tanto, ambas familias prosperan en III y IV, y medianamente en V y VI, zonas que presentarían condiciones favorables fisicoquímicamente, y todo relacionado a los procesos que concierne a los efectos por fuentes termales, favoreciendo a ciertas especies y creando circunstancias intolerables para otras. De igual forma la presencia y altas abundancias de ambas familias guardaron relación con los altos contenidos fisicoquímicas de las zonas durante la influencia de las fuentes de agua termal. La familia Baetidae se encontró distribuidas en las tres zonas (antes, durante y después de las fuentes termales), donde predominó

más del 60% en la estación I; 40% en II, disminuyó en III y IV; menor al 5% de su abundancia, e incrementó más del 20% en V y VI. La disminución de su abundancia puede estar involucrada por la alta sensibilidad a los procesos de degradación e impacto antropogénico, o de cualquier naturaleza. En las investigaciones de Flowers & de la Rosa, (2010), la familia Baetidae, logró tolerar amplios valores de temperatura y, hasta cierto punto a la contaminación; sin embargo, ninguna especie del orden Ephemeroptera puede sobrevivir a niveles altos de contaminación (valencia ecológica), condición semejante a la contaminación natural por fuentes termales en la estación III y IV. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis (Anexo 5), en base a las abundancias de las familias de macroinvertebrados; las cuales: Baetidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Mesoveliidae, Hydropsychidae, Chironomidae, Simuliidae, Tipulidae y Tubificidae; fueron diferentes y/o variables significativamente ($p < 0,05$), entre las estaciones de muestreo.

En la Figura 5 se representó el dendrograma del análisis de conglomerados en base a la composición y abundancia de macroinvertebrados presentes en las zonas de estudio. A una disimilitud de 0,3 aproximadamente se formó tres conglomerados o clusters diferentes; el primer cluster formado por la estación por V y VI, agrupados al poseer regular composición y prevalencia en abundancia de las familias Baetidae y Chironomidae en zonas después de la influencia de las fuentes de agua termal, el segundo grupo conformado por III y IV al presentar mayor reducción de familias y abundancias de las familias Chironomidae y Tubificidae en aguas influenciadas por las fuentes de agua termal y un tercer grupo formado por I y II por presentar la mayor composición de familias y mayores abundancias de Baetidae, Hydropsychidae y Leptohiphidae para aguas sin tensores ambientales.

En la Tabla 8 se detalló las categorías de calidad biológica en las estaciones de muestreo; determinados por dos índices (IBF e IBA). El Índice Biótico de Familia que presenta siete categorías o niveles de calidad, de los cuales solo cinco clases fueron obtenidos para el estudio; la mejor calidad biológica presentó la zona antes de las fuentes de agua termal (I y II), categorizado como “muy bueno” representado por el color azul en ambas estaciones, la estación III categorizado como “mala” calidad de color anaranjado; IV como “relativamente mala”, color marrón; V como categoría “buena” de coloración verde y VI categorizado como “regular”, color amarillo.

Para el Índice Biótico Andino de cinco categorías y halladas tres niveles, la zona antes de las fuentes termales presentó “buena” calidad, (color verde); la peor calidad biológica lo presentó las estaciones III y IV, categorizados como “mala” calidad, representado por el color anaranjado; V y VI representados por el color amarillo, son categorizados como aguas de “regular” calidad. Con la aplicación de estos índices podemos destacar que I y II presentó aguas de calidad biológica “muy buena” a “buena”; pero una vez que el curso del río entra en contacto con la fuentes termales en las estaciones III y IV , éstas presentaron una calidad de “mala” a “relativamente mala”, y metros abajo en V y VI, liberando los efectos que las fuentes produce, presentó calidad de “regular” o incluso calidad “buena”; en otras palabras el río Caracha estaría recuperando la calidad biológica después de haber sido perturbado por dichas fuentes que tienen el mismo efecto de contaminación de origen antrópico. La capacidad de resiliencia lo proporcionan los sistemas fluviales al autodepurarse o rehabilitarse hasta llegar al equilibrio (Sabeter & Cortéz, 2009), permitiéndoles recuperar la calidad ecológica y biodiversidad, a través del monitoreo de las comunidades de macroinvertebrados o específicamente al monitorear los bioindicadores ambientales.

De igual forma la Figura 6 describe la representación gráfica y comparación de ambos índices bióticos (IBF y ABI). Mediante el IBF se calculó la puntuación mínima; 4,0 en la estación I y puntuación máxima de 6,7 en III; los puntajes bajos indicaron mejor calidad y lo altos, mala calidad; lo que no ocurrió para el ABI de puntaje mínimo; 23,8 en la estación III y como puntaje máximo 65 en II; fue antagónico, los puntajes bajos indican mala calidad y los puntajes altos buena calidad.

La prueba estadística realizada a los dos índices bióticos (IBF e IBA), fue el análisis Kruskal – Wallis (Anexo 6), con una confiabilidad al 95%, se determinó que ambos índices bióticos tanto como el Índice Biótico de Familia y el Índice Biótico Andino son significativos estadísticamente para este estudio; los índices y por lo tanto las calidades biológicas son diferentes en las estaciones muestrales; variabilidad enmarcada al efecto de las fuentes de agua termal sobre la comunidad macroinvertebrada del río Caracha.

La Figura 7 representa los resultados del análisis de componentes principales, donde el 76,4% proporciona más información para la primera componente principal en cuanto a las variables fisicoquímicas, índices biológicos (IBF y ABI) y las estaciones muestrales.

Por un lado, indica que la calidad biológica estimado por el ABI, estaría determinado por las características fisicoquímicas, principalmente el pH, en las estaciones I y II. El pH en ambas estaciones es de 7,9; considerado de valor neutro, podría ser la adecuada para la presencia de comunidades macroinvertebradas bioindicadoras como: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Perlidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Simuliidae, Tipulidae y otros, que categorizaron como “buena” calidad en la estación antes de las fuentes de agua termal. Caso similar nos proporciona la investigación de La Matta (2020), donde asoció del índice ABI de calidad mala y muy mala con el pH y metales pesados, en aguas influenciadas por drenaje de ácido roca, que es la formación aguas muy acidas producto del lixiviado de rocas mineralizadas sulfurosas que dan lugar a procesos de oxidación abiótica y biótica, y en consecuencia presentó cambios en la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados, siendo dominantes las familias tolerantes como Ceratopogonidae, Chironomidae, Empididae e Hydracarina. Probablemente el ABI se asocie mejor con la variable pH. Por otro lado, los máximos valores fisicoquímicos (sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, alcalinidad total y cloruros), guardan cierta relación entre ellas en III y IV (durante la influencia de las fuentes termales); zona caracterizada por poseer calidad “mala y relativamente mala” mediante el uso del IBF. La mala calidad biológica en esta zona estaría representada por las familias indicadoras Chironomidae y Tubificidae al ser tolerantes y de altas abundancias. Para Roldán & Ramírez (2008), enfatizó que la conductividad juega un papel importante en el metabolismo de los ecosistemas acuáticos; de manera que las altas diversidades de especies corresponden, a bajas conductividades y viceversa, junto con la alcalinidad, los cloruros, y otros; eso explicaría la dominancia de ambas familias cercanas a la fuentes termales. Adicionalmente la temperatura presento cierto grado de asociación con el IBF, como indicó Olarte & González (2018); para temperaturas mayores a la temperatura promedio, existe reducción de la riqueza de la comunidad de especies, pudiendo afectar la eclosión de huevos y la reproducción de los mismos. En cuanto a los estudios de Martínez & Pujante (1999); las características fisicoquímicas de tres manantiales resultó ser muy variables entre ellos y con valores muy altos principalmente temperatura (18 - 26 °C), conductividad (904 - 4550), pH (7,2 - 8,1), alcalinidad, dureza total, cloruros y otros, modificando así la composición de macroinvertebrados, se reportó además otros grupos diferentes

al phylum insecta, como: oligoquetos, crustaseos, molusca, y en los insectos acuáticos; a los ephemeropteras, odonatos, coleópteros, tricopteros, familia hidropsychidae y dipeteros; chiromonidae y simulidae. Entonces podemos afirmar que los parámetros como los sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, dureza total, temperatura, alcalinidad y en menor grado cloruros son características propias de las fuentes termales presentes en el río Caracha, y que podrían ser determinantes en los cambios de la comunidad de macroinvertebrados, expresados en el aumento de su abundancia de unas cuantos grupos taxonómicos y consecuentemente desplazando a las más sensibles (dominancia de las familias Chironomidae y Tubificidae) (La Matta, 2020). Asimismo, por sus capacidades de tolerancia también de ambas familias podrían ser considerados como bioindicadores de aguas contaminadas naturalmente como son las fuentes hidrotermales. En la formación del segundo componente principal se observó que la temperatura, turbidez tienen poca relación con V y VI (después de las fuentes de agua termal) con excepción de los fosfatos y sulfatos, ya que presentó valores ligeramente altos.

La mejor integración de variables en este estudio está determinada por el índice IBF en las estaciones III y IV, ya que este índice enfatiza la relación entre la tolerancia y el total de familias encontradas, obteniendo resultados cuantitativos, con los cuales se pudo determinar la calidad biológica frente a la influencia hidrotermal, con efectos similares, a los de, ríos contaminados por acciones antrópicas. Por otro lado en éste estudio se evaluó solo un tramo del río, donde las altitudes fueron casi homogéneas, por lo tanto el ABI principalmente se apoya en la variación de comunidades macroinvertebradas a diferentes gradientes altitudinales; se podría afirmar que este índice, se adapta mejor, para ríos que no estén influenciados por presiones de cualquier naturaleza, como en (I y II); asimismo los estudios de (Ríos-Touma et al., 2014) corroboran, que es normal encontrar relaciones negativas entre el ABI y la conductividad, los nitratos u otros; también, no asegura registrar valores representativos frente a los diferentes tipos de perturbaciones.

VI. CONCLUSIONES

1. Las características fisicoquímicas de las aguas del río Caracha fueron diferentes en las estaciones antes, durante y después de las fuentes de agua termal ($p < 0.05$); diferencia representada por valores máximos de dureza total, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura y sulfatos en aguas con influencia de las fuentes de agua termal.
2. La calidad biológica de las aguas del río Caracha, estimada por los índices bióticos ABI (Índice Biótico Andino) e IBF (Índice Biótico de Familia), resultaron ser diferentes en las estaciones ($p < 0.05$); categorizándolas de “buena y muy buena” a las aguas sin influencia; “mala y relativamente mala”, aguas influenciadas y “regular y buena”, a las aguas que liberaron los efectos de la influencia de las fuentes termales.
3. Se formo tres grupos diferentes e independientes para cada zona según el Índice de Disimilitud (antes durante y después de la influencia de las fuentes de agua termal), en base a las a características fisicoquímicas y a las características de la comunidad de macroinvertebrados (composición y abundancia) presentes en el río Caracha.
4. Los factores fisicoquímicos que más influyen en la “mala” calidad biológica de la zona con presencia de fuentes de agua termal determinados por el Índice Biótico de Familia son los dureza total, conductividad, sólidos disueltos, alcalinidad, temperatura y cloruros; al presentar concentraciones máximas y familias tolerantes como Chironomidae y Tubificidae, mientras que para la zona sin influencia está relacionada el pH estable, los cuales presentó una calidad “buena” según el Índice Biótico de Familia por la presencia de familias sensibles (Baetidae, Perlidae, Hydrobiosidae, Tipulidae y otros).

VII. RECOMENDACIONES

1. Afianzar la identificación taxonómica de macroinvertebrados hasta el nivel de género y/o especies; para así, comprender la variabilidad, diversidad, comportamiento de cada individuo y el rol que desempeña ecológicamente en este tipo de ecosistemas, y con ello concretar la investigación, en un inventario de especies que presentes y adaptadas a las influencias de las fuentes de agua termal del río Caracha.
2. Realizar investigaciones sobre mecanismos de tolerancia como adaptación de los macroinvertebrados frente a parámetros fisicoquímicos muy variables como los presenta las fuentes de agua termal.
3. Realizar estudios de otros grupos de organismos que podrían ser bioindicadores para las fuentes termales, como podrían ser los microorganismos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y macrófitas.
4. Proponer investigaciones, monitoreos y todos los procesos que conlleva al conocimiento sobre las fuentes termales para establecer estrategias de conservación y aprovechamiento de dichos recursos favoreciendo a los centros poblados aledaños y al distrito de Sarhua.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

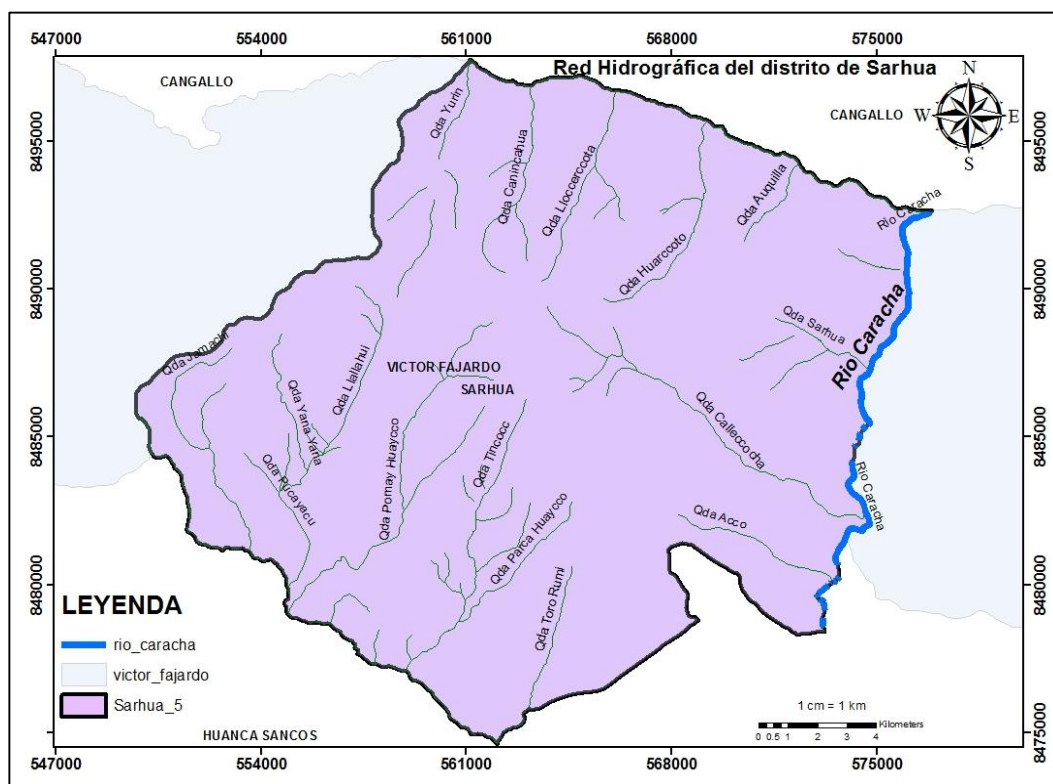
- Acosta, R. (2009). Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Universidad de Barcelona - Facultad de Biología.
- Acosta, R., Ríos, B., Reiradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. Grupo de Investigación FEM (Freshwater Ecology and Management). Departamento de Ecología. Universidad de Barcelona, 30.
- Alonso, J. (2018). Índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de las aguas en arroyos del sur del departamento de Itapúa [Tesis]. Universidad Nacional de Itapúa.
- ANA. (2005). Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales (Ministerio de Agricultura y Riego).
- Ayala, L. E. (2018). Comunidad macroinvertebrada y características fisicoquímicas de dos ríos del distrito de Cangallo, Ayacucho 2016-2017. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Barquin, P., & Muerte, R. (2011). Cambios río abajo en las comunidades de invertebrados de arroyos alimentados por manantiales: ¿El efecto del aumento del rango de temperatura? *Journal of Limnology*, 14.
- Barraza, J. (2017). Geología y contaminación por fuentes hidrotermales: Caso río Ollachea – Carabaya – Puno. Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica.
- Cárdenas, E., Lugo, L., Gonzáles, J., & Tenjo, A. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusacá, afluente del río Bogotá. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 11.
- Carrera, C., & Fierro, K. (Eds.). (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua (1ra Edición). EcoCiencia.
- Castro, M., Capurro, L., Chalar, G., & Arocena, R. (2020). Macroinvertebrados bentónicos indican empeoramiento de la calidad de agua en una zona de influencia urbana en el río Negro (Uruguay). . . Vol., 29, 10.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. *Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo.
- Figuroa, R., Araya, E., Parra, O., & Valdovinos, C. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 10.
- Flowers, R. W., & De La Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 63-93.
- Gamboa, N. (2018). Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú - Escuela de Posgrado.

- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2019). Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca (ETAPA EP).
- Hellmann, J., Erikson, J., & Queenborough, S. (2015). Evaluación de los cambios en la comunidad de macroinvertebrados en la confluencia de arroyos de piedra libre y piedra caliza. *Limnol*, 74(1): 64-74.
- Huamaní, A. (2003). Aguas termales y minerales en el Oriente Central del Perú (Primera Edición, INGEMMET 2003).
- La Matta, F. (2020). Influencia del drenaje ácido de roca en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos de calidad de agua y grupos funcionales alimenticios en ríos y cabeceras de la Cordillera Blanca (subcuenca de Quillcay, Ancash). Universidad Peruana Cayetano Heredia - Facultad de Ciencias y Filosofía.
- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos (Páginas de Informe Ambiental, pp. 24-29).
- Martínez, F., & Pujante, A. (1999). Estudio de la fauna de invertebrados en el río Gabriel y manantiales asociados en la provincia de Alabcete. 40.
- Olarte, A. Z., & González, D. A. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Dinámica ambiental*, 2, Art. 2.
- Palomino, L. D. (2015). Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio—Noviembre 2013. [Tesis]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Pantoja, G., Vásquez, M., & Choquepuma, E. (2010). Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Pampas.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2017). Definición de aguas termales—Definición.de. Definición.de. <https://definición.de/aguas-termales/>
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. E. Domínguez y H.R. Fernández San Miguel de Tucumán. Argentina (en prensa) (Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo, p. 26).
- Ramírez, A. (2005). *Ecología Aplicada, Diseño y Análisis Estadístico*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Reece, P. F., & Richardson, J. S. (1999). Biomonitorio con el enfoque de condiciones de referencia para la detección de ecosistemas acuáticos en riesgo. 4.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). El Índice Biótico Andino (ABI): Valores revisados de tolerancia a la contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del desempeño del índice. *Revista de Biología Tropical*, 62, 249-273.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. 226.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (Segunda)*. Universidad de Antioquia.

- Sabeter, S., & Cortéz, I. (2009). El río como ecosistema: Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España, 21.
- Santamaría, D. E. (2011). Algas termófilas: Revisión y caso de estudio parque nacional natural los nevados [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana.
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*, Vol. 16(2): 45-63, 20.
- Sierra, C. (2011). Calidad del agua, Evaluación y Diagnóstico (1ra edición- Universidad de Medellín). Ediciones de la U conocimiento a su alcance. www.edicionesdelau.com
- SUNASS. (1997). Manual de procedimientos de análisis de agua. (Nº 1). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- Torralba, A. (2009). Estado ecológico, comunidades de macroinvertebrados y de odonatos de la red fluvial de Aragón (1ra ed.). Consejo Económico y Social de Aragón.
- Vargas, V. (2010). Las fuentes termales en el Perú, estado y uso actual (p. 4).
- Walteros, J., Castaño, J., & Marulanda, J. (2016). Conjunto de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Hidrobiológica*, 26.
- Wetzel, R. G. (1981). *Limnología* (Ediciones Omega).
- Zamora, G., & Valdizón, Y. (2014). Evaluación preliminar de las características Fisicoquímicas de las aguas subterráneas de la Cuenca 72 del municipio de San Juan del Sur en el mes de Abril del año 2013. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

ANEXOS

Anexo 1. Red fluvial del distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho.



Anexo 2. Características fisicoquímicas y metodologías empleadas para las muestras de agua.

Característica	Unidad	Método	Comentarios/reactivos
Temperatura	°C	Electrométrico	<i>In situ</i> , Multiparámetro
pH		Electrométrico	<i>In situ</i> , Multiparámetro
Conductividad eléctrica	µS/cm	Electrométrico	<i>In situ</i> , Multiparámetro
Sólidos disueltos Totales	mg/L	Electrométrico	<i>In situ</i> , Multiparámetro
Turbidez	NTU	Turbidimétrico o Nefelométrico	Celdas de medición
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	Titulación	Fenolftaleína, anaranjado de metilo, solución de ácido sulfúrico 0,02 N
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA	Solución amortiguadora, negro de eriocromo T, solución estándar de EDTA 0,01 M
Cloruro	mg Cl ⁻ /L	Titulación	Solución indicadora, solución de nitrato de plata
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ /L	Turbidimétrico o Nefelométrico	Solución amortiguadora
Fosfatos	mg PO ₄ ⁼ /L	Espectrofotométrico del ácido ascórbico	Solución de tartrato de antimonio y potasio, solución de molibdato de amonio, ácido ascórbico 0,1 M.

Anexo 3. Características fisicoquímicas promedio y desviación estándar de las fuentes de agua termal ubicadas en el río Caracha, Sarhua, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Características fisicoquímicas	Fuentes de agua termal	
	Media	D.S.
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	1 540	744
Cloruros (mg Cl/L)	395,0	187,5
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	2 762,5	1 385,2
pH	6,8	0,5
Conductividad eléctrica (uS/cm)	4 021,3	2 145,4
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2 011,3	1 076,3
Temperatura (°C)	29,0	5,6
Turbidez (NTU)	28,2	16,0
Sulfatos (mg/L)	5 179,9	2 532,3
Fosfatos (mg/L PO ₃)	3,3	2,2

Anexo 4. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para la comparación de medias de las características fisicoquímicas determinadas en las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Estadísticos de prueba^{a,b}			
Características fisicoquímicas	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	5,189	5	0,393
Cloruros (mg Cl/L)	5,535	5	0,354
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	17,041	5	0,004
pH	20,296	5	0,001
Conductividad eléctrica (uS/cm)	13,015	5	0,023
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	12,572	5	0,028
Temperatura (°C)	19,501	5	0,002
Turbidez (NTU)	2,450	5	0,784
Sulfatos (mg/L)	13,108	5	0,022
Fosfatos (mg/L PO ₃)	5,294	5	0,381

b. Variable de agrupación: Estaciones de muestreo

Anexo 5. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para la comparación de abundancias por familias en base a la comunidad de macroinvertebrada determinadas en las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

Familias	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Baetidae	20,955	5	0,001
Leptohyphidae	13,675	5	0,018
Leptophlebiidae	20,934	5	0,001
Perlidae	8,822	5	0,116
Mesoveliidae	11,311	5	0,046
Corydalidae	10,373	5	0,065
Hydrobiosidae	10,003	5	0,075
Hydroptilidae	7,141	5	0,210
Hydropsychidae	15,375	5	0,009
Ceratopogonidae	4,674	5	0,457
Chironomidae	15,287	5	0,009
Dolichopodidae	4,600	5	0,467
Empididae	8,509	5	0,130
Ephyridae	4,600	5	0,467
Simuliidae	20,578	5	0,001
Tabanidae	7,252	5	0,203
Tipulidae	20,399	5	0,001
Elmidae	9,876	5	0,079
Psephenidae	2,212	5	0,819
Glossiphoniidae	3,033	5	0,695
Lumbriculidae	1,464	5	0,917
Tubificidae	15,185	5	0,010
Planariidae	9,554	5	0,089
Physidae	3,283	5	0,656

b. Variable de agrupación: Estaciones de muestreo

Anexo 6. Prueba de Kruskal – Wallis ($\alpha = 0,05$) para los índices IBF (Índice Biótico de Familia) y ABI (Índice Biótico Andino) halladas para la determinación de la calidad biológica de las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Caracha, Víctor Fajardo, Ayacucho 2019 – 2020.

	Estadísticos de prueba^b		
	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Puntos IBF	21,544	5	,001
Puntos ABI	19,734	5	,001

b. Variable de agrupación: Estaciones de muestreo

Anexo 7. Registro fotográfico de las zonas de muestreo, procesos de análisis fisicoquímicos, limpieza y separación de comunidades de macroinvertebrados hallados.



Foto 1. Primera fuente de agua termal cercana a la estación de muestreo III (durante).

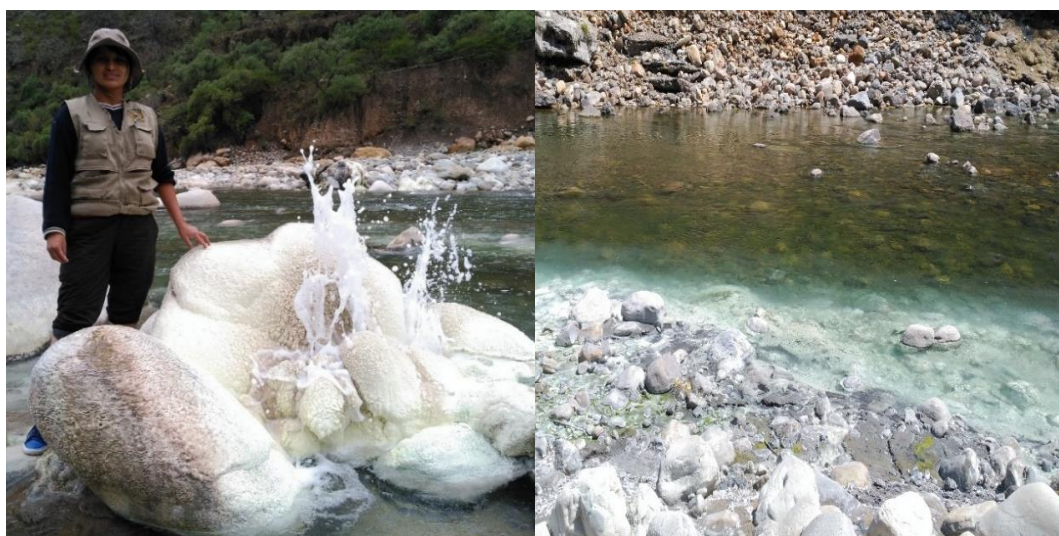


Foto 2. Segunda fuente hidrotermal cercana a la estación de muestreo IV (durante).



Foto 3. Toma de muestra fisicoquímica, haciendo uso del multiparámetro en la estación de muestreo I y II (antes de las fuentes de agua termal).



Foto 4. Captura y recolección de la comunidad macroinvertebrada bentónica en la estación de muestreo V y VI (después de las fuentes de agua termal).



Foto 5. Titulación de las muestras de agua en el Laboratorio BioSIG.



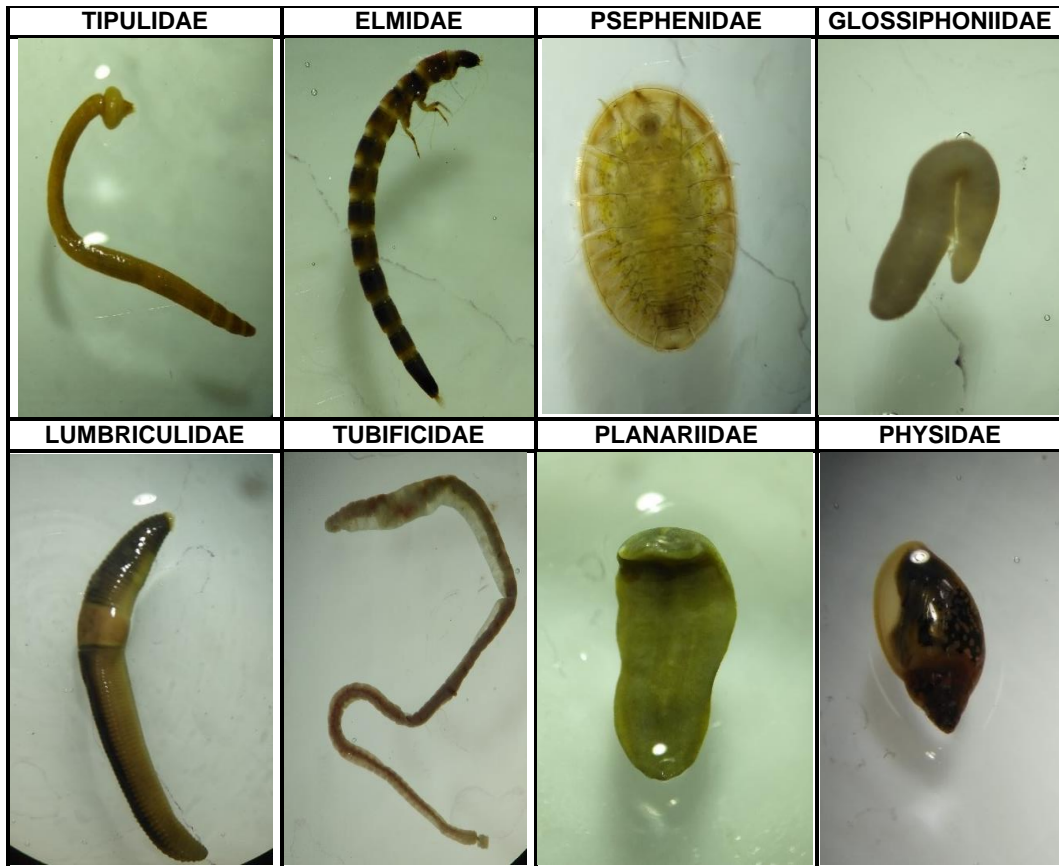
Foto 6. Determinación fisicoquímica de las muestras de agua, haciendo uso del espectrofotómetro, en el Laboratorio BioSIG.



Foto 7. Limpieza de muestra y observación de muestras biológicas haciendo uso del estereoscopio y claves taxonómicas.

Anexo 8. Familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo del río Caracha con presencia de fuentes de agua termal, distrito de Sarhua, Ayacucho 2019 – 2020.

BAETIDAE	LEPTOHYPHIDAE	LEPTOPHLEBIIDAE	PERLIDAE
			
MESOVELIIDAE	CORYDALIDAE	HYDROBIOSIDAE	HYDROPTILIDAE
			
HYDROPSYCHIDAE	CERATOPOGONIDAE	CHIRONOMIDAE	DOLICHOPODIDAE
			
EMPIDIDAE	EPHYDRIDAE	SIMULIIDAE	TABANIDAE
			



Anexo 9. Matriz de consistencia.

TITULO: Influencia de una fuente de agua termal sobre la calidad biológica del río Caracha basado en macroinvertebrados, distrito de Sarhua, Ayacucho

AUTOR (A): BINNY BETTYNA RIVADENEYRA TUMBALOBOS

ASESOR: Dr. CARLOS EMILIO, CARRASCO BADAJOZ

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</p> <p>¿Tendrá influencia las fuentes de agua termal sobre la calidad biológica basada en macroinvertebrados en el río Caracha del distrito de Sarhua en la provincia de Víctor Fajardo?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar la influencia de la fuente de agua termal sobre la calidad biológica basada en macroinvertebrados en un tramo del río Caracha ubicado en el distrito Sarhua en la provincia de Víctor Fajardo, desde setiembre de 2019 a enero de 2020.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar las características fisicoquímicas de las aguas, antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal que se incorpora al curso del río Caracha. 2. Estimar los índices IBF (Índice Biótico de Familia) y ABI (Índice Biótico Andino) basados en los macroinvertebrados, antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal. 3. Determinar la disimilitud en base a las características fisicoquímicas y características de la comunidad macroinvertebrada, de las zonas de muestreo antes, durante y después de las fuentes de agua termal que se incorpora al curso del río Caracha. 4. Determinar la relación existente entre las características fisicoquímicas de las aguas del río Caracha antes, durante y después de la presencia de las fuentes de agua termal con el Índice Biótico de Familia (IBF) e Índice Biótico Andino (ABI). 	<p>ANTECEDENTES</p> <p>En el estudio sobre la "influencia del drenaje ácido de roca en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos de calidad de agua y grupos funcionales alimenticios en ríos y cabeceras de la cordillera blanca (subcuenca de Quillcay, Ancash)".</p> <p>BASES TEÓRICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua termal. Son aguas que afloran a la superficie terrestre con temperaturas mayores en 4 o 5 °C a la temperatura media anual del lugar o al cuerpo del agua al que se incorpora, las aguas termales son calentadas por las características geológicas subterráneas, y también poseen minerales en disolución (Huamaní, 2003). - Macroinvertebrados acuáticos. Son aquellos organismos que pueden observarse a simple vista, que habitan en el fondo de los lagos y ríos adheridos a sustratos tales como rocas, piedras, plantas acuáticas o enterradas en el sustrato, es decir aquellos que tienen un tamaño mayor a 0.5 mm. <p>MARCO CONCEPTUAL</p> <p>Fuentes de agua termal, Macroinvertebrados acuáticos, características fisicoquímicas, calidad biológica de agua, Índices bióticos.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Influencia de una fuente de agua termal</p> <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Característica física (temperatura, turbidez). - Característica química (conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, alcalinidad, cloruros, dureza total, sulfatos, pH, fosfatos). <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Calidad biológica basada en la comunidad de macroinvertebrados.</p> <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice Biótico de Familia (FBI) - Índice Biótico Andino (ABI). 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Investigación descriptiva.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Diseño transversal.</p> <p>POBLACIÓN</p> <p>Macroinvertebrados y agua del tramo del río Caracha, donde incluye las fuentes de hidrotermal y partes adyacentes (antes y después de las fuentes), ubicados en el distrito de Sarhua, provincia de Víctor Fajardo, durante los meses de setiembre de 2019 a enero de 2020.</p> <p>MUESTRA</p> <p>30 muestras de la comunidad macroinvertebrada bentónica y 30 muestras de agua ubicadas antes, durante y después de la presencia de fuentes de aguas termales del río Caracha, durante los meses de setiembre de 2019 a enero de 2020 y con una frecuencia mensual.</p> <p>SISTEMA DE MUESTREO</p> <p>El sistema de muestreo empleado constituido por dos etapas, siguiendo la recomendación de Ramírez (2005), para estudios de ríos que presentan fuentes puntuales de contaminación que alteran sus características. La primera etapa de acuerdo a la ubicación de las fuentes de agua termal se estableció determinísticamente las zonas de muestreo; antes de la influencia de las fuentes de agua termal, durante la influencia de las fuentes de agua termal y después de la influencia de las fuentes de agua termal. La segunda etapa, a partir de la ubicación de las tres zonas, la colección de muestras de agua y macroinvertebrados en cada zona de muestreo se realizó siguiendo los lineamientos de un muestreo sistemático aleatorio, en la que cada toma de muestra se realizó en intervalos de 20 metros de distancia garantizando el cubrimiento de toda la zona tanto temporalmente como espacial.</p>

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Binny Bettyna RIVADENEYRA TUMBALOBOS
R.D. N° 019-2023-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde del tres de febrero del año dos mil veintitrés; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ; MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ (Miembro - Jurado); Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA (Miembro - Jurado); Mg. Yuri Olivier AYALA SULCA (Miembro - 4to Jurado); Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro - Asesor); actuando como secretario docente el Mg. Percy COLOS GALINDO; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **"Influencia de una fuente hidrotermal sobre la calidad biológica del río Caracha basado en macroinvertebrados, distrito de Carapo, Ayacucho"**; presentado por la Bach. **Binny Bettyna RIVADENEYRA TUMBALOBOS**; el Presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el Presidente invitó a cada uno de los Miembros Jurado, a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Los miembros del jurado evaluador acuerdan modificar el título de la tesis quedando de la siguiente manera: **"Influencia de una fuente de agua termal sobre la calidad biológica del río Caracha basado en macroinvertebrados, distrito de Sarhua, Ayacucho"**. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ	16	14	15
Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA	16	14	15
Mg. Yuri Olivier AYALA SULCA	17	16	17
		PROMEDIO	16

La sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados, e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las siete de la noche; firmando al pie del presente en señal de conformidad.




Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ
Presidente




MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ
Miembro - Jurado




Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA
Miembro - Jurado



Mg. Yuri Olivier AYALA SULCA
Miembro - 4to Jurado



Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro - Asesor



Mg. Percy COLOS GALINDO
Secretario Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 25-2023-FCB-D

Yo, VÍCTOR LUIS CÁRDENAS LÓPEZ, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Influencia de una fuente de agua termal sobre la calidad biológica del río Caracha basado en macroinvertebrados, distrito de Sarhua, Ayacucho.** presentado por la Bach. **Binny Bettyna Rivadeneyra Tumbalobos**; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 21%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 17 setiembre de 2023.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA
Dr. Víctor Luis Cárdenas López
Dr. Víctor Luis Cárdenas López
DIRECTOR

Influencia de una fuente de
agua termal sobre la calidad
biológica del río Caracha
basado en
macroinvertebrados, distrito de
Sarhua, Ayacucho

por Binny Bettyna Rivadeneyra Tumbalobos

Fecha de entrega: 16-sep-2023 12:02p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2167782968

Nombre del archivo: MBALOBOS-Binny-Bettyna-Pregrado_tesis_2023_TURNITIN_word_1.docx (905.08K)

Total de palabras: 13391

Total de caracteres: 74022

Influencia de una fuente de agua termal sobre la calidad biológica del río Caracha basado en macroinvertebrados, distrito de Sarhua, Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

pdfcookie.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

www.conacyt.gov.py

Fuente de Internet

1%

6

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

1%

8

GEOSTUDIOS AMBIENTALES S.A.C.. "MEIA-D del Proyecto Reubicación de la Planta

1%

Concentradora Argentum-IGA0013075", R.D.
N° 00026-2021-SENACE-PE/DEAR, 2021

Publicación

9	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to unhuancavelica Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.ianas.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	doku.pub Fuente de Internet	<1 %

www.clubensayos.com

19

Fuente de Internet

<1 %

20

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo