

**“ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES PARA LA
PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN LAS PROVINCIAS DE PATAZ Y BOLÍVAR DEL
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD”**

CONSULTOR: ESTUDIOS PROYECTOS Y SERVICIOS ALARCÓN Y VÁSQUEZ EIRL

INFORME N° 02

INFORME FINAL

Agosto 2021

Preparado por:

ESTUDIOS, PROYECTOS Y SERVICIOS ALARCÓN Y VÁSQUEZ EIRL

CONSULTORES

Mag. Blgo. Pesq. ALAND ROBERTO ALARCÓN VÁSQUEZ

Dr. Ing° Pesq. JAIME DE LA CRUZ GALLOSO

Ing° Civil IDILIO LAURA MOLINA

MSc Blgo. LUIS ALBERTO DÍAZ MUSAYÓN

PROFESIONALES DE APOYO

Blgo. Pesq. NATALIE DEL CARMEN BRAVO SENMACHE

Blgo. Pesq. LILIANA DE JESÚS CHÁVEZ TELLO

Tco. JEFERSON ALEXANDER VÁSQUEZ MOLOCHO

Tco. ELIOT FIESTAS VALIENTE

Topog. CÉSAR AUGUSTO DE LA CRUZ TANTARICO

ASISTENTE DE CAMPO

Sr. ELÍAS CHINGUEL ALEJANDRÍA

Sr. ALEJANDRO CHAPOÑAN SANTISTEBAN

Sr. NOÉ TAPIA CASTILLO

INDICE

	Página
Introducción	4
Revisión Bibliográfica	7
Material y Métodos	14
Resultados	30
Discusión	139
Conclusiones	146
Recomendaciones	148
Referencias Bibliográficas	150
Anexos	153
Anexo 1: Panel Fotográfico	154
Anexo 2: Resultados de Análisis en Laboratorio (Ver archivo digital)	168
Anexo 3: Planos (Ver archivo digital)	169

I INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas lenticos, también llamados ambientes lenticos, son masas o cuerpos de agua que se encuentran en un espacio cerrado que permanece siempre estancadas, es decir, en un mismo sitio, sin fluir hacia ningún lado. Cualquier cuerpo de agua interior que presente esta característica estática, carece de corriente continua, por lo tanto, su movilidad se realiza a lo interno; tal es el caso de los lagos, las lagunas, estanques, los pantanos, charcas y los esteros.

Los sondeos para medir la profundidad de un lago, así como las medidas de sus dimensiones en superficie se hacen desde la más remota antigüedad. En diversas pinturas del antiguo Egipto aparecen hombres realizando sondeos con un peso atado a una cuerda; un bajo relieve hallado en Deir al-Bahri (datado en unos 3500 años) muestra la figura de un hombre efectuando un sondeo con una vara en la proa de una gran embarcación de remos y velas.

Una de las primeras mediciones de las dimensiones de un lago, de la cual tengamos constancia, es la referida por Heródoto (Historia, II: 149) hace aproximadamente 2500 años para el lago Meris (actualmente muy reducido, y conocido como Birkat Qarun, en Egipto); este autor cita un perímetro de 639 Km, y una profundidad de casi 89 m para dicho lago. Una medición no tan antigua es la referida por Plinio (Hist. Nat., V: 71) hace cerca de 2000 años para el lago Tiberiades (también llamado lago Kinneret (Israel)): su longitud máxima era de 23.66 Km, y su ancho máximo de 8.87 Km, valores que no difieren demasiado de los actuales (21.33 Km, y 11.84 Km, respectivamente), salvo por la diferencia debida a la precisión de medida de la época y a la indeterminación sobre el nivel de la superficie del agua en aquel momento.

El origen de la morfometría moderna de lagos estaría en los sondeos para hacer las primeras batimetrías: Murray (1888), Delebecque (1898), Belloc (1894). Forel (1892) y Delebecque (1898) estudiaron la relación entre la morfometría de un lago y su origen. Por lo que respecta a las variables morfométricas, Delebecque (1898) propuso una medida de la profundidad relativa (pero no la estandarizó respecto a un círculo). Hutchinson (1957) creó el índice de la profundidad relativa (Zr).

Diversos autores han reconocido las relaciones entre la morfología del lago y su limnología. Ruttner (1931) observó que la profundidad del epilimnion en verano aumenta con el tamaño del lago. Rawson (1939) construyó un diagrama en el que expuso los múltiples factores que interactúan en un lago, incluida su morfología.

La relación más estudiada ha sido la existente entre el tamaño de un lago y su productividad. En este sentido, Thienemann (1927) reconoció en un conjunto de lagos de Alemania que una profundidad media igual a 18 metros permitía separar los lagos oligotróficos de los eutróficos (términos que propuso este autor para designar dos extremos de productividad). Esta relación fue posteriormente detallada y ampliada, en particular por Rawson (1952; 1955), para quien la profundidad media es la variable que mejor caracteriza la morfometría de un lago, así como el mejor indicador de su productividad.

Ryder (1965) reconoció el papel de la cuenca de drenaje en la productividad de peces de un lago, y propuso un índice morfoedáfico para estimar dicha productividad, que es igual al cociente entre el total de sólidos disueltos y la profundidad media.

La mayoría de autores cita las principales implicaciones de la morfología de un lago en su funcionamiento (Margalef, 1983; Goldman et al., 1983). Además, es una práctica frecuente al estudiar la limnología de un lago incluir los valores de sus principales parámetros morfométricos (área, profundidad, etc.), aunque datos más detallados, como los que aporta su batimetría, sólo se incluyen ocasionalmente.

En el caso de ecosistemas lenticos, la morfometría comprende el conjunto de métodos para medir las dimensiones físicas de un sistema (Roldán y Ramírez, 2008). Idealmente, la caracterización morfométrica de un cuerpo de agua debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas (Guiral y Pérez, 1980; Rico et al., 1995; Montoya Moreno, 2005).

Diferentes estudios han demostrado que ciertos procesos limnológicos y la distribución de parámetros físicos, biológicos y químicos están ligados directa o indirectamente a la morfometría y al periodo de retención de agua de este tipo de cuerpos de agua (Montoya Moreno, 2005; Roldán y Ramírez, 2008). Hakanson (2005) asegura que la forma y el tamaño de los lagos regulan procesos de transporte en general, lo cual justifica el estudio de estos cuerpos de agua.

Realizar batimetría en ambientes lenticos, tiene por finalidad determinar las isóbatas de estas y tener un plano donde se observe el relieve del fondo y de acuerdo a las mismas, seleccionar zonas apropiadas para la construcción e instalación de infraestructura piscícola adecuada (Chauca, 1994). La profundidad de fondeo de las instalaciones en sistemas flotantes es un dato que puede variar de acuerdo a la especie y al método de cultivo (Dirección General de Pesca y Acuicultura-Junta de Andalucía, 2000)

La medición de las profundidades es fundamental para estimar los volúmenes de agua disponibles, así como los diferentes estratos para las poblaciones dísticas. Por otra parte, la elaboración de mapas batimétricos permite el establecimiento de una línea base que en el futuro pueda servir de comparación y detección de fenómenos como asolvamiento, límites críticos de profundidad y otros. Desde luego que existen cuerpos de agua, como las presas hidroeléctricas, que cuentan con esta información de manera muy detallada; sin embargo, en otros se ignora totalmente todo lo relacionado a la batimetría (FAO, 2002).

En La Libertad, se estima la existencia de 246 lagunas (ONERN, 1976) ubicadas principalmente en la sierra liberteña, la mayoría en Pataz, Bolívar y Santiago de Chuco. Por razones de accesibilidad no se han llevado a cabo estudios morfométricos y limnológicos que permitan determinar la viabilidad de aprovechamiento pesquero de estos cuerpos de agua lenticos (Casallas et al. 2002).

En este sentido, el presente Estudio tiene como objetivo general: Realizar el estudio previo de identificación de oportunidades para la producción acuícola en las provincias de Pataz y Bolívar del departamento de La Libertad y como objetivos específicos: Identificación y selección de recursos hídricos con potencial de uso acuícola, determinación de la morfología y batimetría de los recursos hídricos.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Los Ecosistemas acuáticos continentales

Son aquellos cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme, y que están integrados por dos grandes ecosistemas lénticos y lóticos (Roldan, 1992).

2. Ecosistemas acuáticos lénticos

Los ambientes lénticos son cuerpos de agua cerrados, rodeados de tierra, que permanecen en un mismo lugar sin fluir. Comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua; es decir, aguas estancadas como los lagos, las lagunas, los esteros y los pantanos. Por lo general, tienen poca profundidad y menor variación de la temperatura. En estos ambientes se distinguen zonas bien definidas: la litoral, la limnética y la profunda. (Ringuelet, 1962; Wetzel, 1982; Roldan, 1992, entre otros).

3. Lagos

Son masas permanentes de agua que se hallan depositadas en las depresiones de un terreno. La formación de un lago se produce a partir de fallas geológicas (que generan la depresión del terreno), de la acumulación de morrenas glaciares (acumulación de piedras y barro) o de la obstrucción de un valle a causa de avalanchas producidas en sus laderas.

Cole (1988), señala, respecto a la dinámica de lago, que los ríos, aguas arriba o aguas abajo y los manantiales subterráneos, pueden producir movimientos de aguas al igual que la acción del viento sobre la superficie del agua. Además, los lagos están sujetos a una serie de movimientos, desplazamientos del agua de un lado a otro del lago (horizontalmente), debido a las diferencias de temperatura, en función de la profundidad, del día y de las estaciones.

Desde el punto de vista trófico (productivo), los lagos se pueden clasificar como lagos oligotróficos, mesotróficos y eutrófico (Wetzel, 1982; Roldan, 1992 y Goldman and Horne, 1994); es decir, nada o poco productivos, medianamente productivos y altamente productivos, dicha división básicamente se sustenta en el origen del cuerpo de aguas, la presencia de nutrientes y organismos fotosintetizadores (Goldman and Horne, 1994).

4. Lagunas

Según (Moss et al., 1994) las lagunas son depósitos naturales de agua que puede tener diferentes dimensiones superficiales y poca profundidad y formarse a partir de la desembocadura de un arroyo o río o, en su defecto, en períodos de inundación por el desborde de uno de ellos y el posterior estancamiento de las aguas. Generalmente son de agua salada aunque existen lagunas que las tienen dulces.

Es necesario señalar que la denominación como agua dulce es porque posee mínimas cantidades de sales minerales disueltas en su interior; hecho inverso sucede con las de agua salada.

Dentro de las características de las lagunas, se tiene que estas son más productivas que los lagos, debido al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad; otra característica es la alternancia de ciclos secos y húmedos. Por otro lado, las lagunas, al ser una extensión de agua estancada de poca profundidad, como se dijo anteriormente, permite que el sol penetre hasta su fondo, impidiendo la formación de distintos estratos térmicos (epilimnio, metalimnio e hipolimnio), así como sucede en los lagos, además de presentar una zona fótica (iluminada) de otra sin luz o afótica (Wetzel, 1982; Roldan, 1992 y Goldman and Horne, 1994 y Padisak y Reynolds, 2003). Entonces, la diferencia que existe entre un lago y una laguna no es el tamaño, principalmente, sino la profundidad, la formación de un perfil térmico, la transparencia y el drenaje.

5. Comunidades de organismos acuáticos

Las condiciones físicas y químicas predominantes en los ecosistemas acuáticos determinan el tipo de organismos que viven en este medio. Se han propuesto varias clasificaciones ecológicas de los organismos acuáticos (Ringuelet, 1962), siendo las más utilizadas, las siguientes: Plancton (Fitoplancton y Zooplancton), Necton, Bentos, Neuston, Pleuston, Perifiton.

6. Plancton

El plancton comprende los organismos que viven suspendidos en las aguas y que, por carecer de medios de locomoción o ser estos muy débiles, se mueven o se trasladan de un lugar a otro, a merced de los movimientos de las masas de agua o de las corrientes. Generalmente son organismos pequeños, la mayoría microscópicos; el plancton está conformado por vegetales o fitoplancton y animales o zooplancton (Ringuelet, 1962; Russell-Hunter, 1970 y Cole, 1988).

7. Fitoplancton

El fitoplancton, es un conjunto de algas o plantas no vasculares microscópicas, que representan el primer eslabón de la cadena alimenticia; junto con las plantas superiores, que habitan las aguas dulces, constituyen los organismos productores.

Entre los grupos más importantes del fitoplancton se encuentran las diatomeas, los dinoflagelados, las clorofitas, las cianofitas, Crisofitas y las euglenofitas (Russell-Hunter, 1970, Wetzel, 1982 y Goldman and Horne, 1994). Muchas de las especies pertenecientes a las cianofíceas y clorofíceas son filamentosas y en ciertas épocas del año proliferan de tal manera que la superficie de Las Lagunas adquieren una coloración verdosa, que es conocida como "espuma verde" (Wetzel, 1982).

Desde el punto de vista de la producción y debido a que se distribuyen por toda la zona fótica, las diatomeas y dinoflagelados son los productores más importantes ya que producen la mayor cantidad de materia orgánica y son realmente los pilares fundamentales del ecosistema (Ryding y Rast, 1992)

8. Zooplancton

Son animales microscópicos, conforman el plancton, que carecen o tienen poco desplazamiento, solo para mantenerse en el agua o cambiar de posición; está representado por especies de varios phila, como: protozoarios, celenterados, rotíferos, briozoarios y, sobre todo, por algunos grupos de crustáceos como los cladóceros, los copépodos y los ostrácodos (Russell-Hunter, 1970). Cabe señalar que tanto las larvas de muchos insectos y peces; así como los huevos de peces, también conforman esta comunidad. La mayoría de los organismos que pertenecen al zooplancton se alimentan de otros animales más pequeños, nano o picoplancton (Cole, 1988). El zooplancton está compuesto, desde el punto de vista trófico, por consumidores primarios o herbívoros y consumidores secundarios (Ringuelet, 1962)

9. Necton

Pertenecen al necton los organismos, animales, que nadan libremente, en la columna de agua, por poseer un sistema de locomoción eficiente, que les permite trasladarse de un punto a otro. Pueden recorrer largas distancias y, en algunos casos, en contra de los movimientos del agua o de las corrientes (Cole, 1988).

La zona litoral, de los lagos, es rica en especies nectónicas; donde destacan los vertebrados como las ranas, salamandras, tortugas, peces etc. Entre los invertebrados que forman el necton tenemos los insectos (larvas y adultos) y los crustáceos. (Ringuelet, 1962 y Roldan, 1992).

10. Bentos

Se denomina complejo bentónico o macro invertebrados bentónicos, al conjunto de organismos que están posados o incrustados en los fondos de los cuerpos de agua lenticos y loticos. La fauna es muy variada e incluye Ciliados, rotíferos, gastrotricos, tardígrados, ostrácodos, copépodos, cladóceros chydoridae, macrothricidae, nematodos, oligoquetos, hirudineos, anfípodos, isópodos, larvas de insectos (Lepidoptera, Diptera Chironomidae y Ceratopogonidae, Coleoptera Hydrophilidae, ninfas de Odonata y Ephemeroptera), ácaros y moluscos (Hutchinson, 1957, Ringuelet, 1962, Cole 1988 y Roldan, 1992).

11. Neuston

Es el conjunto de organismos que habitan en la interface agua-atmosfera en los mares, ríos, lagos, charcos, etc. Estos organismos incluyen insectos, arácnidos, bacterias, protozoos, etc. En general implica los organismos que están suspendidos en el agua o que dependen de la tensión superficial de la misma (Ringuelet, 1962 y Cole, 1988). Cabe señalar que el neuston está en una zona llena de vida donde muchos insectos pasan por lo menos una parte de su vida en esta capa y otros seres la habitan permanentemente; los organismos del neuston forman una parte muy importante de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos.

12. Pleuston

Se define el pleuston como un complejo de comunidades integrado por la vegetación flotante no arraigada y los organismos convivientes, acuáticos y semiacuáticos (Ringuelet, 1962).

13. Perifiton

El perifiton es una comunidad compleja de microbiota (algas, bacterias, hongos, insectos y detritus orgánico e inorgánico) que se adhieren firmemente a superficies solidas como rocas, el que puede ser orgánico e inorgánico, vivo o muerto (piedras, rocas, troncos y demás objetos sumergidos). La mayoría de los organismos del perifiton presentan diversas adaptaciones que les permite fijarse a un sustrato (Roldán 1992, Bouchard & Anderson 2001).

14. Geomorfología

Es parte de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre. Por esta razón, su campo de estudio, tiene vinculaciones con otras ciencias y explica que las formas de la superficie terrestre es el resultado de un balance dinámico, que evoluciona en el tiempo, entre procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geográfico (Dangavs, 1995).

15. Morfometría de lagos

La forma de los cuerpos de agua ejerce efectos importantes sobre la totalidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos, además de que en la mayoría de los casos refleja su origen. Los métodos de medición y análisis de las dimensiones físicas de un cuerpo de agua se denominan morfometría (Cole, 1988). La morfometría y los parámetros morfométricos de los lagos se describen y calculan a partir de un plano batimétrico.

16. Parámetros morfométricos

Los parámetros morfométricos, según Cole, 1988 y Wetzel, 1982, se dan a partir de: Dimensiones superficiales. Que son, longitud máxima, ancho o amplitud máxima, área, longitud de la costa o perímetro e índice de desarrollo de la costa; mientras que las dimensiones sub-superficiales son, profundidad máxima, profundidad relativa, volumen, profundidad media, desarrollo del volumen y pendiente. Es para éste último grupo de dimensiones que se necesita un plano de contornos o de isobatas (Cole, 1988, Wetzel, 1982).

17. Dimensiones superficiales

Acorde con Cole (1988), las dimensiones tomadas para la caracterización morfométrica de las lagunas (cuerpos lenticos) son las siguientes:

Área superficial (A)

El área de la superficie y cada contorno de la profundidad (z) es mejor determinarla por integración digital o polimetría. En los mapas batimétricos se calcula el área de su superficie o de cada una de las profundidades mediante procedimientos de análisis de imagen o planimetría

Longitud máxima (L_{max})

Es la distancia en la superficie de lago entre los puntos más distantes de su costa. Esta distancia puede corresponder al largo máximo efectivo en el caso que la acción del viento no sea interrumpida por islas.

Anchura máxima (B_{max})

Esta medida corresponde a la distancia sobre la superficie del lago en ángulo recto con el largo máximo. El ancho máximo es un parámetro necesario para el cálculo del área de un cuerpo de agua.

La línea de costa (l_0).

Es la intersección entre el ambiente terrestre y el acuático. En algunos ambientes es relativamente constante y en otros extremadamente variable.

Desarrollo de la línea de costa (F)

El desarrollo de línea de costa (F), es una cifra comparativa que relaciona la longitud de línea de costa con una circunferencia que tenga la misma área que el lago.

18. Dimensiones sub-superficiales

Al igual que las dimensiones anteriores, las sub superficiales también han sido tomadas de Coles (1988), y son:

Profundidad máxima (D_{max})

Es obtenido por medio de un sondaje, perpendicular, desde la superficie de un lago o laguna hasta el punto de profundidad máxima; medida de particular interés para el cálculo de la profundidad relativa.

Profundidad relativa (D_r)

Es el cociente entre la profundidad máxima y el área; pero la profundidad máxima es considerada como un porcentaje del diámetro medio de la superficie del lago.

Volumen (V_p)

El volumen de una cubeta es la integral de las áreas de cada estrato, correspondiente a cada profundidad.

19. Batimetría

Batimetría es el levantamiento del relieve de Superficies Subacuáticas, ya sea del fondo del mar, como cursos de aguas, lagos, embalses, etc. es decir, la cartografía de los fondos, como si se tratara de un terreno seco (Chungar, 2014).

Al igual que en los levantamientos convencionales, se hallará las coordenadas X, Y, Z, de manera que pueda describirse los fondos y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir. Desde siempre se han destacado en las cartas de navegación, donde se plasmaban las zonas donde era posible navegar y donde era imposible (Ballester y García, 2010).

20. Levantamiento batimétrico

Es el procedimiento por el cual se define la configuración del fondo de los océanos y de las aguas de los lagos, ríos y bahías. La batimetría es la determinación de la profundidad de un cuerpo de agua. Su principal operación es el sondeo y éste tiene por objeto determinar el relieve del fondo de un cuerpo de agua. Las dos operaciones principales durante el sondeo son: la determinación de la posición y la estimación de la profundidad, o determinación de la cota correspondiente a dicho punto (Bowditch, 1966; Ballester y García, 2010).

21. Levantamiento topográfico

Todo levantamiento topográfico de grandes extensiones está referido a un sistema de control horizontal y vertical, el primero por triangulaciones, y/o poligonales electrónicas y en los últimos años por sistemas de posicionamiento global "GPS". Estos sistemas de control a su vez, están referidos a un Datum los cuales pueden ser Datum locales como los de la Red Geodésica Clásica (Datum La Canoa, 1956), o Datums geodésicos satelitales referidos a un Sistema Geocéntrico caso el WGS-84, que se ha adoptado a partir de la creación de los satélites Navstar (Chungar 2014, y Cruz, 2008).

22. Capacidad de Carga (K) o Productividad piscícola de un cuerpo de agua lentic

La producción piscícola es el potencial o lo que es capaz de producir en un cuerpo de agua, dependiendo de los componentes orgánicos e inorgánicos que contenga. En términos piscícolas, la producción será la cantidad peces producido, en una unidad de tiempo, expresada como unidades de peso por unidad de superficie y por el tiempo (Kg/Ha/Año), (Arrignon 1979).

III MATERIAL Y MÉTODOS

III. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Recolección de data en gabinete

Se realizó la ubicación de los recursos hídricos (lagunas) con herramientas de geolocalización.

Se clasificaron imágenes satelitales de serie Landsat1 y Sentinel – 22, con lo cual se realizó un mapeo, que refleja la ubicación hidrográfica, subcuenca y cuenca, ubicación política, ubicación geográfica cuyos puntos están en coordenadas UTM, altitudes, distancias a la población más cercana; así como la red vial de acceso a las lagunas. Además se identificaron los afluentes y efluentes de los cuerpos de agua en estudio.

2. Análisis morfométrico y batimétrico

Se realizó una evaluación morfológica de las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, que permitió obtener las dimensiones físicas del contorno perimétrico.

Los parámetros morfométricos fueron evaluados tomando en consideración dos dimensiones: i) dimensiones superficiales y ii) dimensiones subsuperficiales.

2.1. Trabajo de campo

Levantamiento Topográfico

Como primer paso para iniciar con el levantamiento topográfico, se realizó un reconocimiento general del vaso de la laguna, con la finalidad de ubicar los lugares más adecuados para las estaciones topográficas; tomando en consideración que deben de ser lugares desde donde se pueda visualizar la totalidad de la laguna o por lo menos gran parte de ella, para evitar realizar muchos cambios de estación topográfica.

El levantamiento topográfico de la laguna, se realizó, con la Estación Total, de la marca TOPCON modelo GPT 7005L, la cual tiene una precisión de (± 2 mm + 2 ppm x D).

El desarrollo del levantamiento topográfico se realizó como sigue: Se levantó el perímetro de la laguna, luego se realizó la toma de puntos de relleno topográfico, para luego detallar la zona donde se encuentran las obras de seguridad.



Figura 1. Levantamiento topográfico en laguna Culluna, Tayabamba, Pataz-La Libertad.

Levantamiento Batimétrico

El método empleado para el levantamiento batimétrico, fue mediante el registro continuo; para este fin se empleó la ecosonda graficadora digital ECCHOMAP 52 DV, de la marca GARMIN, cuya información de profundidades, fue comprobada con lecturas de repetición.

Para el registro de las profundidades se utilizó el modo automático y manual. La ecosonda, opera basándose en el principio del eco, desde el transreceptor, ubicado en el translucer, de donde es emitido un pulso ultrasónico que se propaga en el agua a una velocidad de 1400 m/s. (Para agua con baja salinidad, como es el de la laguna), al llegar al fondo se refleja en él, retornando al transductor y la unidad transreceptora, midiendo automáticamente el tiempo que demora el eco en ser recibido. Conociendo la velocidad de propagación y el tiempo que demora el recorrido, se determina la distancia recorrida por la onda.

Las líneas principales de sondaje para este levantamiento, se desarrollaron tratando de que en cada línea levantada quede graficada correctamente cómo disminuye la profundidad en la medida que el bote se aproxima a la orilla. Se ubicaron secciones transversales a +/- 30 m., a lo largo de los flancos del cuerpo de agua; posteriormente se hicieron barridos longitudinales y transversales, registrándose el número de puntos para cada laguna.



Figura 2. Levantamiento batimétrico en laguna Culluna, Tayabamba, Pataz-La Libertad.

2.2. Trabajo de Gabinete

Los datos obtenidos en campo fueron descargados de la ecosonda con el software MAPSOURCE, luego se exportó y procesó en la hoja de cálculo Excel, finalmente se exportó en formato CSV (delimitado por comas); hecho esto, se procedió a la elaboración del plano batimétrico, para lo cual se utilizó el software Autocad Civil 3D – 2015.

Para efectos de análisis, los parámetros morfométricos fueron divididos en:

- Parámetros morfométricos de tamaño: Área superficial (A), Longitud máxima (L_{max}), Volumen (V_p), Anchura máxima (B_{max}), Profundidad máxima (D_{max}).
- Parámetros de forma: Profundidad media (D), Profundidad relativa (D_r), Longitud de línea de costa (l_o), Desarrollo de costa (F), Desarrollo del volumen (V_d), Pendiente media (α).

La simbología utilizada para los parámetros morfométricos fue según Hakanson (1981).

Tratamiento de datos

Cálculos para parámetros morfométricos de tamaño

Los parámetros morfométricos de tamaño y las curvas hipsográficas se obtuvieron utilizando el software Autocad Civil 3D – 2015.

Para obtener la cubicación del vaso de la laguna, se procedió previamente, a calcular la superficie encerrada por cada curva de nivel.

Dado, que se desea conseguir una relación altura - volumen, para obtener la curva superficie vs volumen de la laguna, se calcula el volumen comprendido entre curvas de niveles consecutivos, mediante la ecuación del cono truncado para superficies desiguales, que nos permite obtener mejores aproximaciones que las demás relaciones:

$$V_i = \frac{h}{3} (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i \cdot S_{i+1}})$$

Donde:

V_i = Volumen comprendido entre las cotas i e $i+1$

h = Distancia entre curvas de nivel consecutivas

S_i = Superficie limitada por la curva de cota i

S_{i+1} = Superficie limitada por la curva de cota $i+1$

El volumen total será entonces:

$$V_t = \sum_{i=a}^{i=m} (V_i)$$

Donde:

a = Cota de la curva más profunda

m = Cota del Máximo Nivel almacenado

Se realizaron los respectivos cálculos de superficies parciales, en las cotas indicadas, para el cálculo de los volúmenes parciales y totales.

El procesamiento conjunto de datos obtenidos, de la topografía y batimetría, se culmina con la elaboración del plano batimétrico, haciendo uso del software Autocad Civil 3D – 2015.

Cálculos para la estimación de parámetros morfométricos de forma

Los cálculos aplicados para la estimación de los parámetros morfométricos de forma y especiales se realizó de acuerdo con Wetzel (1975), y Hakanson (2004) siguiendo las formulas resumidas en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Parámetros morfométricos estimados en base a Wetzel (1975) y Hakanson (2004)

PARAMETROS MORFOMETRICOS DE TAMAÑO			
Denominación	Símbolo	Unidad	Fórmula
Area superficial	A	Ha	-
Longitud máxima	L_{max}	m	-
Volumen	V_p	m^3	-
Anchura máxima	B_{max}	m	-
Profundidad máxima	D_{max}	m	-
PARAMETROS MORFOMETRICOS DE FORMA			
Anchura media	B	m	$B = A/L_{max}$
Profundidad media	D	m	$D = V/A$
Profundidad relativa	D_r	%	$D_r = 50 * D_{max} * \sqrt{\pi} / \sqrt{A}$
Longitud de línea de costa	l_o	m	-
Desarrollo de costa	F	Adimensional	$F = l_o / 2 \sqrt{(\pi * A)}$
Desarrollo de volumen	V_d	Adimensional	$V_d = 3 * D / D_{max}$
Pendiente media	\downarrow	%	-

Fuente: Elaboración propia.

La forma de la curva hipsográfica se analizó de acuerdo con la clasificación de Hakanson (2012) resumida en el Cuadro 2, en la misma se describe además la relación con el V_d ambos parámetros describen la forma del lago, puede observarse que curvas convexas se corresponden V_d pequeños, lo contrario para curvas cóncavas.

CUADRO 2. Sistema de clasificación para definir la forma de las curvas hipsográficas en relación con los valores de V_d (modificado de Hakanson, 2004).

Forma de la Laguna	Código	Límite de clases	V_d
Muy convexa	VCx	f(-3)-f(-1,5)	0,05-0,33
Convexa	Cx	f(-1,5)-f(-0,5)	0,33-0,67
Ligeramente convexa	SCx	f(-0,5)-f(0,5)	0,67-1,00
Linear	L	f(0,5)-f(1,5)	1,00-1,33
Cóncava	C	f(1,5)-f(3)	1,33-2,00

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 se puede observar claramente la relación entre la forma de la curva hipsográfica y la morfología de la cubeta. Tanto el V_d como la curva hipsográfica son importantes para la interpretación de los procesos internos del lago, por ejemplo, la resuspensión del sedimento (Hakanson, 2012).

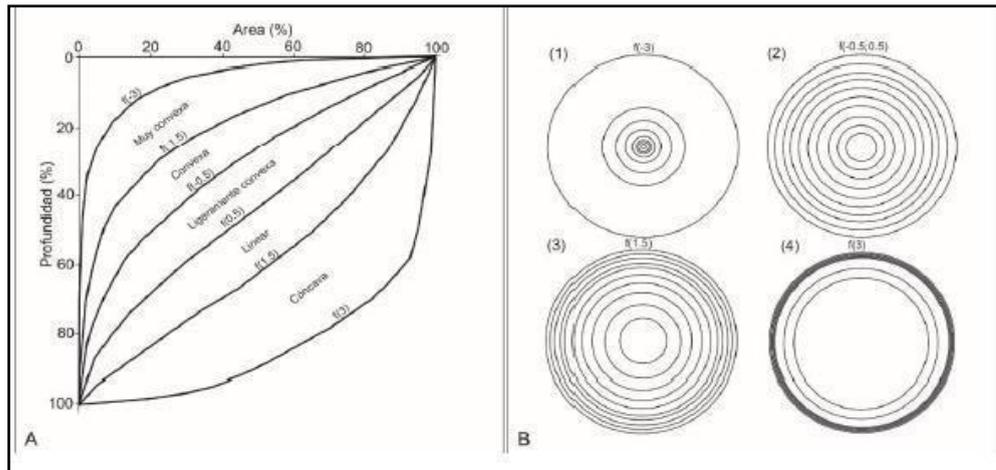


Figura 3. A) Terminología y límites de clases para la determinación de la forma de la curva hipsográficas; B) Representación esquemática de la relación entre la forma de la curva y la morfología de la cubeta (modificado de Hakanson, 1977).

Por otro lado, se realizó la determinación del origen mediante la forma de la laguna utilizando el desarrollo de la línea de costa siguiendo la clasificación propuesta por Hutchinson (1957) que fue posteriormente modificadas por Timms (1992) (Cuadro 3).

CUADRO 3. Formas establecidas por Hutchinson (1957) y Timms (1992).

Forma	L _d	Origen
Circular	$1 < L_d \leq 1,25$	lagos y lagunas en conos volcánicos, dolinas perfectas, cubetas de deflación pequeñas
Subcircular	$1,25 < L_d < 1,5$	lagos de circo, de kettle, volcánicos, en dolinas, de deflación
Elíptica	Ligeramente superior a la Circular y subcircular	lagunas conectadas por deflación, o lagos que se encuentran entre médanos parabólicos costeros
Subrectangular alargado	$>2,0$ puede exceder 5,0	Grabens, fiordos, lagos de valle profundos que aparecen comorios ensanchados.
Dendrítica:	$>3,0$	Valles fluviales poco profundos bloqueados por represamientos
Semilunar	-	Meandros abandonados, maars
Triangular	1,5 - 2,0	Inundación de valles no disectados.
Irregular	Pueden exceder los 20	Morfologías complejas por fusión de cuencas

Fuente: Tratado de Limnología- Hutchinson, 1957; Morfología de los lagos-Timms (1992)

Generación de planos

Para la elaboración de los planos topográficos y batimétricos, la transferencia de datos, así como, el procesamiento de los mismos se utilizó el software Autocad Civil 3D – 2015, reflejándose todos los detalles del terreno que la escala indicada permite (Ver Anexo).

3. Análisis limnológico

3.1. Sitio de estudio

Los trabajos de campo se efectuaron en tres lagunas, dos ubicadas en la Provincia de Pataz (Culluna y Huascacocha) (Figura 4 y 5) y una localizada en la provincia de Bolívar (Shopol) (Figura 6), departamento de La Libertad. En cada laguna se establecieron 5 estaciones de muestreo, las cuales fueron localizadas como se indica en el Cuadro 4.

Las estaciones de muestreo fueron referenciadas empleando un GPS Garmin Etrex, con coordenadas referidas al DATUM 84 (Cuadro 1).

CUADRO 4. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo, mayo 2021.

Laguna	Estaciones	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Laguna Culluna	E1	266448.34	9091684.59
	E2	263701.84	9090010.53
	E3	263701.84	9090010.53
	E4	265787.30	9105601.91
	E5	255898.97	9083629.48
Laguna Huascacocha	E1	255256.073	9056773.24
	E2	260917.23	9061968.39
	E3	179395.104	9085603.65
	E4	234692.038	9057387.58
	E5	261125.663	9077531.7
Laguna Shopol	E1	230079.946	9152705.24
	E2	247435.299	9154903.03
	E3	272255.973	9169353.95
	E4	269643.163	9184957.78
	E5	257201.193	9169962.92

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Laguna Culluna, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz-La Libertad.



Figura 5. Laguna Huascacocha, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz-La Libertad.



Figura 6. Laguna Shopol, distrito de Bolívar, provincia de Bolívar-La Libertad.

3.2. Trabajo de campo

Parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos considerados fueron: Temperatura atmosférica, cobertura y nubosidad, dirección del viento, velocidad del viento.

La temperatura atmosférica se midió con un termómetro de mercurio con la escala centígrada o Celsius.

La cobertura y nubosidad se midió en octavos u "octas" de cielo cubierto.

Respecto a la dirección y velocidad del viento se midió con un anemómetro digital.

Parámetros físicos

Los parámetros físicos considerados fueron: Temperatura del agua, transparencia, conductividad eléctrica, pH, sedimentología, sólidos suspendidos totales.

La temperatura del agua se midió empleando un termómetro de mercurio, y la temperatura de fondo con un termómetro de inversión Kahlsico.

La transparencia se midió con un disco Secchi de 30 cm de diámetro, y la circulación (velocidad y dirección de corrientes) y turbidez se registraron en un correntómetro tipo Aanderaa RCM-94.

La conductividad eléctrica, pH y sólidos suspendidos totales se determinaron "in situ" empleando un multiparámetro, introduciendo la sonda a una profundidad de 10 cm por debajo de la superficie y previa calibración del equipo. Entre cada medición se enjuagó la sonda con agua destilada.

Para la sedimentología, se colectaron 15 muestras de sedimentos superficiales en cada cuerpo de agua, totalizando 45 muestras, empleando una draga Van Veen. Las muestras rotuladas fueron conservadas en refrigeración para su posterior análisis.

Parámetros químicos

Los parámetros químicos considerados fueron: Oxígeno Disuelto, alcalinidad, nitratos, metales pesados, nutrientes (Fosfatos, Silicatos, Nitratos y Nitritos), materia orgánica, aceites y grasas.

Para determinar el oxígeno, se tomaron muestras de agua, fijando las mismas, para su posterior análisis en el laboratorio.

Se recogió la muestra para determinar la alcalinidad total, metales pesados, nutrientes, sílices, silicatos aceites y grasas. Se fijaron las muestras y se conservaron en refrigeración para su posterior análisis en laboratorio de acuerdo al protocolo establecido.

Parámetros biológicos

Los parámetros biológicos considerados fueron: Plancton, bentos, perifitón, macro invertebrados, peces, caracterización y mapeo de hábitats de especies, evaluación cuantitativa de peces.

Fitoplancton cuantitativo

Con un balde plástico se colectó 1 litro de agua, el cual fue fijado con lugol para su posterior análisis en el laboratorio.

Fitoplancton cualitativo

Empleando una red de 20 micras con un frasco de 250 ml sujetado al final de la red, se filtraron 200 litros de agua en las estaciones E1 y E5 de cada laguna, y fueron conservados con formalina al 5% para su posterior análisis en el laboratorio de acuerdo al protocolo establecido por el mismo.

Zooplancton

Empleando una red de 75 micras se filtraron 200 litros de agua en las estaciones E1 y E5 de cada laguna, y fueron conservados con formalina al 5%, para su posterior análisis en el laboratorio de acuerdo al protocolo establecido por el mismo.

Perifiton

Se colectó raspando una porción de las rocas o macrófitas presentes en el sitio de muestreo (400 cm²). Las muestras fueron conservadas en una solución de formol al 5%.

Bentos

Se utilizó una draga Van Ven de 0.025 m², la cual fue lanzada desde la orilla y en la parte media de las lagunas, con 3 repeticiones. Las muestras obtenidas fueron tamizadas sobre una malla de 500 μ .

Los organismos fueron almacenados en frascos, debidamente etiquetados, preservados en formalina al 5%.

Macroinvertebrados acuáticos

Para la recolección de organismos se utilizó una red de mano (área 1 m²) con un ojo de malla de 500 μ m aproximadamente.

La red fue sujeta mientras se removía el fondo, aproximadamente durante 5 minutos con 3 repeticiones. Además se examinaron las piedras, ramas sumergidas y vegetación subacuática en cuya superficie se encontraron los organismos adheridos.

Los organismos acumulados en la red fueron examinados en campo y almacenados en frascos, debidamente etiquetados, preservados en formalina al 5%.

Necton (peces)

Para la colecta del necton (peces), se emplearon redes de enmalle, instaladas en las áreas elegidas en diferentes posiciones para aumentar la eficiencia de pesca. Transcurrido el tiempo de captura se procedió a extraer los peces de las redes para su posterior identificación, recuento y mediciones biométricas.

3.3. Trabajo de laboratorio

Parámetros físicos

Para la sedimentología, se analizaron las muestras conservadas en refrigeración.

El análisis granulométrico de los sedimentos por tamizado se basó en las normas ASTM D422 y AASHTO T 886, las que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestro medio.

Las muestras descongeladas fueron descritas visualmente empleando una carta de colores de suelos Munsell.

Parámetros químicos

El Oxígeno Disuelto se determinó siguiendo el método titulométrico de WINKLER modificado por CARRIT y CARPENTER (1966).

La alcalinidad se determinó mediante el método volumétrico, los nutrientes mediante el método espectrofotométrico siguiendo el Método Strickland y Parson (1972) empleando un espectrofotómetro Perkin-Elmer Lambda 45 UV/VIS9.

Parámetros biológicos

En el laboratorio cada muestra biológica fue separada e identificada mayormente a nivel de taxones familia o nivel inferior posible con la ayuda de estereoscopios y microscopios, empleando claves taxonómicas especializadas.

Análisis y determinación de la calidad acuática

En base a los parámetros físico – químico se aplicará la Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú y tomando en cuenta los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA- Agua).

En base a los parámetros biológicos del plancton, la calidad del agua se determinará mediante los valores de diversidad de especies de diatomeas (Índice de Shannon & Wiener H'), según el patrón establecido por Lobo & Kobayasi (1990).

Se empleó una escala de valores de diversidad para cada nivel de contaminación, que van de 0 a 4 bits cél-1, en donde valores comprendidos entre 0- 1 bit cél-1 denotan una contaminación severa; entre 1 -2 bits cél-1 la contaminación es moderada; entre 2 - 3 bits cél-1 es leve, y entre 3 - 4 bits cél-1 la contaminación es imperceptible.

Así mismo para los macroinvertebrados, se determinaron los siguientes índices comunitarios para cada estación de muestreo: Abundancia ($\text{ind}\cdot\text{m}^2$), Riqueza (S), Dominancia de Simpson (D), diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J').

La calidad de agua se determinó mediante el uso de índices sugeridos por el Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Colombia y Perú, Índice biótico de familias (IBF) y el indicador de calidad de aguas de Shannon-Wiener.

El cálculo de los índices de diversidad fue realizado utilizando el software PRIMER V. 6 y el cálculo de los índices de calidad del agua empleando las diferentes metodologías, se utilizó empleando la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

4. Capacidad de Carga (K) o Productividad Piscícola

Para calcular la Capacidad de Carga o producción piscícola entendida como el número de individuos de determinadas especies que pueden ser sostenidos indefinidamente en determinado espacio, área o volumen (Miller, 1999), dependiendo de los componentes orgánicos e inorgánicos que contenga el cuerpo de agua, se utilizó la Fórmula de Leger-Huet para ambientes lénticos (1949-1964).

$$K = B \times k \times (Na/10)$$

Donde:

- K : Productividad anual teórica (Kg/Ha/año)
 k : Coeficiente de productividad $k = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$
 B : Capacidad biogénica (l a X)
 Na : Superficie del cuerpo de agua en áreas (1 Ha = 100 Áreas)

Capacidad Biogénica (B)

Los valores de la Capacidad Biogénica (B) fueron determinados siguiendo lo descrito por Huet (1973), se tomaron medidas de pH y temperatura del agua y se observaron características biológicas, físicas, químicas y mecánicas de acuerdo al Cuadro 5.

CUADRO 5. Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas, para estimar el valor de B, en aguas salmonícolas corrientes.

Clasificación	Valores de B	Características							
		Biológicas	Físicas			Químicas		Mecánicas	
		Caracteres de la macroflora (musgos y fanerógamas) para aguas salmonícolas corrientes.	T° C agua	Luz (sobre el ambiente)	Color	pH	Sustancias Tóxicas	Fondo	Corriente de agua
Aguas pobres	1 a 3	Carecen de capas biológicas y están prácticamente desprovistas de vegetación fanerógama.	4 - 7	Sombreado	Barroso	0 - 6	Presentes	Inestable o Móviles (arenoso, guijarros móviles)	Rápida o bastante rápida (reófilos)
Aguas medias	4 a 6	Vegetación fanerógama especialmente bien desarrollada a lo largo de las orillas y compuesta de vegetales palustres semisumergidos; los vegetales sumergidos son poco abundantes.	8-11	50%	Azulado	7	Ausentes	Medio	Media
Aguas ricas	7 a 10	Vegetación fanerógama abundante aunque no excesiva, que se compone de especies apropiadas, en su mayor parte sumergidas y que no solo se desarrollan en la orilla sino también en el centro del curso y de los estanques.	12-15	100%	Verdoso	8 a 14	Ausentes	Estable (piedra en aguas agitadas; arcilloso-limosos en las tranquilas)	Lentas (limnófilos)

Fuente: Características descritas en el Tratado de Piscicultura, Marcel Huet-1973

Coefficiente de productividad (k)

Para determinar el coeficiente k es indispensable tener valores de cuatro parámetros, entre físicos y químicos del agua, las que darán lugar a coeficientes secundarios como k_1 , relacionado a la temperatura; k_2 , relacionado al pH; k_3 , relacionado al tipo de peces a cultivar y k_4 , relacionado al estadio o edad del pez a criar. La suma de estos parámetros secundarios nos dará el valor del coeficiente k (Arrignon, 1979).

A COEFICIENTE (k_1) Valores para la temperatura

CUADRO 6. Determinación de k_1 a diferentes temperaturas.

Temperatura	Valor
4 °C	0.0
7 °C	0.5
10 °C	1.0
16 °C	2.0
22°C	3.0
25°C	3.5
28°C	4.0

Fuente: *Tratado de Piscicultura, Marcel Huet (1973).*

B COEFICIENTE (k_2)- Valores de alcalinidad o acidez del agua (PH)

CUADRO 7. Valores de k_2 respecto al pH.

pH	Valor
MENOR QUE 7.0	1.0
MAYOR QUE 7.0	1.5

Fuente: *Tratado de Piscicultura, Marcel Huet (1973).*

C COEFICIENTE (k_3)- Valores según especie

CUADRO 8. Valores de k_3 de acuerdo con el hábitat de la especie.

Especie	Valor
De aguas frías	1.0
De aguas templadas	1.5
De aguas calientes	2.0

Fuente: *Tratado de Piscicultura, Marcel Huet (1973).*

D COEFICIENTE (k_4)- Valor asignado según edad de los peces. Se sabe que la producción es mayor cuando se cultivan peces más jóvenes.

CUADRO 9. Determinación de k_4 respecto a la edad de una especie.

Edad	Valor
MAYOR DE 6 MESES	1.0
MENOR DE 6 MESES	1.5

Fuente: *Tratado de Piscicultura, Marcel Huet (1973).*

Superficie del cuerpo de agua (Na)

La determinación la superficie (Na), se utiliza tanto para aguas corrientes como en aguas estancadas, y se expresa en áreas, donde una hectárea es equivalente a cien áreas (1Ha = 100 áreas), dividido entre 10 para completar la información requerida y aplicar en la fórmula de productividad piscícola; de esta manera los resultados que se obtengan serán dados a conocer como la unidad de peso a producir por año (Kg/año), (Arrignon, 1979).

IV RESULTADOS

IV. RESULTADOS

1. Ubicación política

El estudio comprende el análisis morfométrico, limnológico y batimétrico de las lagunas: Culluna, Huascacocha y Shopol.

1.1. Ubicación política de laguna Culluna

Su encuentra localizada en el departamento de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Tayabamba, Centro Poblado de Uchupampa.

1.2. Ubicación política de laguna Huascacocha

Su encuentra localizada en el departamento de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Tayabamba, Anexo Alborada de los Andes.



Figura 7. Ubicación política de las lagunas Culluna y Huascacocha.

1.3. Ubicación política de laguna Shopol

Se encuentra localizada en el departamento de La Libertad, provincia de Bolívar, distrito de Bolívar.



Figura 8. Ubicación política de la laguna Shopol.

2. Ubicación hidrográfica

2.1. Descripción general de la cuenca

Hidrográficamente el área del estudio se encuentra ubicada en la cuenca del río Marañón, que integra la hoya hidrográfica amazónica. El río Marañón tiene sus nacientes en la cadena occidental de la Cordillera de los Andes. El curso principal, generalmente, tiene una dirección SO-NE hasta su confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas.

La cuenca del río Marañón pertenece a la vertiente Atlántica. Limita al oeste con los ríos Chira, Piura, Cascajal, Olmos, Motupe, Chancay-Lambayeque, Jequetepeque, Chicama, Santa, Pativilca y Huara. Por el sureste limita con el Huallaga y por el norte con Ecuador.

La cuenca del río Marañón, se encuentra ubicada geográficamente entre los meridianos $-79^{\circ} 40' 17''$ y $-73^{\circ}26'44''$ de longitud oeste y los paralelos $10^{\circ}26'51''$ y $1^{\circ}49'49''$ de latitud sur.

Cuadro 10. Ubicación geográfica de la cuenca del río Marañón.

Sistemas	Datum	Componentes	Valor	
			Mínimo	Máximo
Coordenadas Geográficas	Horizontal WGS 1984	Longitud Oeste	$-79^{\circ} 40' 17''$	$-73^{\circ} 26' 44''$
		Latitud Sur	$-10^{\circ} 26' 51''$	$-1^{\circ} 49' 49''$
Coordenadas UTM Zona 17	Horizontal WGS 1984	Metros Este	645 415	1 342 643
		Metros Norte	8 844 765	9 795 889
Coordenadas UTM Zona 18	Horizontal WGS 1984	Metros Este	-11 782	672 896
		Metros Norte	8 841 281	9 797 597
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	msnm	0	5 800 Nevado Yarupa

Fuente: Evaluación de recursos hídricos en la cuenca Marañón. ANA 2015.

Políticamente la cuenca del río Marañón, se enmarca en:

- Las provincias de Loreto y Alto Amazonas en el departamento de Loreto.
- Las provincias de Bagua, Bongará, Utcubamba, Luya, Chachapoyas y Condorcanqui en el departamento de Amazonas.
- Las provincias de Jaén, Cutervo, Chota, Celendín, Hualgayoc, Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, San Ignacio en el departamento de Cajamarca.
- Las provincias de Sánchez Carrión, Pataz y Bolívar en el departamento de La Libertad.
- Las provincias de Sihuas, Pomabamba, Mariscal Luzuriaga, Carlos F. Fitzcarrald, Yungay, Antonio Raymondi, Asunción, Huari, Bolognesi y Pallasca en el departamento de Ancash
- Las provincias de Hucaybamba, Huamalíes, Dos de Mayo, Yarowilca, Lauricocha y Marañón en el departamento de Huánuco.

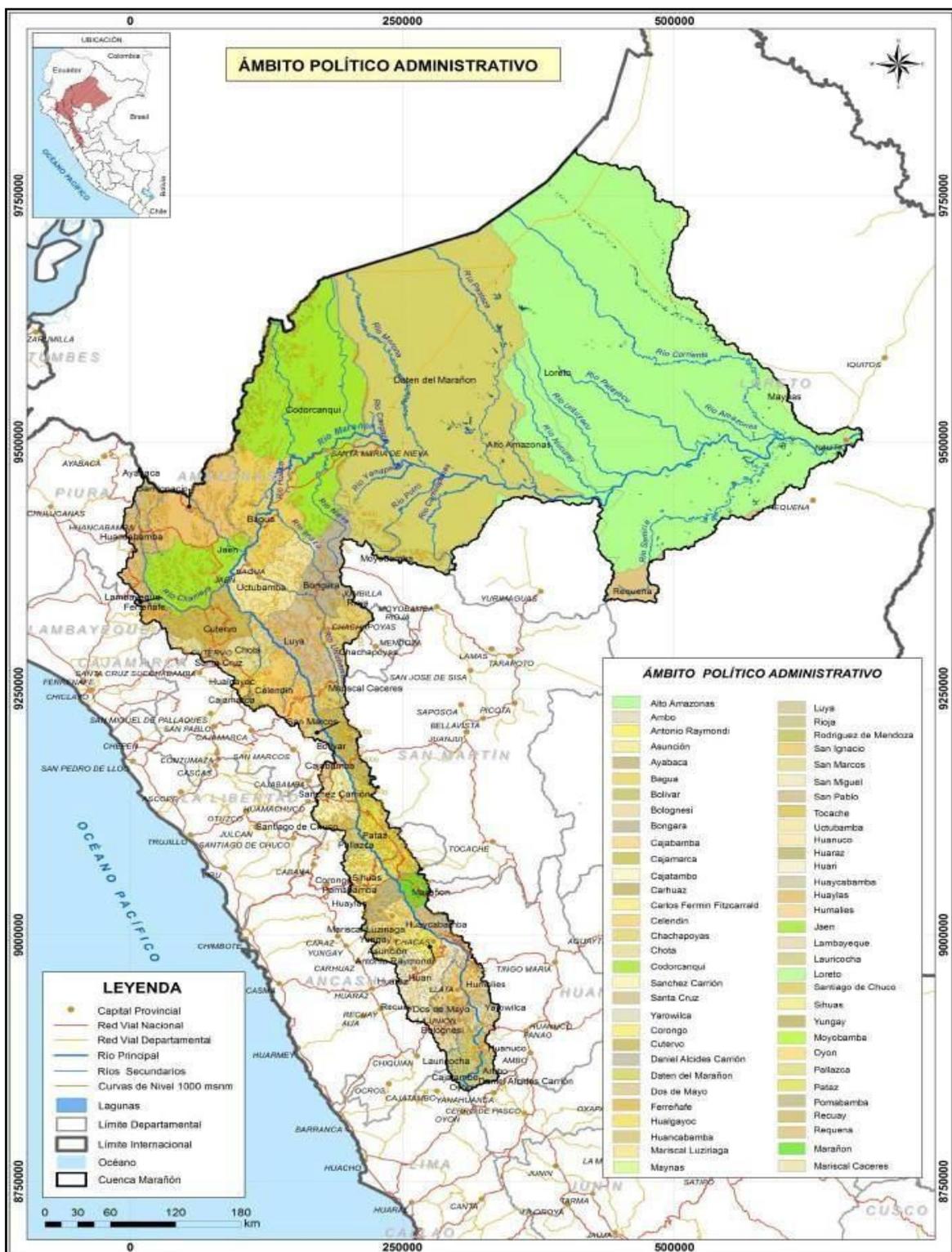


Figura 9. Mapa político de la cuenca del río Maraón.

Fuente: Evaluación de recursos hídricos en la cuenca Maraón. ANA 2015.

2.2. Definición de subcuenca

Según la delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas, elaborado por la ex-Intendencia de Recursos Hídrico (hoy ANA) plasmado en el Mapa de Unidades Hidrográficas del Perú, y aprobado mediante Resolución Ministerial N° 033-AG-2008 de fecha 17 de enero de 2008 determina que la cuenca del río Marañón corresponde al nivel 3 según la metodología de Pfafstetter y se compone de 7 cuencas de nivel 4: Alto Marañón, Medio Alto Marañón, Medio Marañón, Medio Bajo Marañón, Pastaza, Tigre y Bajo Marañón (ANA, 2015).

Así se tiene que para el departamento de La Libertad, se han determinado las unidades hidrográficas: 49897 Intercuenca Alto Marañón IV, 49898 Cuenca Crisnejas y 49899 Intercuenca Alto Marañón V, tal y como se aprecia en el Cuadro 11.

Las lagunas Culluna y Huascacocha, que se encuentran en la provincia de Pataz, se incluyen en la unidad hidrográfica o subcuenca 49899 Intercuenca Alto Marañón V y la laguna Shopol que se encuentra en la provincia de Bolívar, se incluye en la unidad hidrográfica o subcuenca 49897 Intercuenca Alto Marañón IV.

Cuadro 11. Unidades hidrográficas y ámbitos político administrativos de la cuenca del río Marañón.

Autoridad Administrativa del Agua				Gobiernos Regionales				Unidades Hidrográficas									
Cod.	Nombre	Área		Nombre	Área			Cod.	Nombre	Área							
		(Km ²)	Nac.		(Km ²)	AAA	GR			(Km ²)	AAA	GR	UH-				
6	Marañón	85 599,2	7	Amazonas	36 299,7	42	93	49878	Cuenca Santiago	8 058,8	9	21	100				
								49879	Intercuenca 49879	5 129,0	6	13	100				
								4988	Cuenca Cenepa	6 714,6	8	17	100				
								49891	Intercuenca Alto Marañón I	6 687,5	8	17	98				
								49893	Intercuenca Alto Marañón II	23,7	0	0	93				
								49894	Cuenca Utubamba	6 611,5	8	17	100				
								49895	Intercuenca Alto Marañón III	278,1	0	1	32				
								49897	Intercuenca Alto Marañón IV	2 796,5	3	7	27				
									Subtotal	36 299,7	42	93					
								Ancash	9 116,2	11	26	49899	Intercuenca Alto Marañón V	9 116,2	11	26	42
													Subtotal	9 116,2	11	26	
				Cajamarca	22 574,7	27	71	49891	Intercuenca Alto Marañón I	118,3	0	0	2				
								49892	Cuenca Chinchipe	6 117,0	7	19	92				
								49893	Intercuenca Alto Marañón II	1,9	0	0	7				
								49895	Intercuenca Alto Marañón III	589,5	1	2	68				
								498961	Intercuenca Bajo Chameya	323,5	0	1	100				
								498962	Cuenca Chontali	1 161,2	1	4	100				
								498963	Intercuenca Medio Bajo Chameya	350,2	0	1	100				
								498964	Cuenca Santa Cruz	353,1	0	1	100				
								498965	Intercuenca Medio Chameya	300,4	0	1	100				
								498966	Cuenca Chotano	1 920,1	2	6	100				
								498967	Intercuenca Medio Alto Chameya	652,5	1	2	81				
								498968	Cuenca Yerna	47,8	0	0	17				
								498969	Intercuenca Alto Chameya o Huancabamba	655,2	1	2	26				
								49897	Intercuenca Alto Marañón IV	6 480,2	8	20	63				
								49898	Cuenca Crisnejas	3 950,6	5	12	81				
								49899	Intercuenca Alto Marañón V	256,4	0	1	1				
									Subtotal	23 277,7	27	71					
				Huánuco	6 738,6	8	18	49899	Intercuenca Alto Marañón V	6 738,6	8	18	31				
									Subtotal	6 738,6	8	18					
				La Libertad	7 363,8	9	29	49897	Intercuenca Alto Marañón IV	962,9	1	4	9				
								49898	Cuenca Crisnejas	959,1	1	4	20				
								49899	Intercuenca Alto Marañón V	5 441,8	6	22	25				
					Subtotal	7 363,8	9	29									
				Lambayeque	150,0	0	3	498965	Cuenca Chotano	0,1	0	0	0				
								498967	Intercuenca Medio Alto Chameya	149,9	0	1	19				
								498968	Cuenca Yerna	229,6	0	2	83				
								498969	Intercuenca Alto Chameya o Huancabamba	31,3	0	0	1				
					Subtotal	410,8	0	3									
				Piura	504,5	3	7	49892	Cuenca Chinchipe	504,5	1	1	8				
								498969	Intercuenca Alto Chameya o Huancabamba	1 887,1	2	5	73				
					Subtotal	2 391,6	3	7									
				San Martín	0,7	0	0	49899	Intercuenca Alto Marañón V	0,7	0	0	0				
									Subtotal	0,7	0	0					
				TOTAL									85 599,2	8	18	31	

Fuente: Delimitación de ámbitos de las Autoridades Administrativas del Agua. ANA 2009.

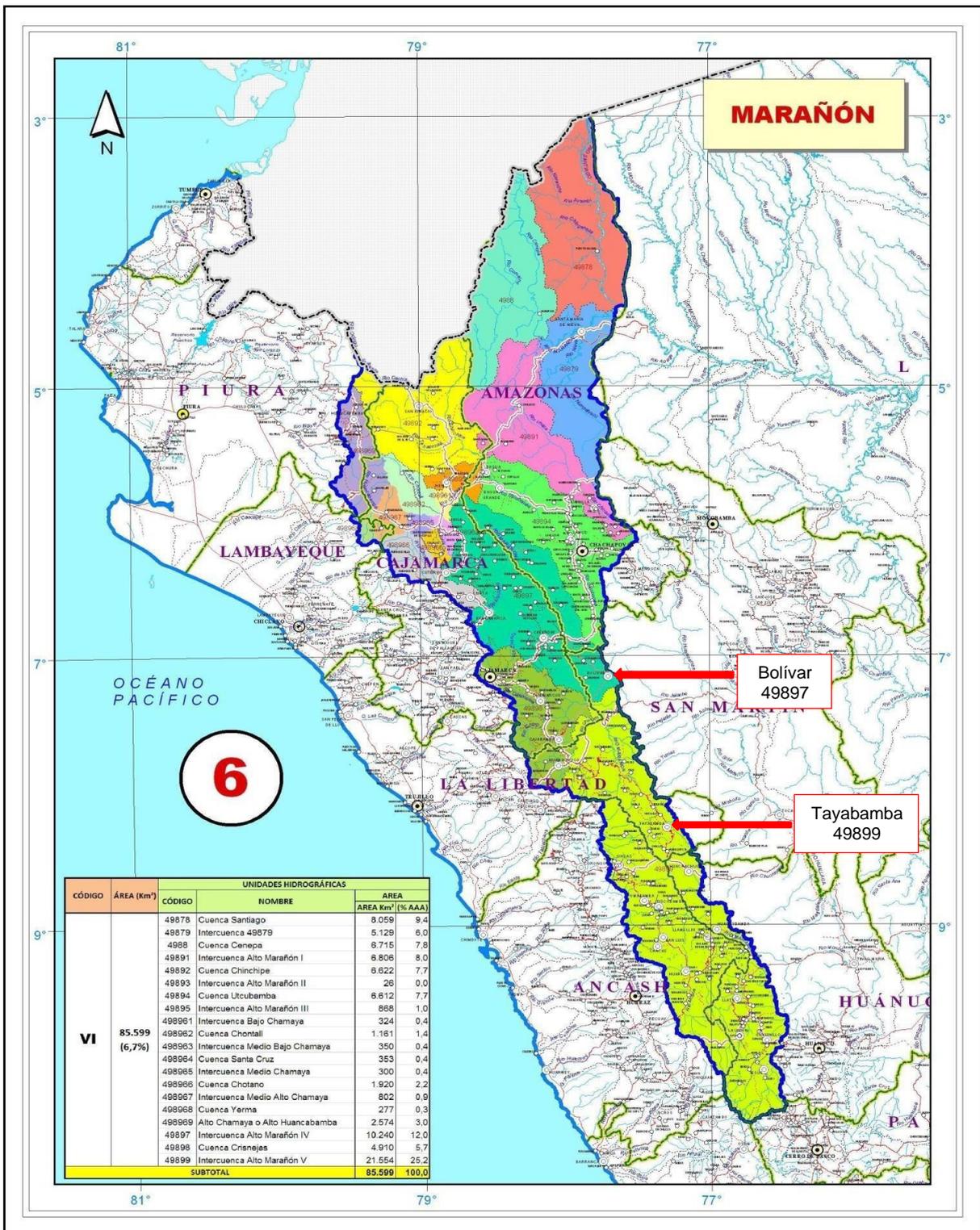


Figura 10. Unidades hidrográficas de la cuenca del río Marañón.

Fuente: Delimitación de ámbitos de las Autoridades Administrativas del Agua. ANA 2009.

2.3. Hidrografía de la provincia de Pataz

La provincia de Pataz es atravesada transversalmente por ríos, quebradas y riachuelos, todas ellas perteneciente a la vertiente del Océano Atlántico; para nuestro caso representaremos toda la provincia en dos subcuencas hidrográficas: Alto Marañón y Alto Huallaga; la mayoría de los ríos son tributarios de la margen derecha de río Marañón y en menor medida tributarios del río Huallaga. En torno de estos ríos se asienta un importante porcentaje de la población y se ubican las principales áreas agrícolas y ganaderas. Sólo el río Cajas cuenta con caudal permanente por la existencia de numerosas lagunas en la naciente que alimenta de agua todo el año, que llegan a desembocar en el Marañón. En las demás, los recorridos de agua son esporádicos, de régimen irregular y condicionado a las temporadas de lluvias en las partes altas, aunque permanecen afloramientos y manantiales que permiten la actividad agrícola. En general, los ríos forman parte de un relieve accidentado, escarpado, alargado, profundo y de quebradas con fuertes pendientes.

2.4. Hidrografía de la provincia de Bolívar

La naturaleza ha dado a esta provincia, el privilegio de la permanente abundancia de sus aguas. Todo el largo de la cordillera presenta lagunas de variada extensión que constituyen verdaderos reservorios naturales y son el origen de los ríos que descargan sus aguas en el Marañón y el Huallaga.

CUADRO 12. Lagunas en distritos de la provincia de Bolívar-La Libertad.

Distrito	Laguna
Uchumarca	<ul style="list-style-type: none">- Las Quinuas- Huallabamba- Michimal- La Brava- La Cashurco
Bolívar	<ul style="list-style-type: none">- Shopol- Telapsho- Yonan- Shomenate- Yanacaca- Uchuglala- Callangate
Condemarca	<ul style="list-style-type: none">- Mishichilca- Quishuar- Tragaplata- Capadora- Huamantianga- El Gallo- La Puín- Caraz- Gerga- Coven
Bambamarca	<ul style="list-style-type: none">- Cushura- Uchuglla Cruz- Ñamin Negra- Cinco Patos- Singrabamba

Fuente: *Elaboración propia.*

El río más importante es el río Marañón que tiene una anchura media de 90 metros, una profundidad media de 10 metros, una pendiente media de 2/1000 y es navegable por pequeños botes y rústicas balsas.

Además, el río Lavasén que se encuentra entre los límites de las provincias de Pataz y Bolívar; el río Sinchivín que se encuentra en el límite de los distritos de Condormarca y Bambamarca; el río Ciónera en el distrito de Bambamarca; el río Yampsho se encuentra entre el límite de los distritos de Bambamarca y Bolívar.

También, los ríos Chonchón y Pana en el distrito de Bolívar; el río Yalén en el límite de los distritos de Bolívar y Ucuncha; El río Huayo entre el límite de Ucuncha y Longotea; Río Pusac en el límite de las provincias de Bolívar y Chachapoyas departamento de Amazonas.

3. Ubicación geográfica

3.1. Ubicación geográfica de laguna Culluna

La laguna Culluna se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84, Zona 18 S: 256403.43 E- 9084087.30 N, a una altitud de 3743 msnm.

3.2. Ubicación geográfica de laguna Huascacocha

La laguna Huascacocha se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84, Zona 18 S: 261225.81 E- 9077540.34 N, a una altitud de 3874 msnm.



Figura 11. Ubicación de las lagunas Culluna y Huascacocha, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Fuente: Google Earth-2021



Figura 12. Ubicación de la laguna Culluna CC.PP Ucchapampa, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Fuente: Google Earth-2021



Figura 13. Laguna Culluna CC.PP Ucchapampa, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Fuente: Google Earth-2021



Figura 14. Ubicación de la laguna Huascacocha-Anexo Alborada de los Andes, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.
Fuente: Google Earth-2021



Figura 15. Laguna Huascacocha- Anexo Alborada de los Andes, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.
Fuente: Google Earth-2021

3.3. Ubicación Geográfica de Laguna Shopol

La laguna Shopol se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84, Zona 18 S: 206967.07 E- 9207885.42 N, a una altitud de 3704 msnm.



Figura 16. Ubicación de la laguna Shopol, distrito y provincia de Bolívar, departamento de La Libertad.

Fuente: Google Earth-2021



Figura 17. Laguna Shopol, distrito y provincia de Bolívar, departamento de La Libertad.

Fuente: Google Earth-2021

4. Acceso a las zonas de estudio

4.1. Acceso terrestre al distrito de Tayabamba, provincia de Pataz

Las lagunas Culluna y Huascacocha se localizan en el distrito de Tayabamba. El acceso a Tayabamba se realiza a través de las siguientes rutas: Trujillo – Sihuas – Huancaspata – Tayabamba; Trujillo – Huamachuco – Tayabamba; Lima – Chimbote – Sihuas – Huancaspata – Tayabamba.

El transporte interprovincial de pasajeros Trujillo – Tayabamba se da a través del servicio de transporte de pasajeros directo, en un tiempo de recorrido de 18 horas aproximadamente. El transporte interprovincial Lima - Chimbote - Sihuas – Huancaspata - Tayabamba y viceversa, se da a través de las empresas interprovinciales, en un tiempo de recorrido de 30 horas aproximadamente.

La laguna Culluna se encuentra próxima al Centro Poblado de Uchupampa, el cual se interconecta a Tayabamba mediante una trocha carrozable.

La laguna Huascacocha se encuentra próxima al Anexo Alborada de los Andes, el cual se interconecta a Tayabamba mediante una trocha carrozable.

CUADRO 13. Vías de comunicación al distrito de Tayabamba, provincia de Pataz.

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (hr.)	TIPO DE VIA
Lima - Chimbote - Sihuas – Tayabamba y viceversa	400	30	Variable
Trujillo – Tayabamba (Transporte Privado)	350	18	Variable

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Ruta Trujillo-Tayabamba.

Fuente: <https://pe.utc.city/1395313-1395281>

4.2. Acceso terrestre al distrito de Bolívar, provincia de Bolívar

La laguna Shopol se encuentra localizada en el distrito de Bolívar.

El único acceso carrozable al distrito de Bolívar, es a través del departamento de Cajamarca, provincia de Celendín uniendo los pueblos de Limón (Celendín), Balsas (departamento de Chachapoyas), San Vicente de Paúl (departamento de La Libertad).

Las distancias aproximadas son: Bolívar-Celendín, 176 Km; Bolívar-Cajamarca, 284 Km; Bolívar -Trujillo, 588 Km; Bolívar –Lima, 1258 Km.

La laguna Shopol se encuentra próxima a la Ciudad de Bolívar, interconectándose mediante una trocha carrozable.

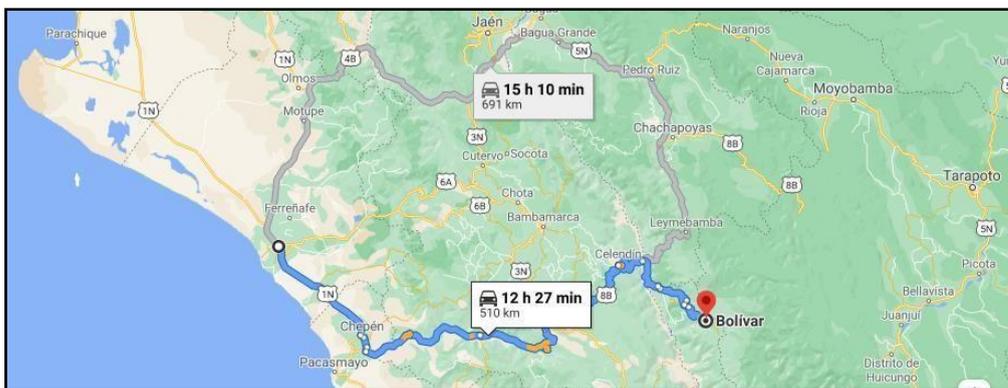


Figura 19. Ruta de acceso al distrito de Bolívar.

Fuente: Mapa Google 2021.

5. Afluentes y efluentes de los cuerpos de agua en estudio

5.1. Laguna Culluna

Afluentes.- La laguna Culluna presenta pequeños afluentes que se forman por escorrentía superficial o directa (Figuras 21,23).

Efluentes.- La laguna Culluna presenta un efluente, el cual no tiene nombre que lo identifique, cuyas aguas van a desembocar al Río Cajas y este a su vez al cauce del Río Marañón (Figuras 20, 22, 24).

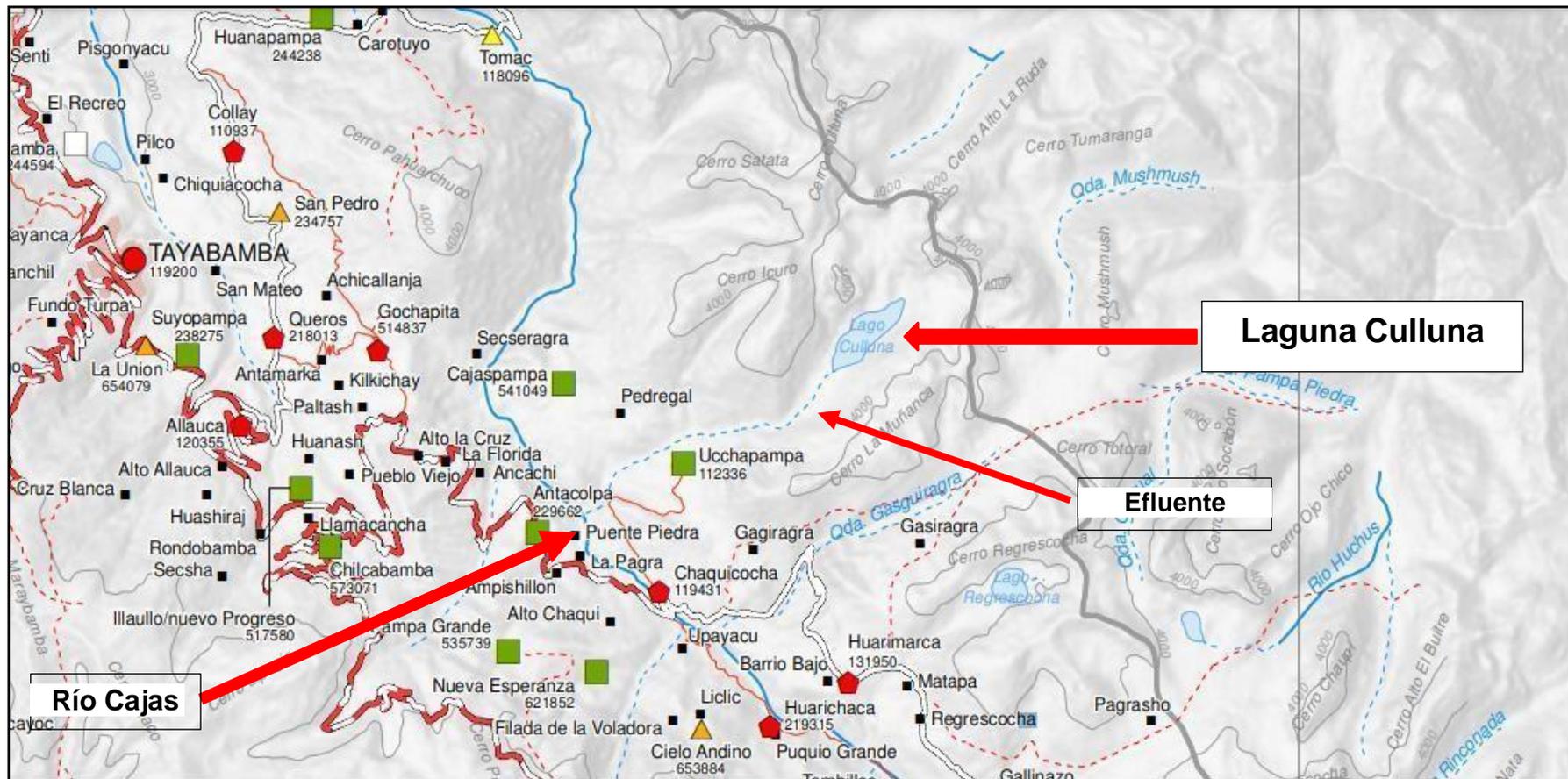


Figura 20. Ubicación de la Laguna Culluna y su Efluente que desemboca en el Río Cajas.
Fuente: Elaboración propia a partir de publicación de Dirección Regional de Educación de La Libertad- UGEL Patate



Figura 21. Imagen satelital de la Laguna Culluna con afluente y efluente.
Fuente: Google Earth-2021

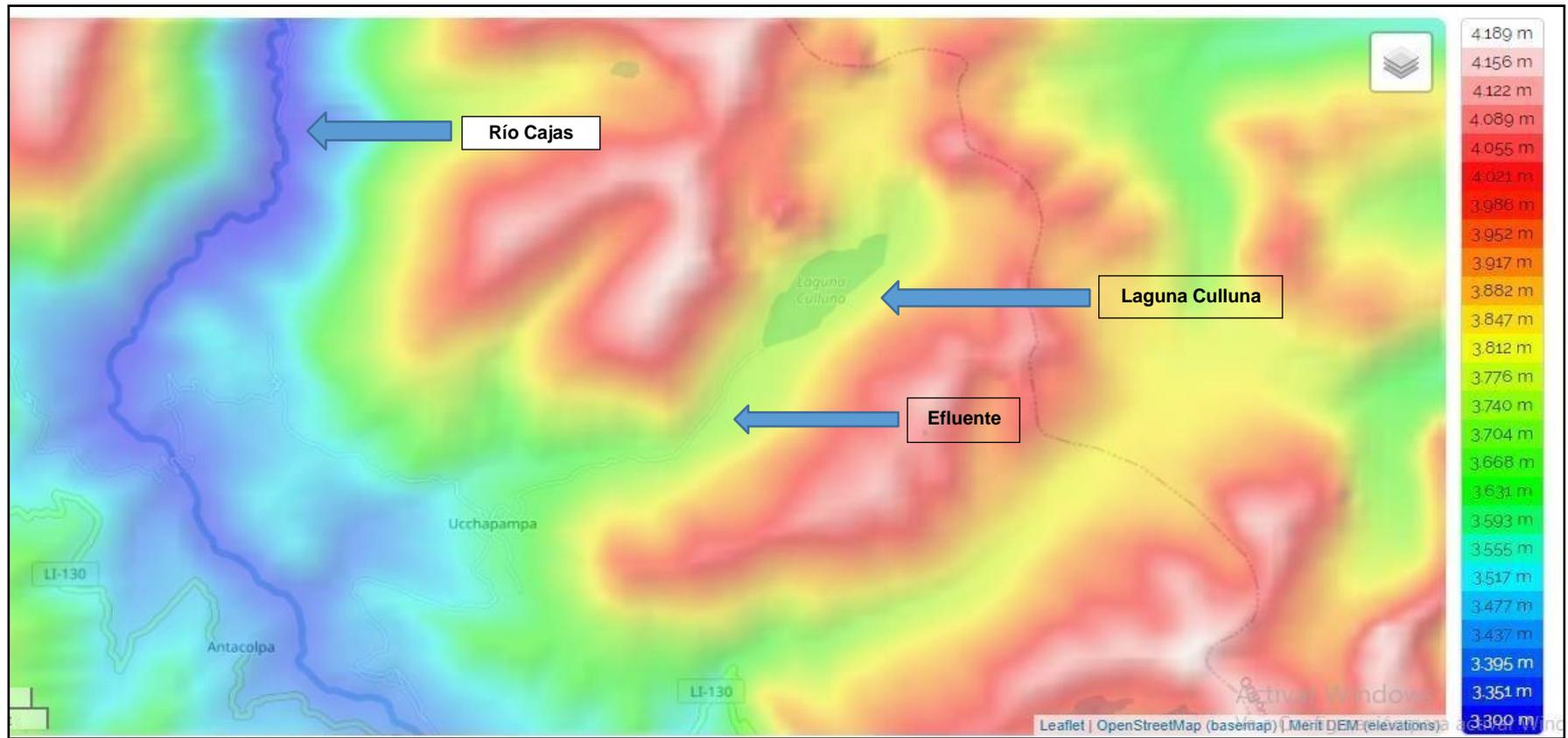


Figura 22. Laguna Culluna-Mapa de Altitudes.
 Fuente: Elaboración propia a partir de <https://es-pe.topographic-map.com/>



Figura 23. Laguna Culluna-Detalle de afluentes.
Fuente: Google Earth-2021



Figura 24. Laguna Culluna-Detalle de efluente.
Fuente: Google Earth-2021

5.2. Laguna Huascacocha

Afluentes.- La laguna Huascacocha presenta como afluentes a pequeñas masas de agua estacionales formadas en época de lluvias y a escorrentía superficial o directa (Figuras 25, 26 y 31).



Figura 25. Laguna Huascacocha-Afluente masa de agua estacional.



Figura 26. Laguna Huascacocha-Afluente escorrentía superficial o directa

Efluentes.- La laguna Huascacocha presenta un efluente, el cual no tiene nombre que lo identifique, cuyas aguas van a desembocar al Río Cajas y este a su vez al cauce del Río Marañón (Figuras 27, 28, 29, 30 y 32).



Figura 27. Laguna Huascacocha-Efluente.

5.3. Laguna Shopol

Afluentes.- La laguna Shopol presenta pequeños afluentes que se forman por escorrentía superficial o directa y también una masa de agua estacional formada en época de lluvias (Figura 36).

Efluentes.- La laguna Shopol presenta un efluente, la Quebrada Shopol, cuyas aguas van a desembocar al Río Cujibamba y este a su vez al cauce del Río Marañón (Figuras 33, 35, y 37)

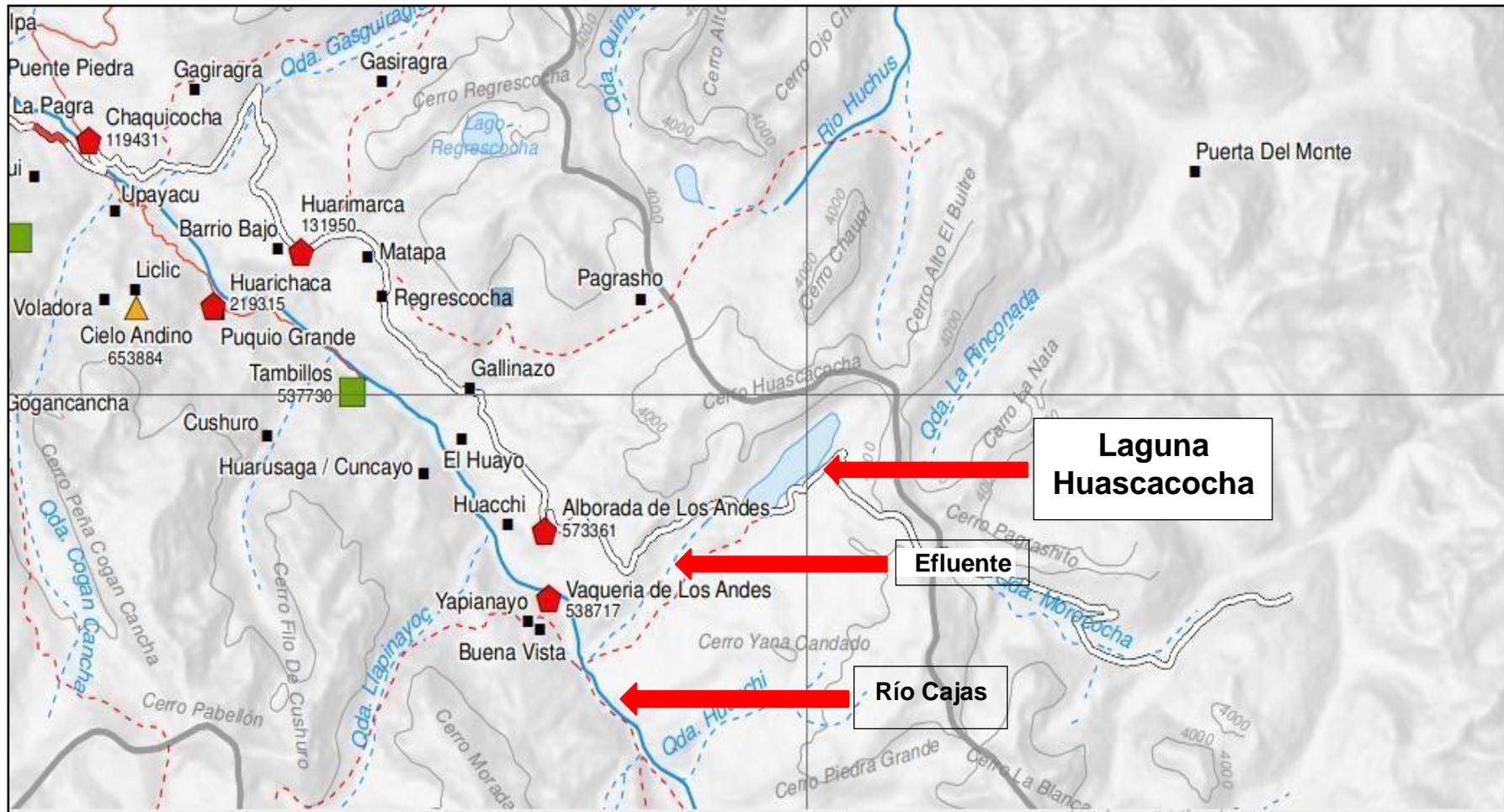


Figura 28. Ubicación de la Laguna Huascacocha y su Efluente que desemboca en el Río Cajas.
Fuente: Elaboración propia a partir de publicación de Dirección Regional de Educación de La Libertad- UGEL Pataz



Figura 29. Imagen satelital de la Laguna Huascacocha y efluente.
Fuente: Google Earth-2021

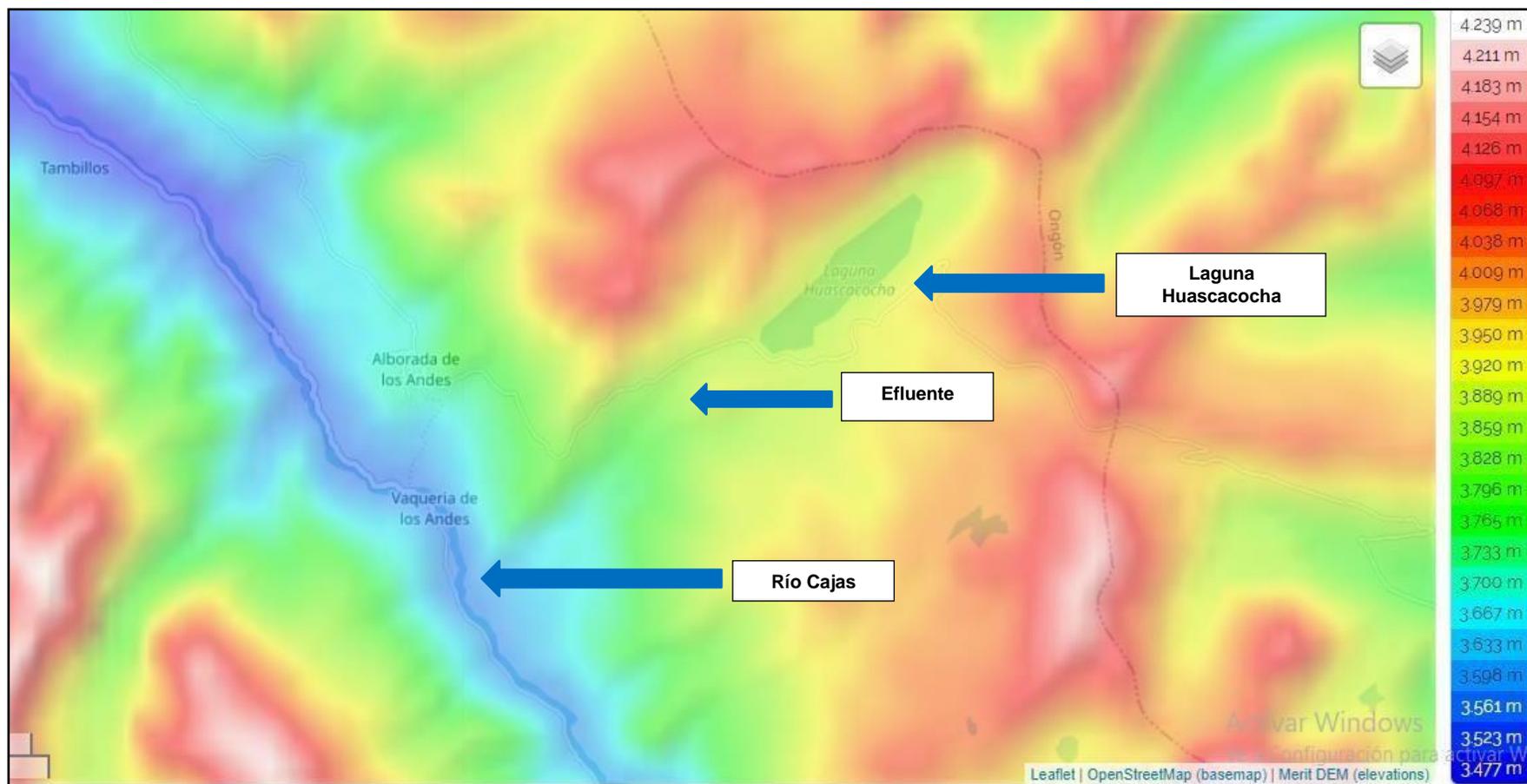


Figura 30. Laguna Huascacocha-Mapa de Altitudes.
 Fuente: Elaboración propia a partir de <https://es-pe.topographic-map.com/>



Figura 31. Laguna Huascacocha-Detalle de afluentes.
Fuente: Google Earth-2021



Figura 32. Laguna Huascacocha-Detalle de efluente.
Fuente: Google Earth-2021

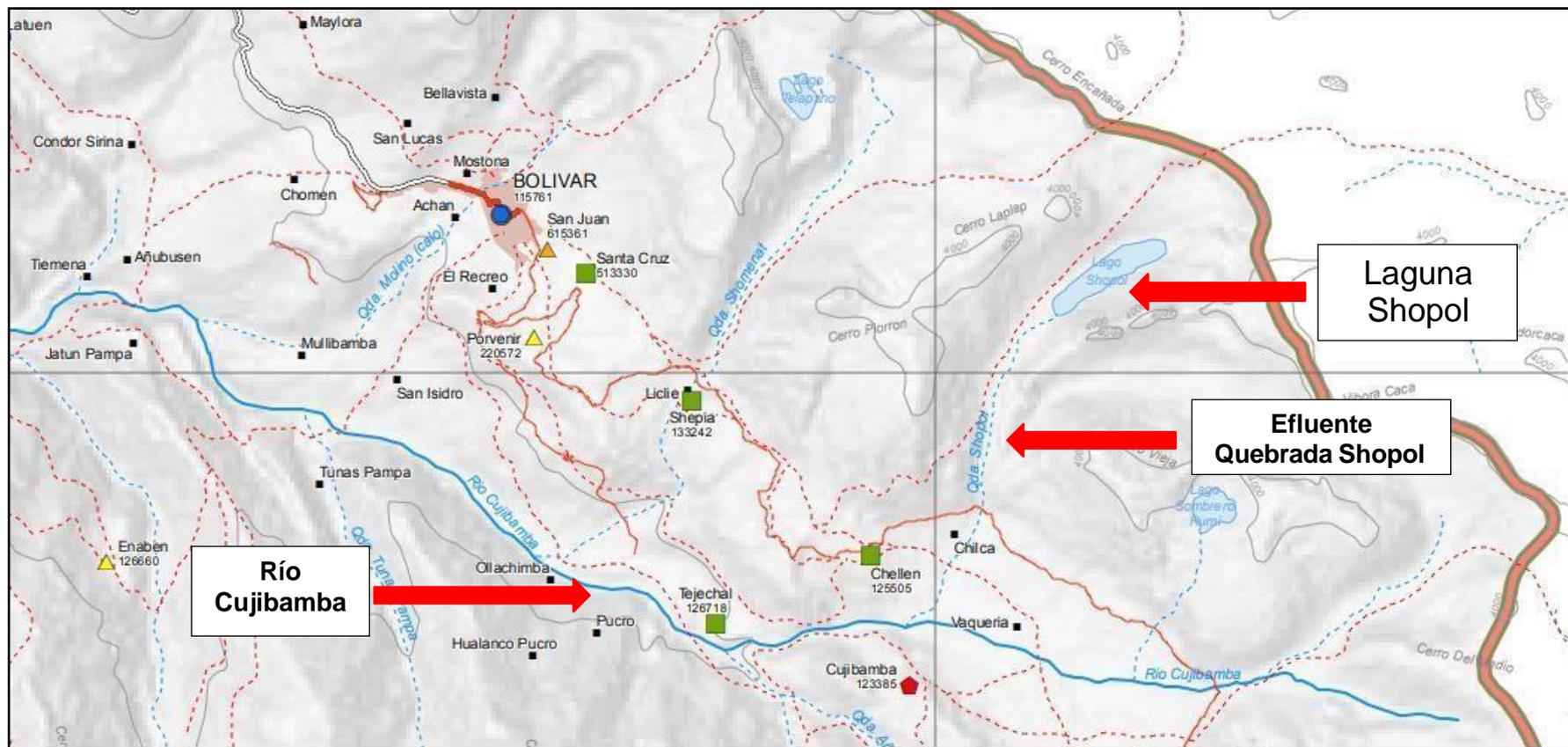


Figura 33. Ubicación de la Laguna Shopol y su Efluente Quebrada Shopol, que desemboca en el Río Cujibamba.

Fuente: Elaboración propia a partir de publicación de Dirección Regional de Educación de La Libertad- UGEL Bolívar

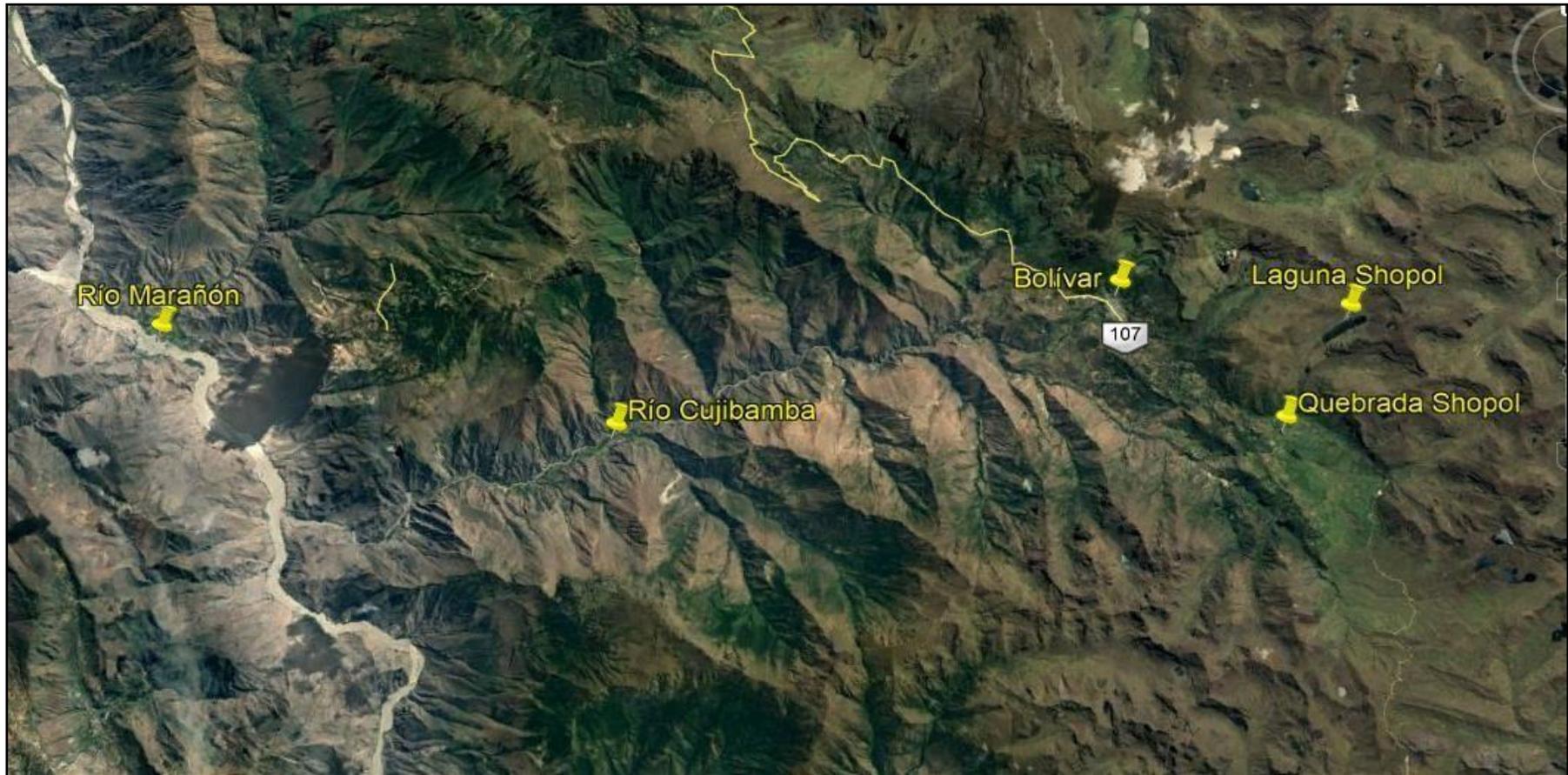


Figura 34. Imagen satelital de la Laguna Shopol y efluente Quebrada Shopol.
Fuente: Google Earth-2021

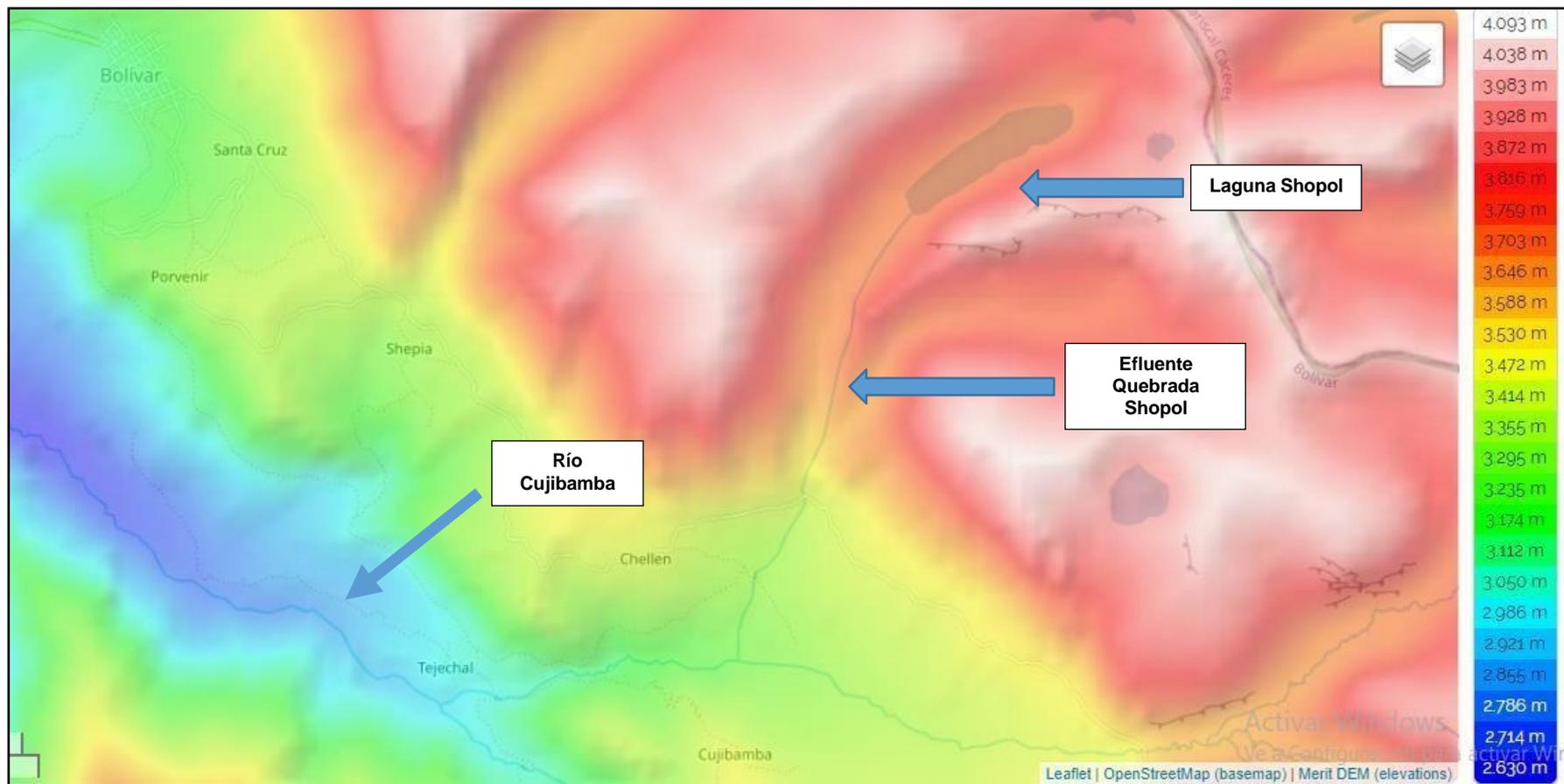


Figura 35. Laguna Shopol-Mapa de Altitudes.
 Fuente: Elaboración propia a partir de <https://es-pe.topographic-map.com/>



Figura 36. Laguna Shopol-Detalle de afluentes.
Fuente: Google Earth-2021

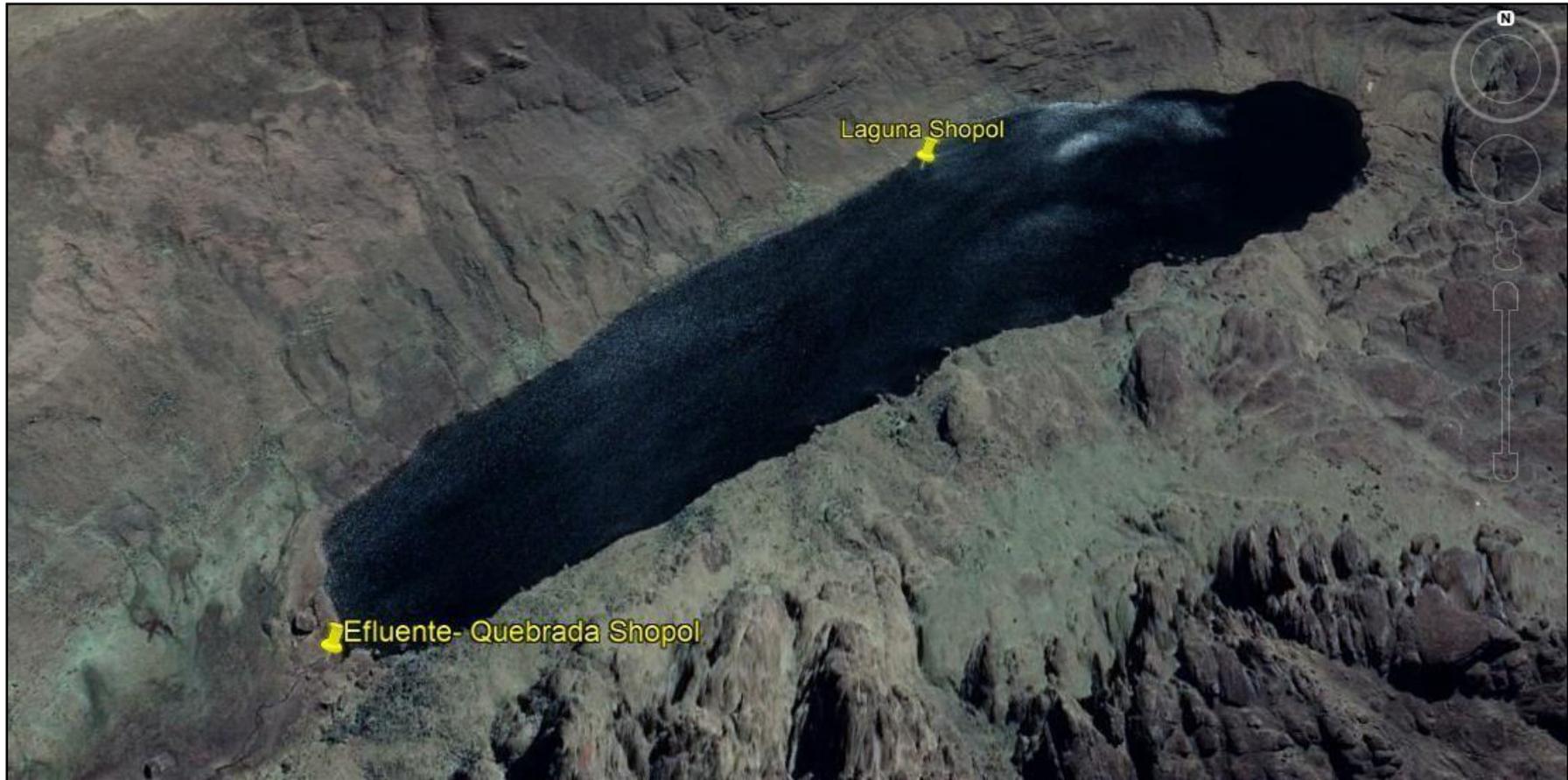


Figura 37. Laguna Shopol-Detalle de efluente.
Fuente: Google Earth-2021

6. Actividades conexas a los cuerpos de agua

6.1. Lagunas Culluna y Huascacocha

Las lagunas Culluna y Huascacocha se encuentran próximas al Centro Poblado Ucchupampa y Anexo Alborada de los Andes respectivamente, en el distrito de Tayabamba. La población se caracteriza por dedicarse mayoritariamente a la agricultura, ya que se encuentran ubicadas en una zona de valles andinos, recorrida por el río Marañón; siendo también la ganadería otra actividad menor.

La agricultura es de secano, siendo su principal cultivo la papa, existiendo variedades nativas como Chilca, Llamellina, Pelleja, Huarcaya Escalera, etc., pero que con el transcurrir del tiempo, en los últimos quince años, vienen siendo reemplazadas por variedades foráneas, entre las que se encuentran Canchan, Mariva, Perricholi, Peruanita, Yungay, Amarilla, etc., las cuales no son resistentes a las plagas. Los pobladores manifiestan su deseo de querer mejorar los sistemas de riego y para ello demandan estudios, ejecución de nuevas y pequeñas irrigaciones.

El ganado que mantienen en crianza es ovino y vacuno, alimentándolos de pastizales naturales que se encuentran en inmediaciones de los cuerpos de agua en estudio.

Algunos pobladores practican faenas de pesca en las lagunas Culluna y Huascacocha, siendo esta de autoconsumo, esporádicamente se comercializa. La especie que extraen es ***Oncorhynchus mykiss*** “trucha”, para lo cual utilizan como arte de pesca la atarraya.

Como una manera de preservar el recurso hidrobiológico “trucha”, los pobladores han acordado realizar vedas que coinciden con la época de reproducción de la misma, siendo entre los meses de mayo a agosto; para ello cuentan con el apoyo organizado de las Rondas Campesinas de cada Centro Poblado o Anexo.

Las aguas de la laguna Huascacocha, son trasladadas por tubería hasta Tayabamba, para ser consumidas por sus aproximadamente 14,500 habitantes, llegando en primer lugar a una planta de tratamiento ubicada en el Anexo Suyopampa del sector Quishuar en el distrito de Huancaspata.

La minería es una actividad muy destacada en la zona de Tayabamba, existiendo varias concesiones mineras en su ámbito geográfico. Se debe tener un control ambiental estricto, para minimizar los efectos negativos de la contaminación ambiental.

6.2. Laguna Shopol

La laguna Shopol se encuentra ubicada próxima al Centro Poblado de Chilca, en el distrito de Bolívar. La población tiene como actividad económica principal a la agricultura, la cual mayormente es para autoconsumo, se tienen cultivos con cosechas anuales de papa, maíz, trigo, cebada, quinua, etc. y en menor

escala frutas. El consumo de los productos agrícolas es de acuerdo a la producción de los mismos, destinando parte a la venta en el mercado interno en la provincia de Bolívar y las ciudades colindantes.

La ganadería es una actividad tanto para autoconsumo como para comercio, en menor escala, se basa en la crianza de vacunos, ovinos, caprinos, equinos y animales menores (aves domésticas y cuyes) en menor proporción.

Se desarrolla la minería informal, quienes explotan vetas ubicadas principalmente en Yanaca (Longotea), Purollacta (Uchucmarca) y Chuñuen (Bolívar).

En la laguna Shopol se practica la pesca, pues alberga gran cantidad de truchas, que son aprovechadas por los lugareños para autoconsumo y comercialización.

Esta Laguna abastece de agua para consumo humano directo a la comunidad del fundo Chomenate, localizada en el distrito de Bolívar.

En los alrededores de la laguna Shopol, existe una vasta planicie, propicia para realizar actividades recreativas, camping; la presencia de flora y fauna hacen de este cuerpo de agua un buen lugar.

7. Caracterización morfométrica

La caracterización morfométrica de las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, se realizó, a partir de los planos diseñados con asistencia del software Autocad Civil 3D – 2015.

7.1. Laguna Culluna

El Cuadro 14 muestra los valores calculados de los parámetros morfométricos.

Área superficial (A)

La laguna Culluna no presenta una forma geométrica regular es por ese motivo que se utilizó el método de diseño asistido por computadora (CAD), obteniendo de esta manera un área de 28.05 Ha (Figura 38).

Longitud máxima (L_{max})

Para el cálculo de la distancia de los puntos extremos se utilizó el método (CAD), que mediante una línea imaginaria se trazó desde la salida del efluente hacia el extremo opuesto, teniendo como resultado una la longitud de 1,121.813 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna (Figura 38).

Anchura máxima (B_{max})

El ancho máximo está ubicado en la parte media de la laguna. Utilizando el método CAD, se realizaron las mediciones respectivas, obteniéndose un ancho máximo de 344.09 m (Figura 38).

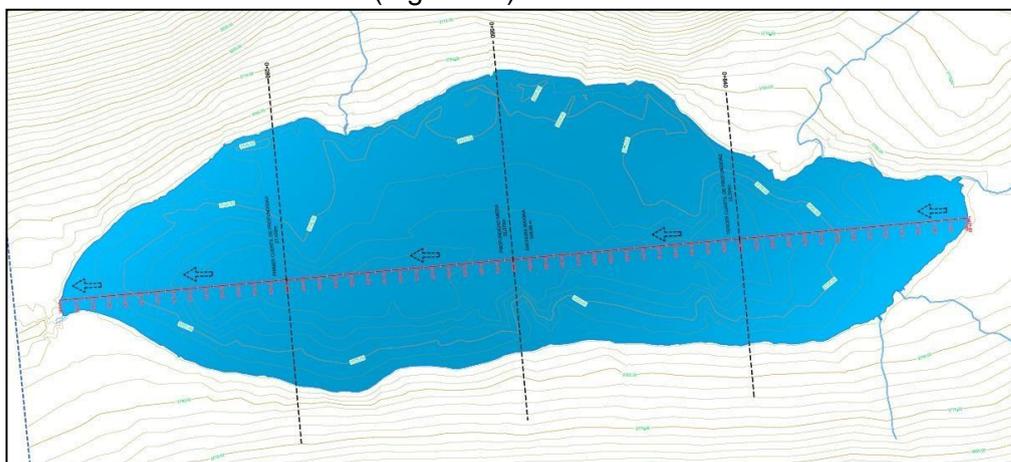


Figura 38. Laguna Culluna- Área superficial, Longitud máxima y Anchura máxima.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 14. Parámetros morfométricos de la laguna Culluna-mayo 2021
(Simbología según Hakanson 1981)

DATOS PROCESADOS			
Estudio	Estudio de identificación de oportunidades para la producción acuícola en las provincias de Patatz y Bolívar del departamento de La Libertad		
Ubicación	Tayabamba-Pataz-La Libertad		
Cuerpo de agua	Laguna Culluna		
Altitud	3,743 m.s.n.m.		
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Superficie de la Sub Cuenca Alto Marañón V		544,180.00	Ha
Área Superficial de la laguna	A	28.05	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_o	2,687.448	m
Desarrollo de Costa	F	1.43	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,121.813	m
Anchura Máxima	B_{max}	344.09	m
Anchura Media	B	250.04	m
Profundidad Máxima	D_{max}	28.98	m
Profundidad Media	D	12.21	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	27.422	m
Profundidad Mediana	D_{50}	22.379	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	22.204	m
Profundidad Relativa	D_r	4.84	%
Pendiente Media	\bar{i}	10.11	%
Volumen	V_p	3'425,229.49	m^3
Desarrollo del Volumen	V_d	1.26	Adimensional
Forma de la laguna	Subcircular en relación con V_d		

Fuente: Elaboración propia.

Longitud de línea de costa (l_0)

La longitud de línea de costa o perímetro de un lago se define como la intersección de la tierra con la superficie del lago (Wetzel, 1975), se obtuvo un valor de 2,687.448 m.

Profundidad máxima (D_{max})

Se obtuvo por la diferencia de cotas (cota del espejo del agua y la cota más profunda). Utilizando el método (CAD), se tiene como resultado una profundidad máxima es de 28.98 m.

Profundidad media (D)

Expresada como el volumen de la masa de agua, dividido por la superficie total de las mismas, siendo el valor encontrado de 12.21 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 4.84 \%$ parámetro que expresa la profundidad máxima como porcentaje del diámetro promedio de la superficie del lago, y es indicador de la estabilidad de la columna de agua. Según Cole (1988), los lagos profundos con superficies pequeñas cuentan con $D_r > 4\%$ siendo el caso de la laguna Culluna que presenta un valor alto característico de cuerpos de agua con pequeñas dimensiones.

Volumen (V_p)

El volumen se determinó por el método (CAD), a través del cálculo del volumen de cada estrato o fustra horizontal de la columna del agua, delimitado por diversas curvas de nivel sumergido (isobatas). Obteniendo de esta manera el mapa batimétrico y haciendo la suma de los volúmenes parciales. Definiendo así el volumen de 3'425,229.49 m³.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 1.26$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Culluna presenta curvas hipsográficas clasificadas como lineal (Cuadro 2 y Figura 3A). Los valores obtenidos de V_d en rango de intermedio a alto indica que las áreas sometidas a procesos de resuspensión, a pesar de la escasa profundidad de las lagunas, no son tan significativas (Hakanson, 2012).

Desarrollo de costa (F)

Refleja algunos aspectos de la forma del contorno del lago o laguna, en concreto su grado de sinuosidad o articulación de la costa, así como su grado de alargamiento respecto a un círculo, en líneas generales a mayor desarrollo de línea de costa, mayor la productividad biológica. El valor obtenido para la

laguna Culluna es de 1.43, lo que corresponde a una morfología Subcircular (Cuadro 3), la cual es característica de lagunas generadas por deflación.

7.2. Laguna Huascacocha

El Cuadro 15 muestra los valores calculados de parámetros morfométricos.

Área superficial (A)

La laguna Huascacocha no presenta una forma geométrica regular es por ese motivo por el cual se utilizó el método de diseño asistido por computadora (CAD), obteniendo de esta manera un área de 30.18 Ha (Figura 39).

Longitud máxima (L_{max})

Para el cálculo de la distancia de los puntos extremos se utilizó el método (CAD), que mediante una línea imaginaria se trazó desde la salida del efluente hacia el extremo opuesto, teniendo como resultado una la longitud de 1,288.19 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna (Figura 39).

Anchura máxima (B_{max})

Utilizando el método CAD, se realizaron las mediciones respectivas, obteniéndose un ancho máximo de 304.19 m (Figura 39).

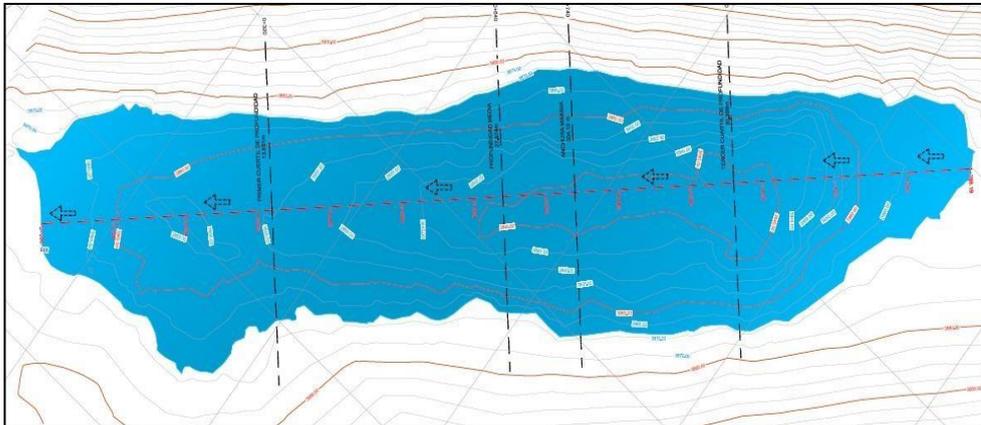


Figura 39. Laguna Huascacocha-Área superficial, Longitud máxima y Anchura máxima.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 15. Parámetros morfométricos de la laguna Huascacocha-mayo 2021(Simbología según Hakanson 1981)

DATOS PROCESADOS			
Estudio	Estudio de identificación de oportunidades para la producción acuícola en las provincias de Pataz y Bolívar del departamento de La Libertad		
Ubicación	Tayabamba-Pataz-La Libertad		
Cuerpo de agua	Laguna Huascacocha		
Altitud	3,865 m.s.n.m.		
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Superficie de la Sub Cuenca Alto Marañón V		544,180.00	Ha
Area Superficial de la laguna	A	30.18	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_0	3,110.24	m
Desarrollo de Costa	F	1.59	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,288.19	m
Anchura Máxima	B_{max}	304.19	m
Anchura Media	B	234.28	m
Profundidad Máxima	D_{max}	30.29	m
Profundidad Media	D	13.00	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	13.651	m
Profundidad Mediana	D_{50}	27.874	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	30.299	m
Profundidad Relativa	D_r	8.66	%
Pendiente Media	\downarrow	8.02	%
Volumen	V_p	3'925,042.07	m ³
Desarrollo del Volumen	V_d	1.29	Adimensional
Forma de la laguna	Linear en relación con V_d		

Fuente: Elaboración propia.

Longitud de línea de costa (l_0)

La longitud de línea de costa o perímetro de un lago se define como la intersección de la tierra con la superficie del lago (Wetzel, 1975), se obtuvo un valor de 3,110.24 m.

Profundidad máxima (D_{max})

Se obtuvo por la diferencia de cotas (cota del espejo del agua y la cota más profunda). Utilizando el método (CAD), se tiene como resultado una profundidad máxima es de 30.29 m.

Profundidad media (D)

Expresada como el volumen de la masa de agua, dividido por la superficie total de las mismas, siendo el valor encontrado de 13.00 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 8.66 \%$ parámetro que expresa la profundidad máxima como porcentaje del diámetro promedio de la superficie del lago y es indicador de la estabilidad de la columna de agua. Según Cole (1988), los lagos profundos con superficies pequeñas cuentan con $D_r > 4\%$ siendo el caso de la laguna Huascacocha que presenta un valor alto característico de cuerpos de agua con pequeñas dimensiones.

Volumen (V_p)

El volumen se determinó por el método (CAD), a través del cálculo del volumen de cada estrato o fustra horizontal de la columna del agua, delimitado por diversas curvas de nivel sumergido (isobatas). Obteniendo de esta manera el mapa batimétrico y haciendo la suma de los volúmenes parciales. Definiendo así el volumen de $3'925,042.07 \text{ m}^3$.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 1.29$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Huascacocha presenta curvas hipsográficas clasificadas como lineal (Cuadro 2 y Figura 3A). Los valores obtenidos de V_d en rango de intermedio a alto indica que las áreas sometidas a procesos de resuspensión, a pesar de la escasa profundidad de las lagunas, no son tan significativas (Hakanson, 2012).

Desarrollo de costa (F)

Refleja algunos aspectos de la forma del contorno del lago o laguna, en concreto su grado de sinuosidad o articulación de la costa, así como su grado de alargamiento respecto a un círculo, en líneas generales a mayor desarrollo de línea de costa, mayor la productividad biológica. El valor obtenido para la laguna Huascacocha es de 1.59, lo que corresponde a una morfología elíptica (Cuadro 3), la cual es característica de lagunas generadas por deflación.

7.3. Laguna Shopol

El Cuadro 16 muestra los valores calculados de los parámetros morfométricos.

Área superficial (A)

La laguna Shopol no presenta una forma geométrica regular es por ese motivo por el cual se utilizó el método de diseño asistido por computadora (CAD), obteniendo de esta manera un área de 26.48 Ha (Figura 40).

Longitud máxima (L_{max})

Para el cálculo de la distancia de los puntos extremos se utilizó el método (CAD), que mediante una línea imaginaria se trazó desde la salida del efluente

hacia el extremo opuesto, teniendo como resultado una la longitud de 1,230.54 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna (Figura 40).

Anchura máxima (B_{max})

Utilizando el método CAD, se realizaron las mediciones respectivas, obteniéndose un ancho máximo de 281.16 m (Figura 40).

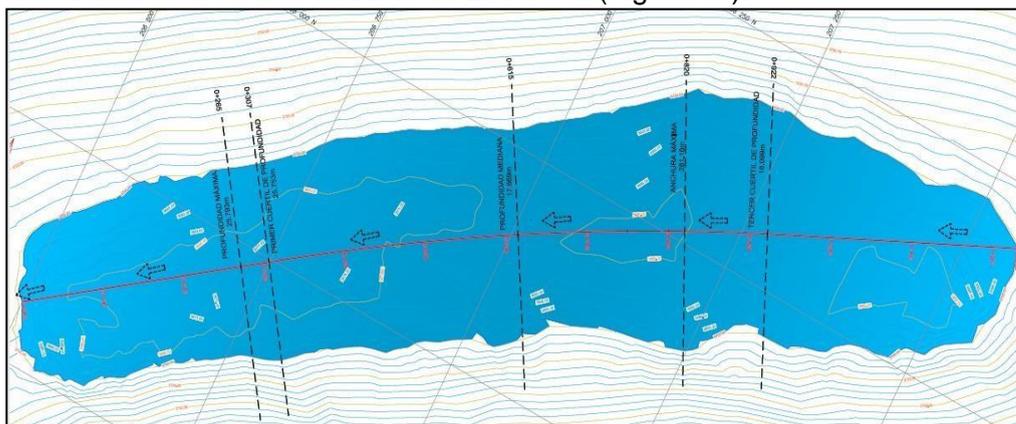


Figura 40. Laguna Shopol-Área superficial, Longitud máxima y Anchura máxima.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 16. Parámetros morfométricos de la laguna Shopol-mayo 2021 (Simbología según Hakanson 1981)

DATOS PROCESADOS			
Estudio	Estudio de identificación de oportunidades para la producción acuícola en las provincias de Patatz y Bolívar del departamento de La Libertad		
Ubicación	Bolívar-Bolívar-La Libertad		
Cuerpo de agua	Laguna Shopol		
Altitud	3,704 m.s.n.m.		
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Superficie de la Subcuenca Alto Maraón IV		95,290	Ha
Área Superficial de la laguna	A	26.48	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_o	2,863.44	m
Desarrollo de Costa	F	1.57	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,230.54	m
Anchura Máxima	B_{max}	281.16	m
Anchura Media	B	215.19	m
Profundidad Máxima	D_{max}	25.793	m
Profundidad Media	D	12.99	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	25.753	m
Profundidad Mediana	D_{50}	17.669	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	18.099	m
Profundidad Relativa	D_r	4.43	%
Pendiente Media	$\bar{\sigma}$	21.16	%
Volumen	V_p	3'442,280.02	m^3
Desarrollo del Volumen	V_d	1.51	Adimensional
Forma de la laguna	Cóncava en relación con V_d		

Fuente: Elaboración propia.

Longitud de línea de costa (l_0)

La longitud de línea de costa o perímetro de un lago se define como la intersección de la tierra con la superficie del lago (Wetzel, 1975), se obtuvo un valor de 2,863.44 m.

Profundidad máxima (D_{max})

Se obtuvo por la diferencia de cotas (cota del espejo del agua y la cota más profunda). Utilizando el método (CAD), se tiene como resultado una profundidad máxima es de 25.793 m.

Profundidad media (D)

Expresada como el volumen de la masa de agua, dividido por la superficie total de las mismas, siendo el valor encontrado de 12.99 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 4.43 \%$ parámetro que expresa la profundidad máxima como porcentaje del diámetro promedio de la superficie del lago, y es indicador de la estabilidad de la columna de agua. Según Cole (1988), los lagos profundos con superficies pequeñas cuentan con $D_r > 4\%$ siendo el caso de la laguna Shopol que presenta un valor alto característico de cuerpos de agua con pequeñas dimensiones.

Volumen (V_p)

El volumen se determinó por el método (CAD), a través del cálculo del volumen de cada estrato o fustra horizontal de la columna del agua, delimitado por diversas curvas de nivel sumergido (isobatas). Obteniendo de esta manera el mapa batimétrico y haciendo la suma de los volúmenes parciales. Definiendo así el volumen máximo de 3'442,280.02 m³.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 1.51$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Shopol presenta curvas hipsográficas clasificadas como cóncava (Cuadro 2 y Figura 3A). Los valores obtenidos de V_d en rango de intermedio a alto indica que las áreas sometidas a procesos de resuspensión, a pesar de la escasa profundidad de las lagunas, no son tan significativas (Hakanson, 2012).

Desarrollo de costa (F)

Refleja algunos aspectos de la forma del contorno del lago o laguna, en concreto su grado de sinuosidad o articulación de la costa, así como su grado de alargamiento respecto a un círculo, en líneas generales a mayor desarrollo de línea de costa, mayor la productividad biológica. El valor obtenido para la

laguna Shopol es de 1.57, lo que corresponde a una morfología elíptica (Cuadro 3), la cual es característica de lagunas generadas por deflación.

8. Análisis limnológico

8.1. Disposición de las estaciones de muestreo

En las figuras 41, 42 y 43 se presentan la disposición de las estaciones de muestreo.



Figura 41. Estaciones de muestreo en la laguna Culluna, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021

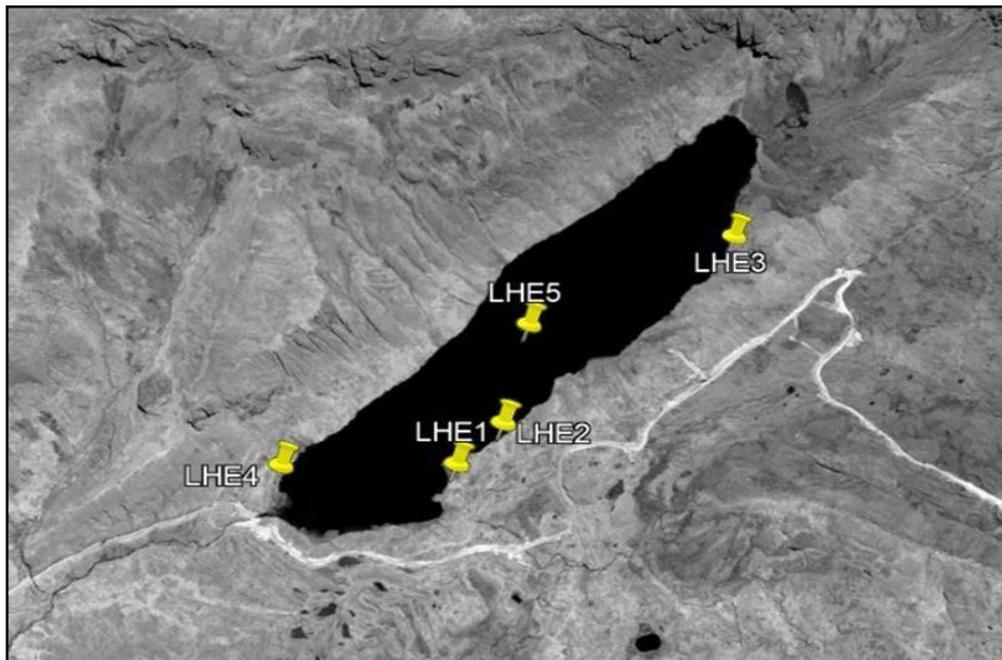


Figura 42. Estaciones de muestreo en la laguna Huascacocha, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021



Figura 43. Estaciones de muestreo en la laguna Shopol, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021

8.2. Parámetros meteorológicos

La temperatura atmosférica en la laguna Culluna varió entre 13.8 y 17.0 °C, presentándose la menor temperatura a las 4:10 pm, mientras que la máxima temperatura a la 1:10 pm. (Cuadro 17); respecto a la humedad esta fluctuó entre 45 y 50 %.

La cobertura presentó valores entre 4 y 6 presentándose los valores más bajos en horas de la mañana; respecto a la dirección del viento fue E en la estación 1 y NE en las demás estaciones; mientras que las velocidades del viento variaron entre 6.1 y 8.8 (Cuadro 17).

CUADRO 17. Parámetros meteorológicos de la laguna Culluna; Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Hora	10:42 a. m.	11:21 a. m.	1:10 p. m.	2:25 p. m.	4:10 p. m.
Temperatura atmosférica (°C)	16.8	16.9	17.0	14.5	13.8
Humedad (%)	50	50	48	48	45
Cobertura	4	4	6	6	6
Dirección del viento	E	NE	NE	NE	NE
Velocidad del viento (Km/h)	7.0	7.2	6.1	8.7	8.8

Fuente: Elaboración propia.

El registro de los parámetros meteorológicos en la laguna de Huascacocha, se realizó entre las 6:48 am y 1:10 pm, los registros de temperatura atmosférica fluctuaron entre 6.8 y 11.4 °C y el % de humedad relativa varió entre 61 y 65 % (Cuadro 18).

Durante las horas de muestreo se registró una cobertura de 6, mientras que el viento tuvo una dirección Este (E) y la velocidad fluctuó 1.0 y 1.1 km/h (Cuadro 18).

CUADRO 18. Parámetros meteorológicos de la laguna Huascacocha. Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Hora	6:48 a. m.	7:50 a. m.	10:06 a. m.	12:25 p. m.	1:10 p. m.
Temperatura atmosférica (°C)	6.8	7.5	9.2	11.4	11.4
Humedad (%)	61	61	65	65	65
Cobertura	6	6	6	6	6
Dirección del viento	E	E	E	E	E
Velocidad del viento (km/h)	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia.

Los valores meteorológicos en la laguna de Shopol, se registraron entre las 10:20 am y 3:24 pm, obteniéndose registros de temperatura atmosférica entre 7.5 y 14.6 °C, porcentajes de humedad que variaron entre 43 y 48 %; mientras que la cobertura varió entre 4 y 6 (Cuadro 19).

Respecto al viento tuvo una dirección Noreste (NE) y las velocidades fluctuaron entre 7.5 y 9.7 km/h (Cuadro 19).

CUADRO 19. Parámetros meteorológicos de la laguna Shopol; Distrito de Bolívar, Provincia de Bolívar. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Hora	10:20 a. m.	11:23 a. m.	12:15: pm.	2:25 p. m.	3:24 p. m.
Temperatura atmosférica (°C)	14.6	8.9	7.5	7.5	7.5
Humedad (%)	45	45	43	48	48
Cobertura	4	4	4	6	6
Dirección del viento	NE	NE	NE	NE	NE
Velocidad del viento (km/h)	7.5	7.5	8.4	9.3	9.7

Fuente: Elaboración propia.

8.3. Parámetros Físicos

Los resultados de los parámetros físicos en laguna Culluna, respecto a la temperatura del agua fluctuó entre 13.3 y 14.5 °C, el potencial de hidrogeno (pH) fue ácido el cual varió entre 6.44 y 6.69 y la conductividad eléctrica estuvo comprendida entre 68 y 72 uS/cm; respecto a los valores de sólidos disueltos totales estos fluctuaron entre 29.3 y 36.4 ppm. (Cuadro 20 y Figs. 44, 45, 46 y 47). La transparencia en el centro de la laguna (estación 5) a 32 metros de profundidad fue de 3 metros.

CUADRO 20. Parámetros físicos de la laguna Culluna; Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Temperatura del agua (°C)	14.5	14.3	14.2	14.2	13.3
pH	6.66	6.69	6.44	6.45	6.65
Conductividad eléctrica (uS/cm)	72	70	69	69	68
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	29.3	30.5	35.9	35.3	36.4
Trasparencia (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	3
Profundidad (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0

Fuente: *Elaboración propia.*

En la laguna Huascacocha, la temperatura del agua varió entre 8.9 y 13.3 °C, obteniéndose el valor más alto en la estación 5, el pH fue alcalino en la estación 1 y ácido en el resto de estaciones, respecto a la conductividad eléctrica esta fluctuó entre 17 y 27 uS/cm y los sólidos disueltos totales tuvieron valores entre 12.6 y 35.2 ppm. La transparencia en la estación 5 fue de 4 metros (Cuadro 21 y Figs. 44, 45, 46 y 47).

CUADRO 21. Parámetros físicos de la laguna Huascacocha; Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Temperatura del agua (°C)	8.9	12.5	13.0	12.7	13.3
pH	7.15	6.56	5.46	5.51	5.43
Conductividad eléctrica (uS/cm)	23	21	18	17	27
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	14.3	12.6	33.2	34.5	35.2
Trasparencia (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	4
Profundidad (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	26.5

Fuente: *Elaboración propia.*

Los parámetros físicos en Laguna Shopol, registraron valores de temperatura del agua entre 11.8 y 13.7 °C obteniéndose el mayor registro en la estación 5, el pH fue alcalino en la estación 1 y ácido en el resto de estaciones; respecto a la conductividad eléctrica esta fluctuó entre 19 y 23 uS/cm y los sólidos disueltos totales fluctuaron entre 7.9 y 8.2 ppm. La transparencia en la estación 5 fue de 5 metros (Cuadro 22 y Figs. 44, 45, 46 y 47).

CUADRO 22. Parámetros físicos de la laguna Shopol; Distrito de Bolívar, Provincia de Bolívar. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Temperatura del agua (°C)	12.7	11.8	12.6	12.5	13.7
pH	7.15	5.4	5.36	5.41	5.42
Conductividad eléctrica (uS/cm)	23	21	19	19	23
Sólidos Disueltos Totales	7.9	7.9	8.1	8.1	8.2
Trasparencia (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	5
Profundidad (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0

Fuente: *Elaboración propia.*

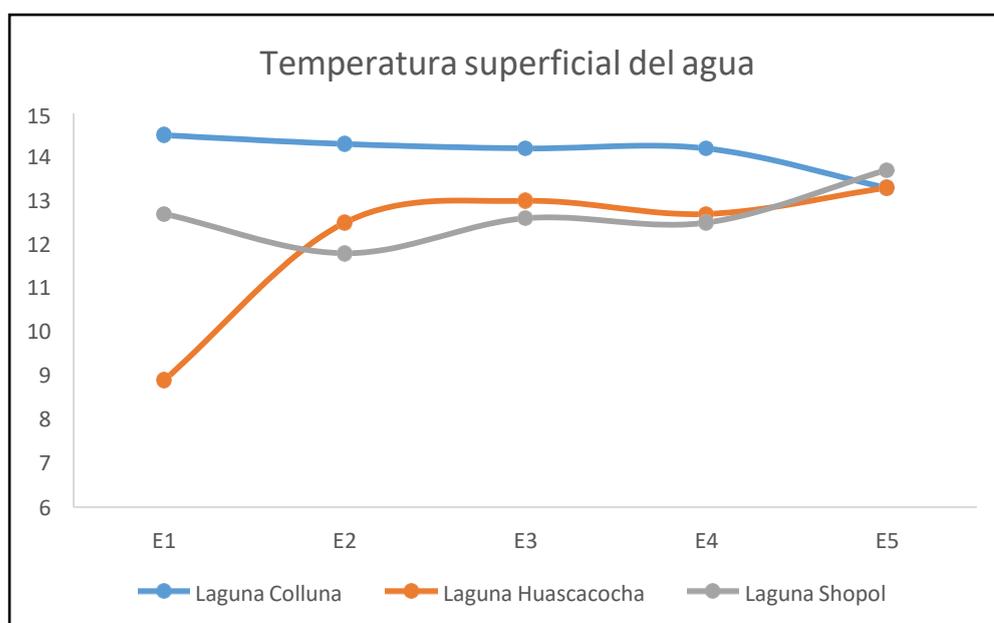


Figura 44. Temperatura superficial del agua (°C) registrada en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

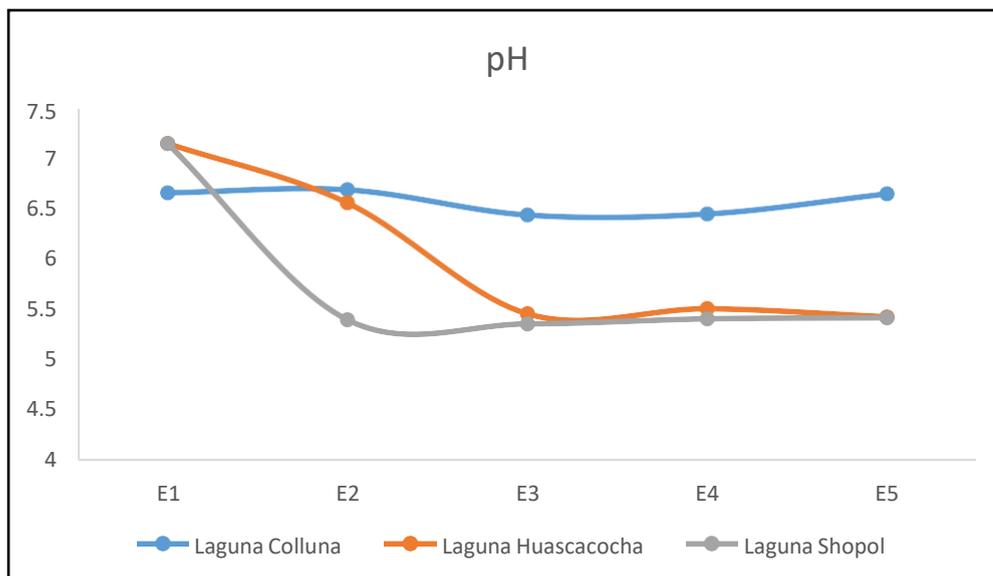


Figura 45. Potencial de hidrogeno (pH) registrado en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

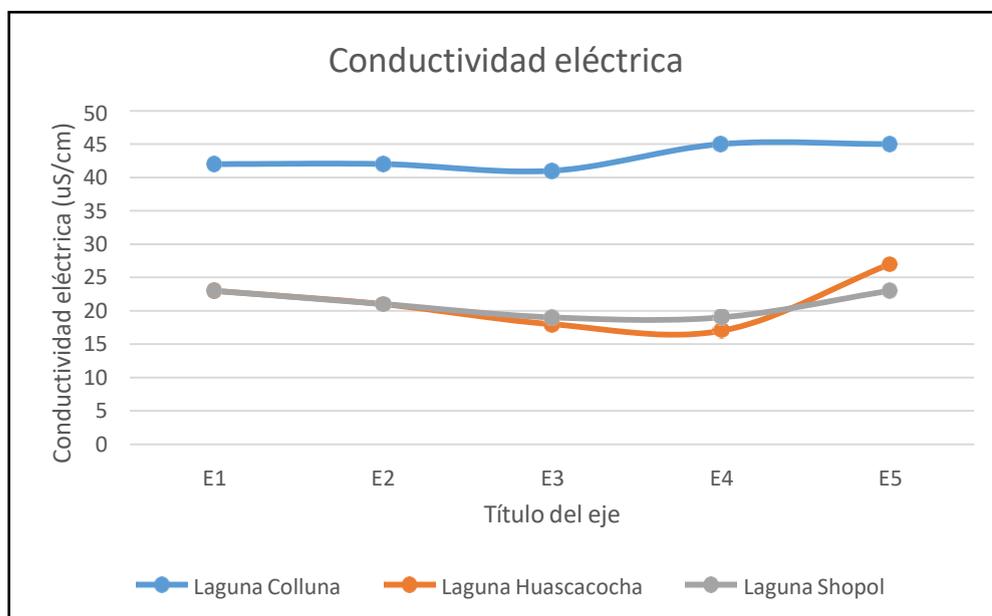


Figura 46. Conductividad eléctrica (uS/cm) registrada en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

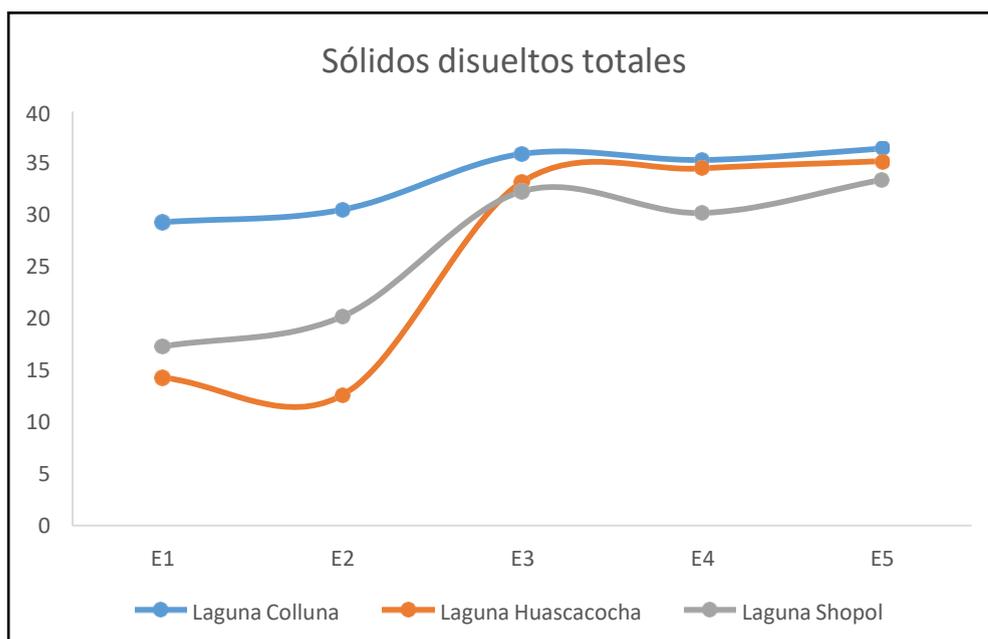


Figura 47. Sólidos disueltos totales (ppm) registrada en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

8.4. Parámetros Químicos

Los parámetros químicos registrados en la laguna Culluna, mostraron valores de oxígeno disuelto entre 6,51 y 7,07 mg/L y la salinidad entre 8,00 y 10,00 ppm (Cuadro 23 y Figuras 48, 49).

Respecto a los aceites y grasas, nitratos, nitritos, y fosfatos fueron iguales en la laguna, mientras que los silicatos tuvieron el menor valor en la orilla del lago (estación 1) y el valor más alto se registró en la parte central (estación 5) (Cuadro 23).

CUADRO 23. Parámetros químicos de la laguna Culluna, Distrito de Tayabamba, Provincia de Patate, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.51	6.51	6.88	7.01	7.07
Salinidad (ppm)	8.00	8.00	9.00	9.00	10.00
Aceites y grasas (mg/L)	< 1	N.D	N.D	N.D	< 1
Nitratos (mg/L N-NO ₃)	< 0,52	N.D	N.D	N.D	< 0,52
Nitritos (mg/L N-NO ₂)	< 0,0004	N.D	N.D	N.D	< 0,0004
Fosfatos (mg/L PO ₄ -P)	0,0062	N.D	N.D	N.D	0,0061
Silicatos(mg/L)	3.38	N.D	N.D	N.D	3.54

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la laguna Huascacocha los valores de oxígeno disuelto fluctuaron entre 6.32 y 8.06 mg/L y la salinidad entre 8,00 y 12,00 ppm (Cuadro 24).

Respecto a los aceites y grasas, nitratos, nitritos y fosfatos fueron homogéneos en la laguna, mientras que los silicatos tuvieron el mayor valor en la orilla del lago (estación 1) y el valor más abajo se registró en la parte central (estación 5) (Cuadro 24).

CUADRO 24. Parámetros químicos de la Huascacocha, Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Oxígeno disuelto (mg/L)	8.06	6.32	6.94	7.13	7.94
Salinidad (ppm)	11.00	11.00	10.00	8.00	12.00
Aceites y grasas (mg/L)	< 1	N.D	N.D	N.D	< 1
Nitratos (mg/L N-NO ₃)	< 0,52	N.D	N.D	N.D	< 0,52
Nitritos (mg/L N-NO ₂)	< 0,0004	N.D	N.D	N.D	< 0,0004
Fosfatos (mg/L PO ₄ -P)	0,0062	N.D	N.D	N.D	0,0060
Silicatos (mg/L)	4.42	N.D	N.D	N.D	4.47

Fuente: Elaboración propia.

En la laguna Shopol, se registraron valores de oxígeno disuelto similares en las estaciones de muestreo los cuales fluctuaron entre 6.35 y 6.60 mg/L; respecto a la salinidad estos fluctuaron entre 8.00 y 11.00 ppm (Cuadro 25). Respecto a los aceites y grasas, nitratos y nitritos presentaron valores similares en la laguna, mientras que los fosfatos fueron menores en el centro de la laguna y los silicatos fueron menores en la parte de la orilla (Cuadro 25).

CUADRO 25. Parámetros químicos de la Shopol, Distrito de Bolívar, Provincia de Bolívar. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Parámetros	E1	E2	E3	E4	E5
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.40	6.35	6.50	6.55	6.60
Salinidad (ppm)	11.00	10.00	8.00	10.00	11.00
Aceites y grasas (mg/L)	< 1	N.D	N.D	N.D	< 1
Nitratos (mg/L N-NO ₃)	< 0,52	N.D	N.D	N.D	< 0,52
Nitritos (mg/L N-NO ₂)	< 0,0004	N.D	N.D	N.D	< 0,0004
Fosfatos (mg/L PO ₄ -P)	0,0093	N.D	N.D	N.D	0,0084
Silicatos (mg/L)	4.08	N.D	N.D	N.D	4.14

Fuente: Elaboración propia.

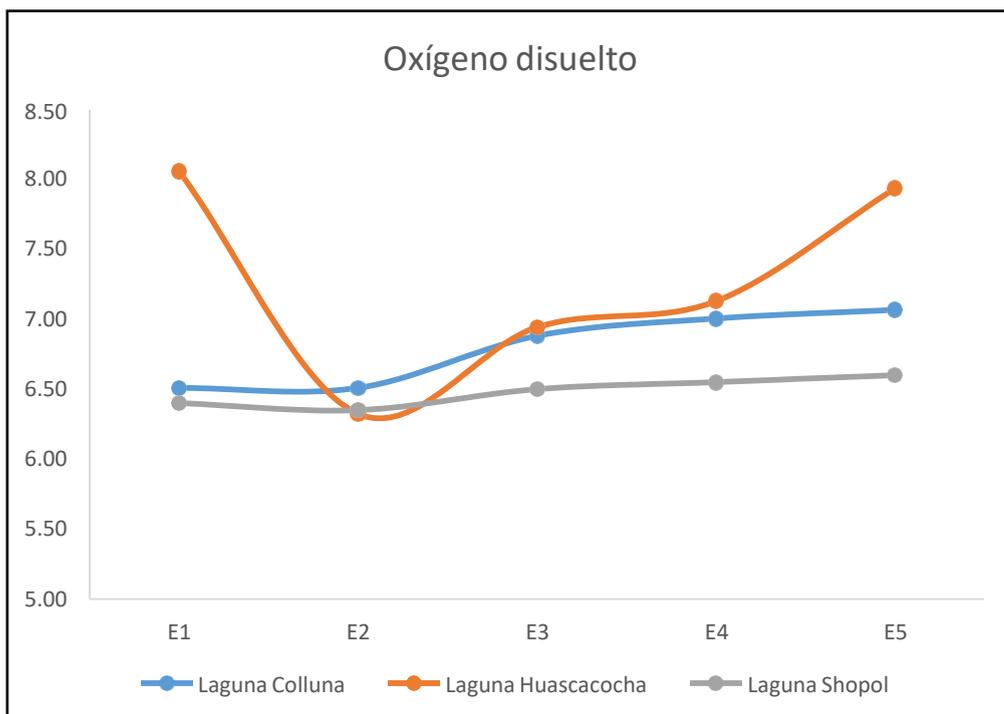


Figura 48. Oxígeno disuelto (mg/l) registrado en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

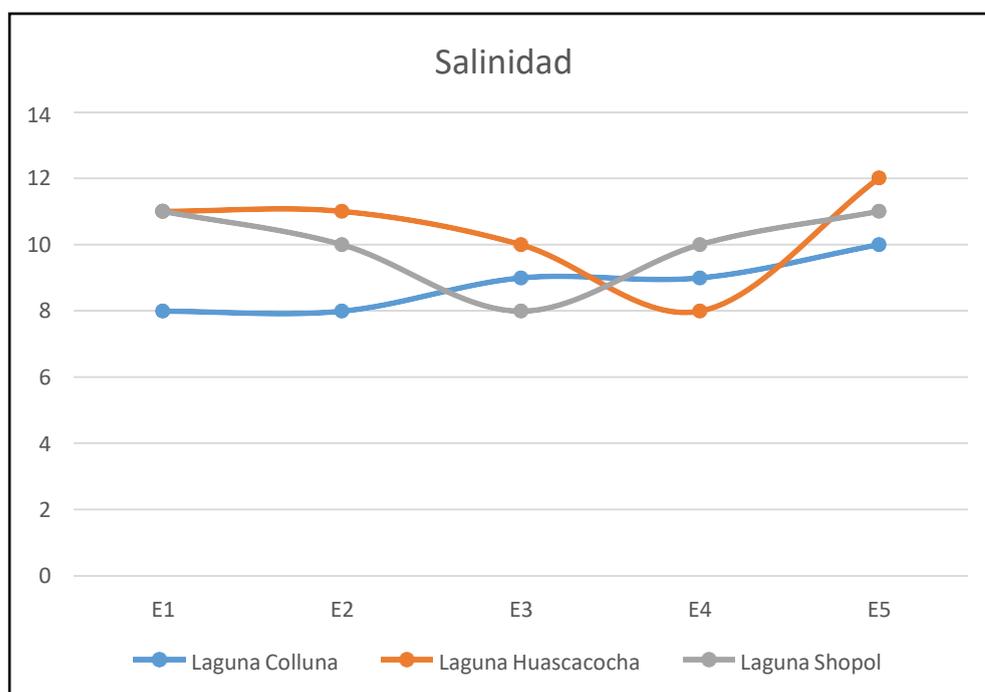


Figura 49. Salinidad (ppm) registrada en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

En los cuadros 26, 27 y 28 se presentan la lista de metales totales registrados en el agua superficial de las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, como se puede observar el comportamiento de estos metales es homogéneo en cada una de las lagunas en mención.

CUADRO 26. Lista de metales pesados registrados en la laguna Culluna, Distrito de Tayabamba, Provincia de Patate, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Métales pesados	Unidades	E1	E2	E3	E4	E5
Aluminio	mg/L	0,014	N.D	N.D	N.D	0,033
Antimonio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Arsénico	mg/L	0,00101	N.D	N.D	N.D	0,00115
Bario	mg/L	< 0,0003	N.D	N.D	N.D	< 0,0003
Berilio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Bismuto	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Boro	mg/L	< 0,002	N.D	N.D	N.D	< 0,002
Cadmio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Calcio	mg/L	11	N.D	N.D	N.D	11
Cerio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Cobalto	mg/L	< 3e-005	N.D	N.D	N.D	< 3e-005
Cobre	mg/L	0,0004	N.D	N.D	N.D	0,0013
Cromo	mg/L	< 0,001	N.D	N.D	N.D	< 0,001
Hierro	mg/L	0,030	N.D	N.D	N.D	0,060
Litio	mg/L	0,0001	N.D	N.D	N.D	< 0,0001
Magnesio	mg/L	0.503	N.D	N.D	N.D	1.200
Manganeso	mg/L	0,02551	N.D	N.D	N.D	0,02882
Mercurio	mg/L	< 7e-005	N.D	N.D	N.D	< 7e-005
Molibdeno	mg/L	0,00011	N.D	N.D	N.D	0,00011
Níquel	mg/L	< 0,0009	N.D	N.D	N.D	< 0,0009
Plata	mg/L	< 6e-005	N.D	N.D	N.D	< 6e-005
Plomo	mg/L	< 6e-005	N.D	N.D	N.D	0,00035
Selenio	mg/L	< 4e-005	N.D	N.D	N.D	< 4e-005
Talio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Titanio	mg/L	< 0,0006	N.D	N.D	N.D	< 0,0006
Torio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Uranio	mg/L	0,0003	N.D	N.D	N.D	0,00033
Vanadio	mg/L	< 0,006	N.D	N.D	N.D	< 0,006
Wolframio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Zinc	mg/L	0,005	N.D	N.D	N.D	0,006

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 27. Lista de metales pesados registrados en la laguna Huascacocha, Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Métales pesados	Unidades	E1	E2	E3	E4	E5
Aluminio	mg/L	0,031	N.D	N.D	N.D	0,035
Antimonio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Arsénico	mg/L	0,00032	N.D	N.D	N.D	0,00031
Bario	mg/L	< 0,0003	N.D	N.D	N.D	< 0,0003
Berilio	mg/L	0,00017	N.D	N.D	N.D	0,0001
Bismuto	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Boro	mg/L	0,002	N.D	N.D	N.D	< 0,002
Cadmio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Calcio	mg/L	3.1	N.D	N.D	N.D	3.2
Cerio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Cobalto	mg/L	< 3e-005	N.D	N.D	N.D	< 3e-005
Cobre	mg/L	0,00090	N.D	N.D	N.D	0,0006
Cromo	mg/L	< 0,001	N.D	N.D	N.D	< 0,001
Hierro	mg/L	0,040	N.D	N.D	N.D	0,05
Litio	mg/L	< 0,0001	N.D	N.D	N.D	0,0001
Magnesio	mg/L	0,503	N.D	N.D	N.D	0,505
Manganeso	mg/L	0,01612	N.D	N.D	N.D	0,07626
Mercurio	mg/L	< 7e-005	N.D	N.D	N.D	< 7e-005
Molibdeno	mg/L	< 3e-005	N.D	N.D	N.D	< 3e-005
Níquel	mg/L	< 0,0009	N.D	N.D	N.D	< 0,0009
Plata	mg/L	< 6e-005	N.D	N.D	N.D	0,0038
Plomo	mg/L	< 6e-005	N.D	N.D	N.D	0,00023
Selenio	mg/L	< 4e-005	N.D	N.D	N.D	< 4e-005
Talio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Titanio	mg/L	< 0,0006	N.D	N.D	N.D	< 0,0006
Torio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Uranio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Vanadio	mg/L	< 0,006	N.D	N.D	N.D	< 0,006
Wolframio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Zinc	mg/L	0,0050	N.D	N.D	N.D	0,005

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 28. Lista de metales pesados registrados en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Provincia de Bolívar. Departamento de La Libertad, mayo 2021.

Métales pesados	Unidades	E1	E2	E3	E4	E5
Aluminio	mg/L	0,043	N.D	N.D	N.D	0,041
Antimonio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Arsénico	mg/L	0,00025	N.D	N.D	N.D	0,00027
Bario	mg/L	0,03	N.D	N.D	N.D	0,03
Berilio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Bismuto	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Boro	mg/L	0,003	N.D	N.D	N.D	< 0,002
Cadmio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Calcio	mg/L	4.8	N.D	N.D	N.D	4.3
Cerio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Cobalto	mg/L	< 3e-005	N.D	N.D	N.D	< 3e-005
Cobre	mg/L	0,0012	N.D	N.D	N.D	0,00160
Cromo	mg/L	< 0,001	N.D	N.D	N.D	< 0,001
Hierro	mg/L	0,040	N.D	N.D	N.D	0,04
Litio	mg/L	0,00080	N.D	N.D	N.D	0,0004
Magnesio	mg/L	0,381	N.D	N.D	N.D	0,419
Manganeso	mg/L	0,03604	N.D	N.D	N.D	0,04089
Mercurio	mg/L	< 7e-005	N.D	N.D	N.D	< 7e-005
Molibdeno	mg/L	< 3e-005	N.D	N.D	N.D	< 3e-005
Níquel	mg/L	< 0,0009	N.D	N.D	N.D	< 0,0009
Plata	mg/L	< 6e-005	N.D	N.D	N.D	< 6e-005
Plomo	mg/L	0,00012	N.D	N.D	N.D	0,00014
Selenio	mg/L	< 4e-005	N.D	N.D	N.D	< 4e-005
Talio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Titanio	mg/L	< 0,0006	N.D	N.D	N.D	< 0,0006
Torio	mg/L	0,00015	N.D	N.D	N.D	0,00014
Uranio	mg/L	< 1e-005	N.D	N.D	N.D	< 1e-005
Vanadio	mg/L	< 0,006	N.D	N.D	N.D	< 0,006
Wolframio	mg/L	< 2e-005	N.D	N.D	N.D	< 2e-005
Zinc	mg/L	0,005	N.D	N.D	N.D	0,006

Fuente: Elaboración propia.

8.5. Parámetros biológicos

8.5.1 Fitoplancton

8.5.1.1 Composición específica

Laguna Culluna

Se registraron 34 especies de microalgas distribuidas en 9 clases y 23 familias, registrándose el mayor número de especies (26 sp.) en la estación E5 (Cuadro 29 y Figuras 50 a 60).

CUADRO 29. Composición específica de la comunidad fitoplanctónica registrada en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia</i> sp.	X	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Cymbella</i> sp.	X	
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Cymbopleura</i> sp.		X
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	X	X
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia</i> sp.		
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	FRAGILARIALES	FRAGILARIACEAE	<i>Fragilaria</i> sp.	X	X
7	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	LICMOPHORALES	ULNARIACEAE	<i>Ulnaria</i> sp.		X
8	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	X	X
9	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NEIDIACEAE	<i>Neidium</i> sp.	X	
10	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	X	X
11	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	X	X
12	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Rhopalodia</i> sp.	X	X
13	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X
14	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	X	X
15	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum</i> sp.	X	X
16	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	X	
17	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon</i> sp.	X	X

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
18	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.		X
19	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATAACEAE	<i>Mougeotia</i> sp.		X
20	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon</i> sp.	X	
21	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.		
22	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.		X
23	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	X	X
24	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Desmodesmus</i> sp.	X	X
25	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	X	X
26	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	NEOCHLORIDACEAE	<i>Golenkinia</i> sp.		X
27	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.	X	X
28	CRYPTOPHYTA	CRYPTOPHYCEAE	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADACEAE	<i>Cryptomonas</i> sp.	X	X
29	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND		X
30	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	MICROCOLEACEAE	<i>Kamptonema</i> sp.		X
31	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Oscillatoria</i> sp.		X
32	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	X	
33	EUGLENOZOA	EUGLENOPHYCEAE	EUGLENIDA	EUGLENIDAE	<i>Trachelomonas</i> sp.	X	X
34	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSISACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	X	X

Fuente: Elaboración propia.

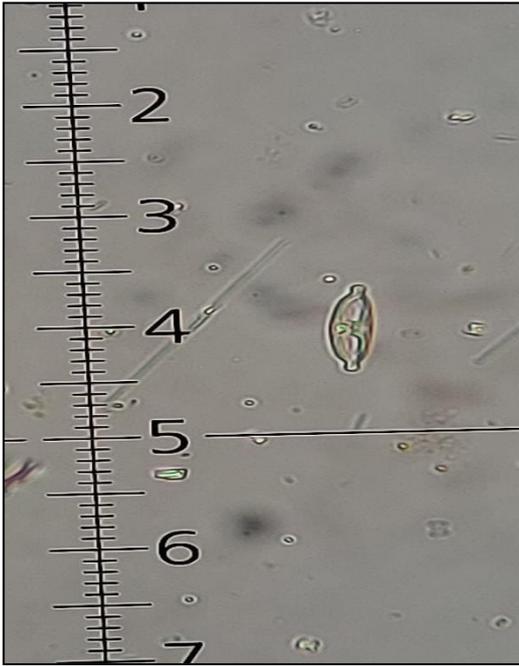


Figura 50. *Cymbopleura* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

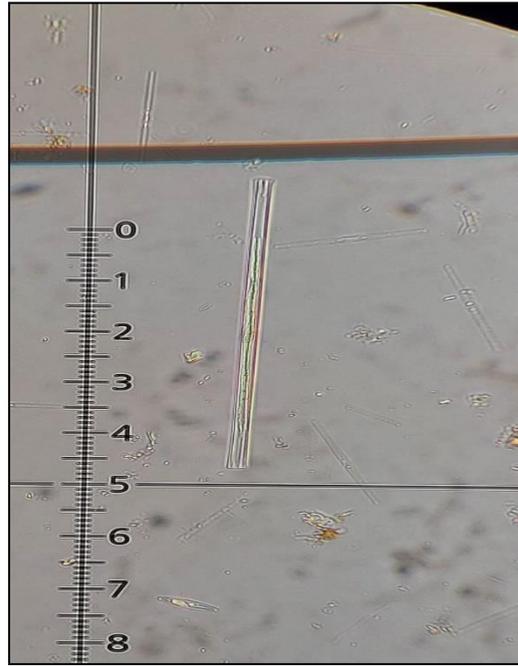


Figura 51. *Ulnaria* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

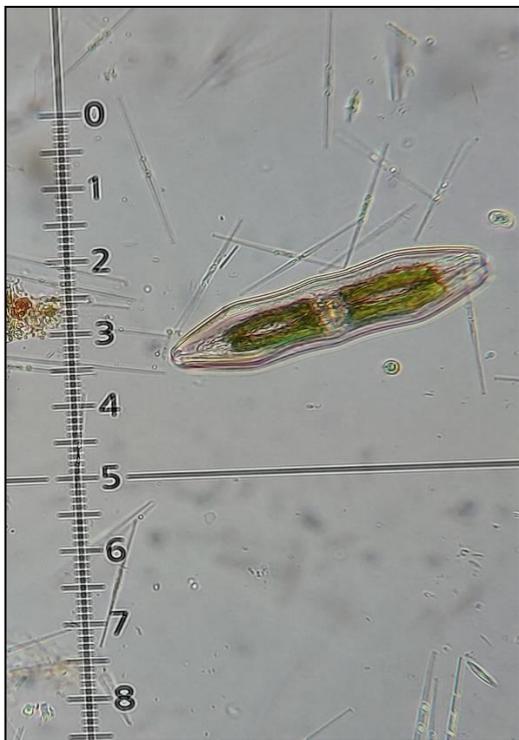


Figura 52. *Neidium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

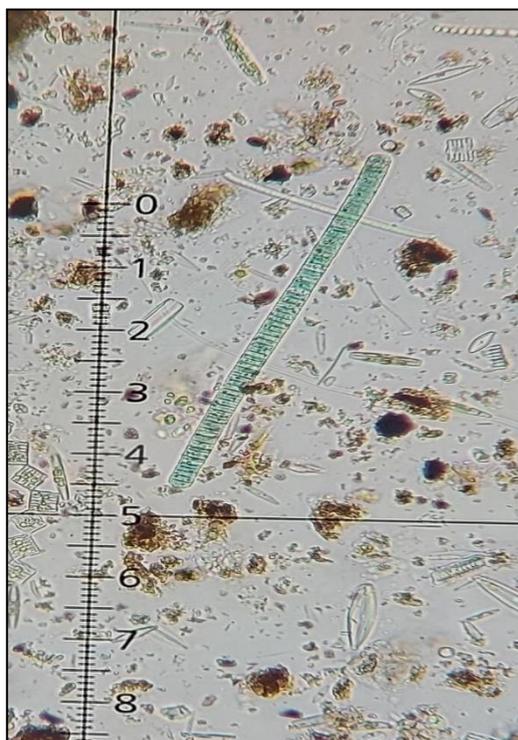


Figura 53. *Oscillatoria* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

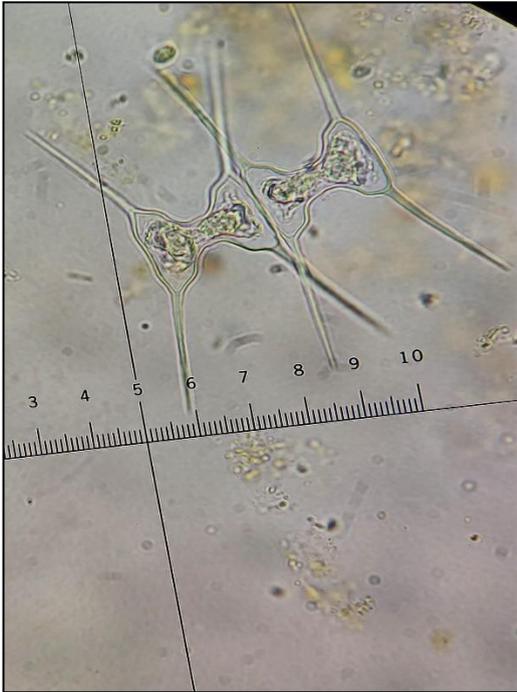


Figura 54. *Staurodesmus* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 55. *Desmodesmus* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 56. *Elakatothrix* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

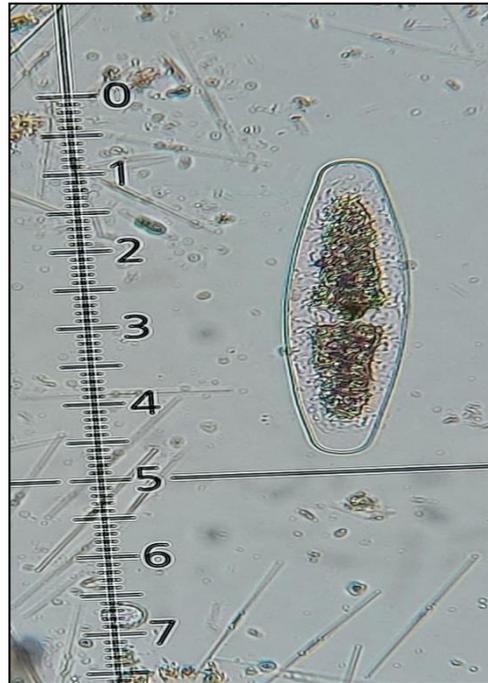


Figura 57. *Netrium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 58. *Bulbochaete* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 59. *Cosmarium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 60. *Pseudopediastrum boryanum*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

Laguna Huascacocha

Se registraron 29 especies de microalgas distribuidas en 9 clases y 20 familias, registrándose el mayor número de especies (28 sp.) en la estación E1 (Cuadro 230 y Figuras 61 a 70).

CUADRO 30. Composición específica de la comunidad fitoplanctónica registrada en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	x	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia</i> sp.	x	
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	x	
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	x	
5	BACILLARIOPHYTA	COSCINODISCOMPHYCEAE	MELOSIRALES	MELOSIRACEAE	<i>Melosira</i> sp.	x	
6	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	CLOSTERIACEAE	<i>Closterium</i> sp.	x	
7	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	x	
8	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	x	
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Xanthidium</i> sp.	x	
10	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum</i> sp.	x	
11	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Teilingia</i> sp.	x	
12	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	x	x
13	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Bambusina</i> sp.	x	
14	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Desmidium aptogonum</i>	x	
15	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Hyalotheca</i> sp.	x	
16	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon</i> sp.	x	
17	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	x	
18	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.	x	x
19	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.	x	
20	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	x	
21	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	x	

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
22	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Desmodesmus</i> sp.	x	
23	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	x	x
24	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.	x	
25	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	x	x
26	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSPHAERIAEAE	<i>Coelomoron</i> sp.	x	
27	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSISACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	x	
28	OCHROPHYTA	CHRYSOPHYCEAE	CHROMULINALES	DINOBRYACEAE	<i>Dinobryon</i> sp.	x	
29	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	MERISMOPEDIAEAE	<i>Merismopedia</i> sp.		x

Fuente: Elaboración propia.

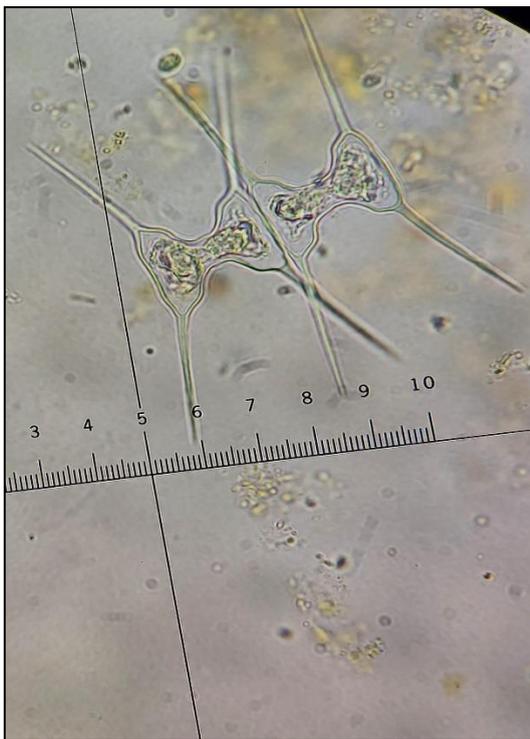


Figura 61. *Staurodesmus* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

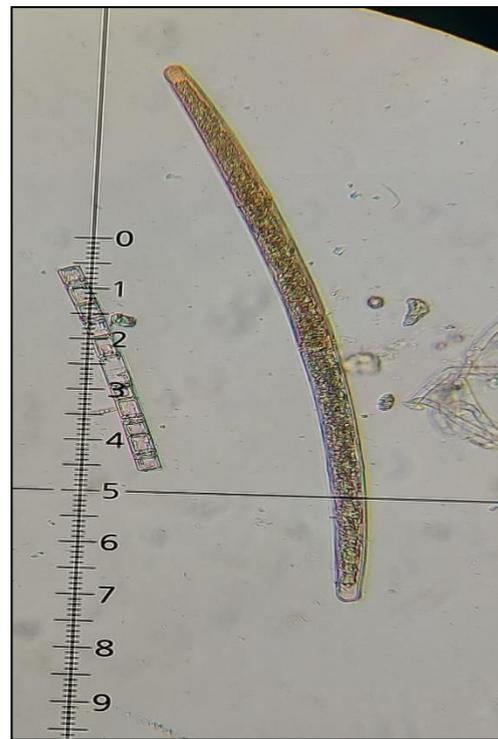


Figura 62. *Closterium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 63. *Desmodesmus sp*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 64. *Dinobryon sp*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 65. *Teilingia sp*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 66. *Bambusina sp*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 67. *Bulbochaete* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 68. *Cosmarium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

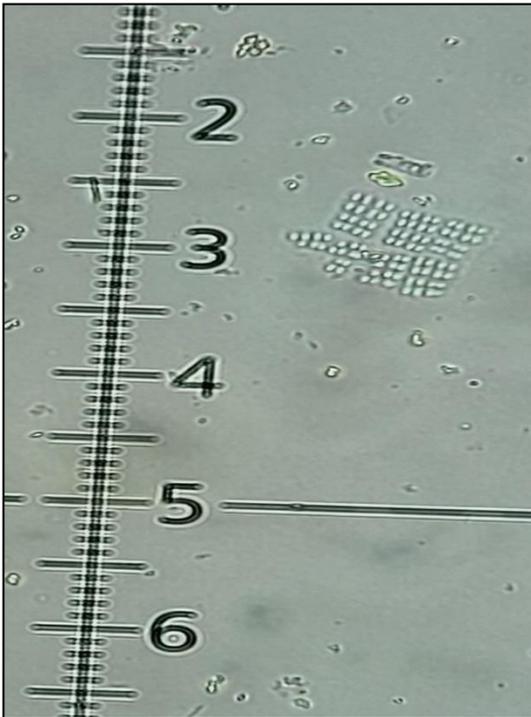


Figura 69. *Merispomedia* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 70. *Pseudopediastrum boryanum*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

Laguna Shopol

Se registraron 34 especies de microalgas distribuidas en 9 clases y 21 familias, registrándose el mayor número de especies (28 sp.) en la estación E1 (Cuadro 31 y Figuras 71 a 83).

CUADRO 31. Composición específica de la comunidad fitoplanctónica registrada en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

Nº	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia</i> sp.	X	X
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia linearis</i>	X	
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	COCCONEIDALES	ACHNANTHIDIACEAE	<i>Achnantheidium</i> sp.	X	
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	X	
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	X	
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	
7	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.		X
8	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.	X	
9	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	X	X
10	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	X	
11	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.		X
12	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	X	X
13	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurostrum</i> sp.	X	
14	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Micrasterias</i> sp.	X	
15	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Pleurotaenium</i> sp.	X	
16	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	X	
17	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Bambusina</i> sp.	X	
18	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Xanthidium</i> sp.	X	
19	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Euastrum</i> sp.	X	
20	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Desmidium aptogonium</i>	X	
21	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Hyalotheca</i> sp.	X	
22	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon</i> sp.	X	
23	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	X
24	BACILLARIOPHYTA	COSCINODISCOPHYCEAE	MELOSIRALES	MELOSIRACEAE	<i>Melosira</i> sp.	X	
25	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	X	
26	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	NOSTOCACEAE	<i>Nostoc</i> sp.	X	
27	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	STIGONEMATACEAE	<i>Stigonema</i> sp.	X	
28	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSPHAERIACEAE	<i>Coelomoron</i> sp.	X	X
29	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	MERISMOPEDIACEAE	<i>Merismopedia</i> sp.		X
30	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSISACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	X	
31	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.		X

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
32	BACILLARIOPHYTA	MEDIOPHYCEAE	STEPHANODISCALES	STEPHANODISCACEAE	<i>Cyclotella</i> sp.		X
33	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	X	X
34	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.		X

Fuente: Elaboración propia.

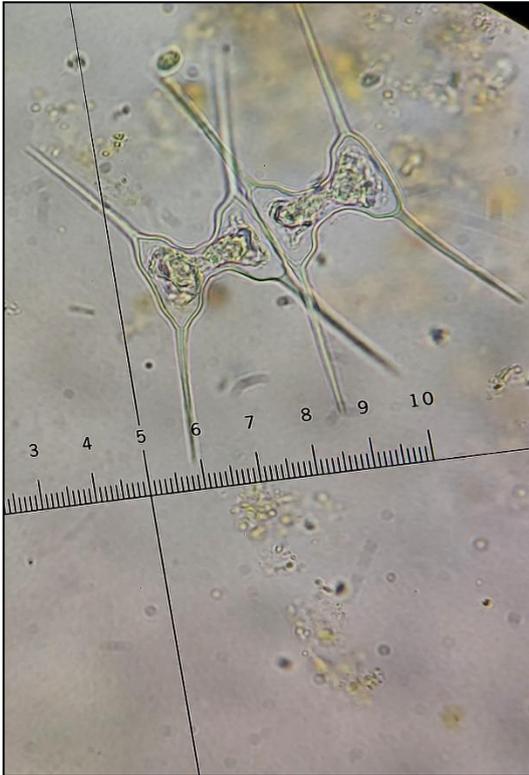


Figura 71. *Staurodesmus* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

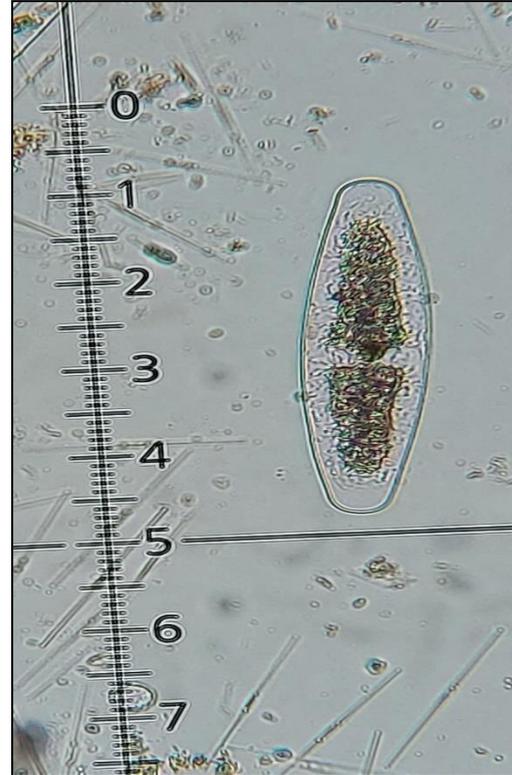


Figura 72. *Netrium* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 73. *Stigonema* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

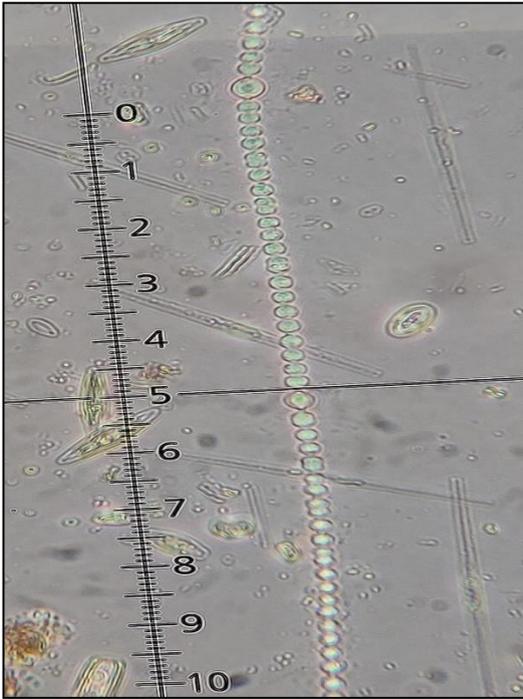


Figura 74. Nostocales
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 75. *Bambusina* sp
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

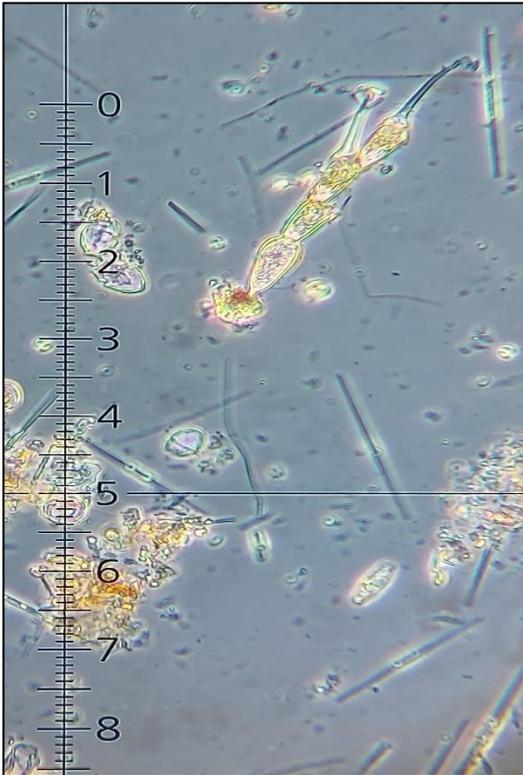


Figura 76. *Bulbochaete* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 77. *Cosmarium* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

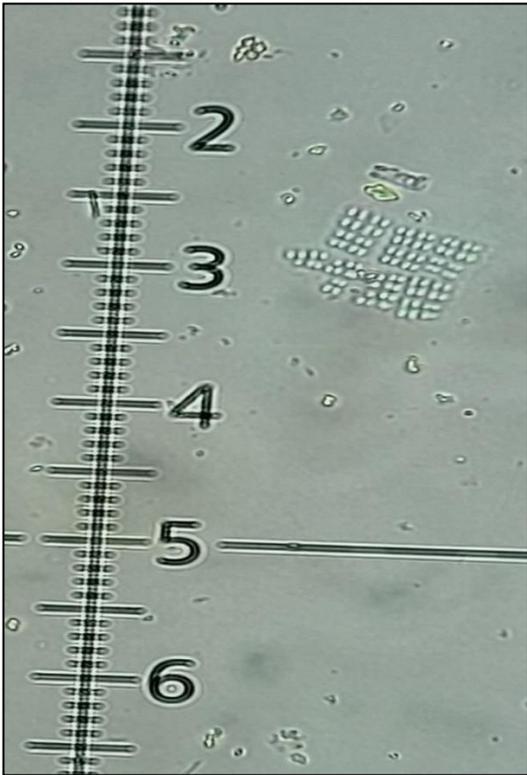


Figura 78. *Merispomedia* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 79. *Microasterias* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 80. *Nostoc* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 81. *Pleurotaenium* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 82. *Pseudopediastrum boryanum*.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

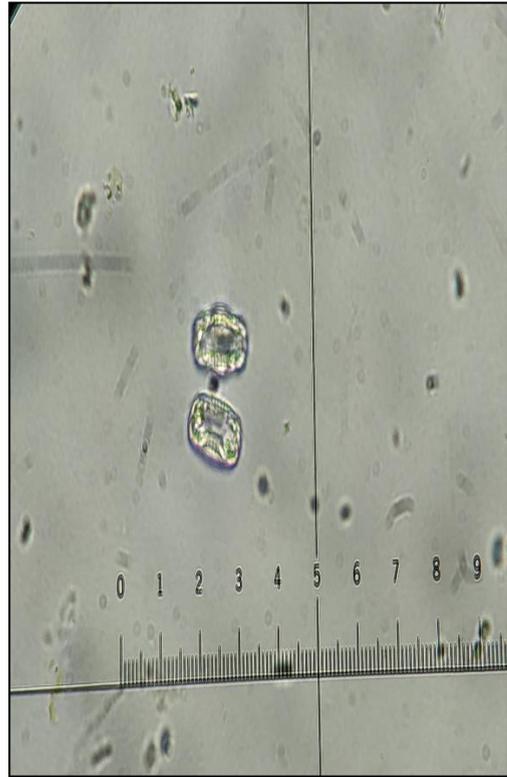


Figura 83. *Cyclotella* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

8.5.1.2 Densidad

Laguna Culluna

La clase Conjugatophyceae presentó la mayor densidad con un 92% del total, seguido de la clase Dinophyceae con un 5%, y por las clases Chlorophyceae, Klebsormidiophyceae y Trebouxiophyceae con 1%, registrando valores por debajo de 1% el resto de clases (Figura 84).

En la Figura 85 se puede observar que la clase Desmidiaceae dominó en la E1, registrando una densidad de 556950 cell/L.

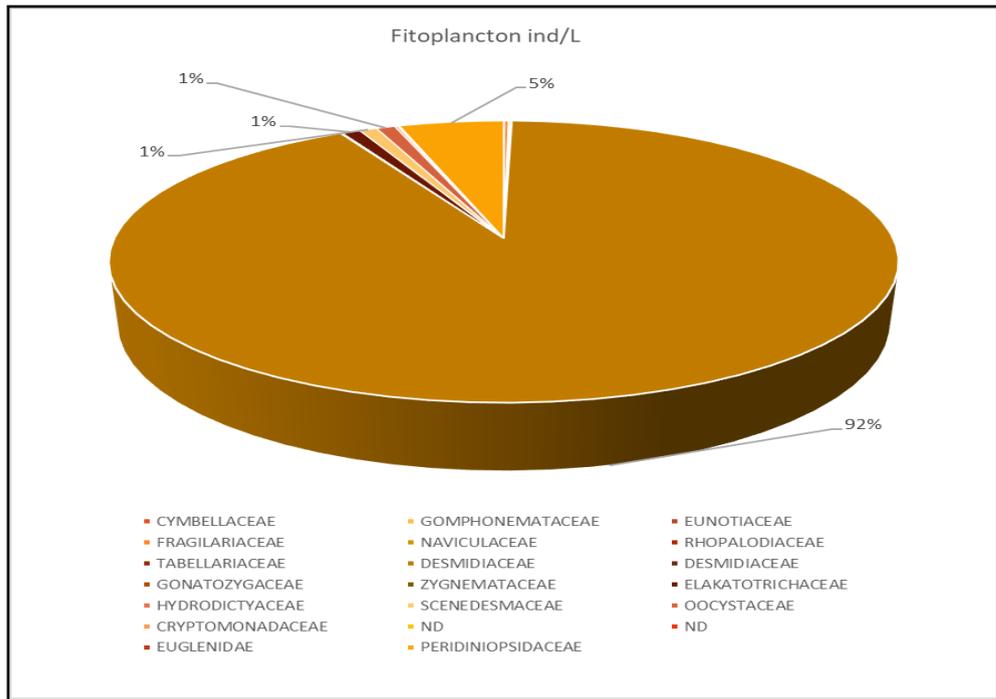


Figura 84. Clases taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

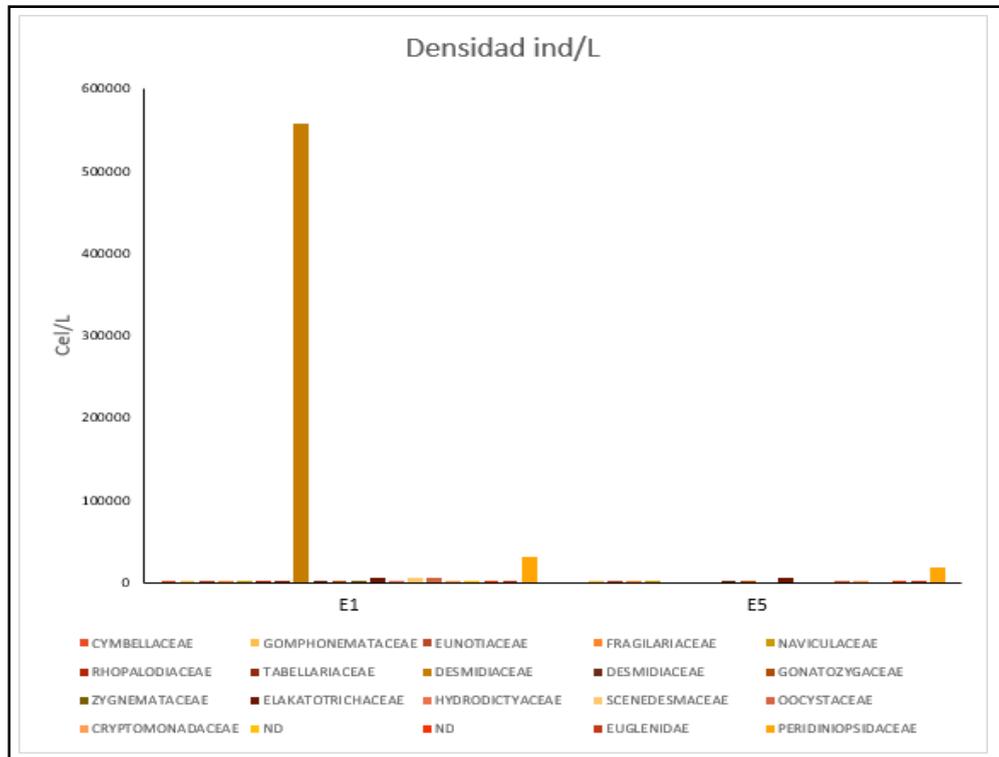


Figura 85. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

El análisis cuantitativo determinó que la clase Conjugatophyceae predominó en ambas estaciones de muestreo; sobresaliendo *Cosmarium sp.* y *Parvodinium sp.* como las más abundantes.

Además, se puede observar que las especies *Encyonema sp.*, *Fragilaria sp.*, *Navicula sp.*, *Staurastrum sp.*, *Gonatozygon sp.*, *Oocystis sp.*, *Cryptomonas sp.* y *Trachelomonas sp.* estuvieron presentes en todas las estaciones de muestreo (Cuadro 32).

CUADRO 32. Abundancia de las especies por estación de muestreo en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Cymbopleura sp.</i>	0.04	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema sp.</i>	0.08	0.04
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia sp.</i>		0.04
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	FRAGILARIALES	FRAGILARIACEAE	<i>Fragilaria sp.</i>	0.8	0.36
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula sp.</i>	0.16	0.4
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia sp.</i>	0.08	
7	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.4	0
8	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium sp.</i>	556.95	0
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum sp.</i>	0.12	0.24
10	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon sp.</i>	0.04	0.08
11	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATACEAE	<i>Mougeotia sp.</i>	0.08	
17	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix sp.</i>		5.36
12	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	0.04	
13	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Desmodesmus sp.</i>	5.12	
14	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis sp.</i>	2.52	2.92
15	CRYPTOPHYTA	CRYPTOPHYCEAE	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADACEAE	<i>Cryptomonas sp.</i>	0.48	0.4
16	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	0.08	
20	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND		0.24
18	EUGLENOZOA	EUGLENOPHYCEAE	EUGLENIDA	EUGLENIDAE	<i>Trachelomonas sp.</i>	0.12	0.08
19	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSIDACEAE	<i>Parvodinium sp.</i>	11.2	19.28

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Huascacocha

La familia Elakatotrichaceae presentó la mayor densidad con un 59% del total, seguido de la familia Chlorellaceae y Desmidiaceae con 16 y 13% respectivamente, registrando valores por debajo de 1% el resto de familias (Figuras 86 y 87).

En las Figuras 86 y 87 se puede observar que la familia Elakatotrichaceae dominó en ambas estaciones de muestreo, registrando en la E5 6040 cell/L, no obstante en la E1 se registraron mayor número de familias, con densidades por encima de 1000 cell/L.

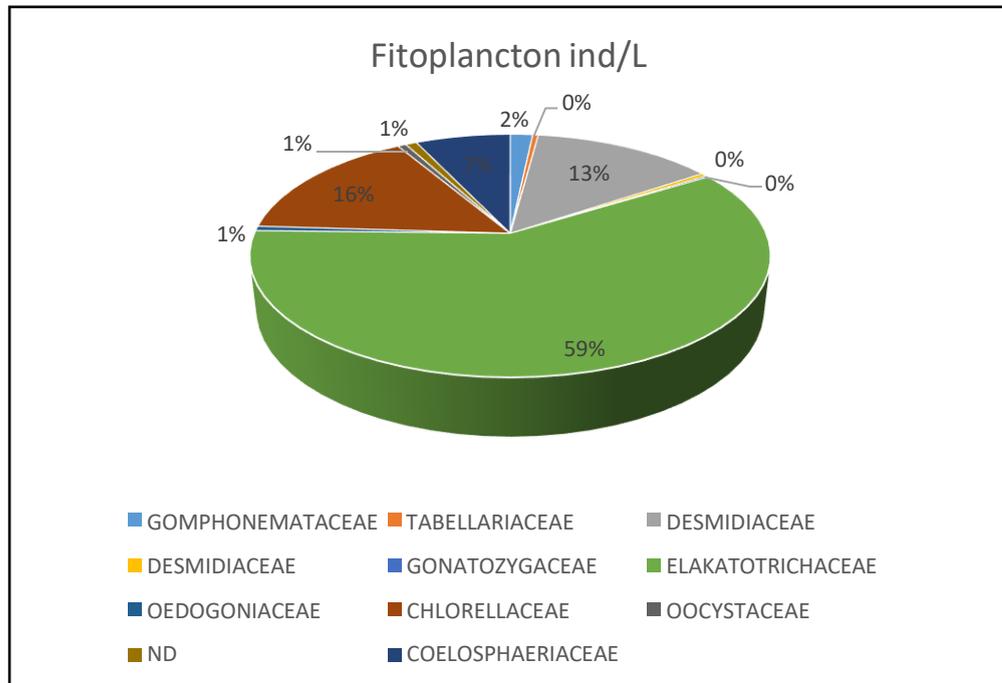


Figura 86. Familias taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

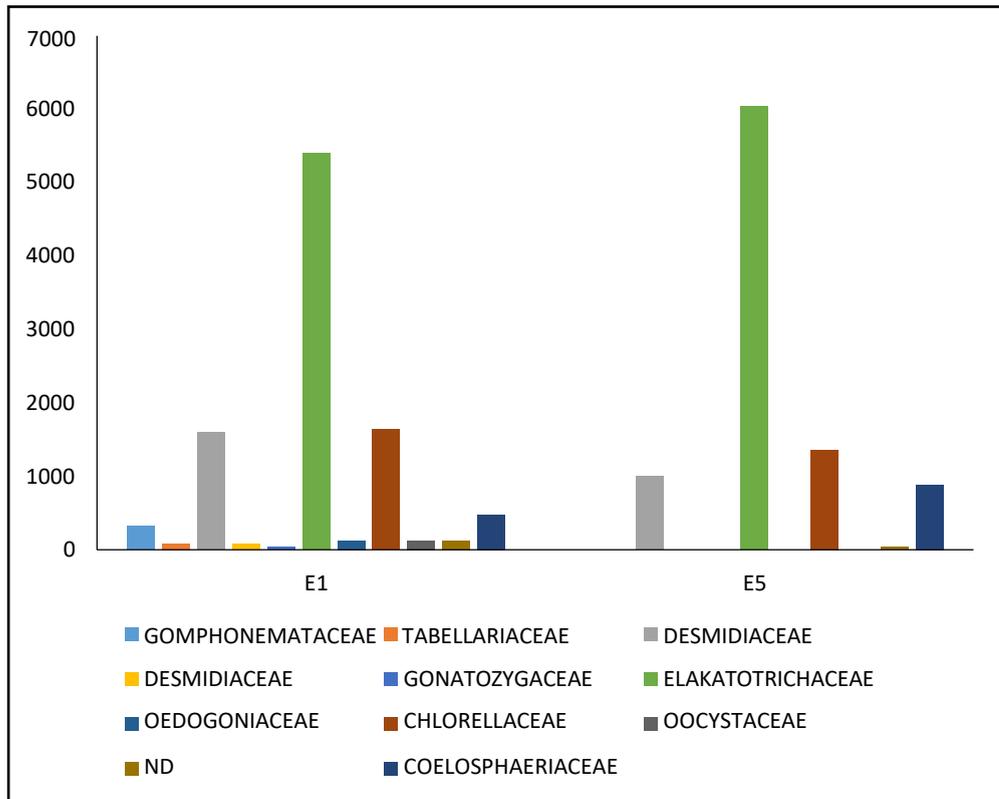


Figura 87. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

El análisis cuantitativo determinó que las especies *Elakatothrix* sp., *Dictyosphaerium* sp., y *Staurodesmus* sp., como las más abundantes, registrándose en ambas estaciones de muestreo (Cuadro 33).

CUADRO 33. Abundancia de las especies por estación de muestreo en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	0.32	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.08	
3	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	1.6	1
4	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	0.08	
5	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	GONATOZYGACEAE	<i>Gonatozygon</i> sp.	0.04	
6	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.	5.4	6.04
7	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	0.12	
8	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	1.64	1.36
9	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.	0.12	
10	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	0.12	0.04
11	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSphaeriaceae	<i>Coelomoron</i> sp.	0.48	0.88

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Shopol

La familia Chlorellaceae fue la más abundante con 44% del total, seguidos de las familias Stephanodiscaceae, Elakatotrichaceae, Gomphonemataceae y Naviculaceae con valores alrededor de 9- 6%, y el resto de familias representado cerca del 1% (Figuras 88 y 89).

En la Figura 89 se puede observar que la clase Chlorellaceae dominó en la E5 llegando hasta 280 cel/L., no obstante en la E1 se registraron mayor número de familias con densidades equitativas >50 cel/L.

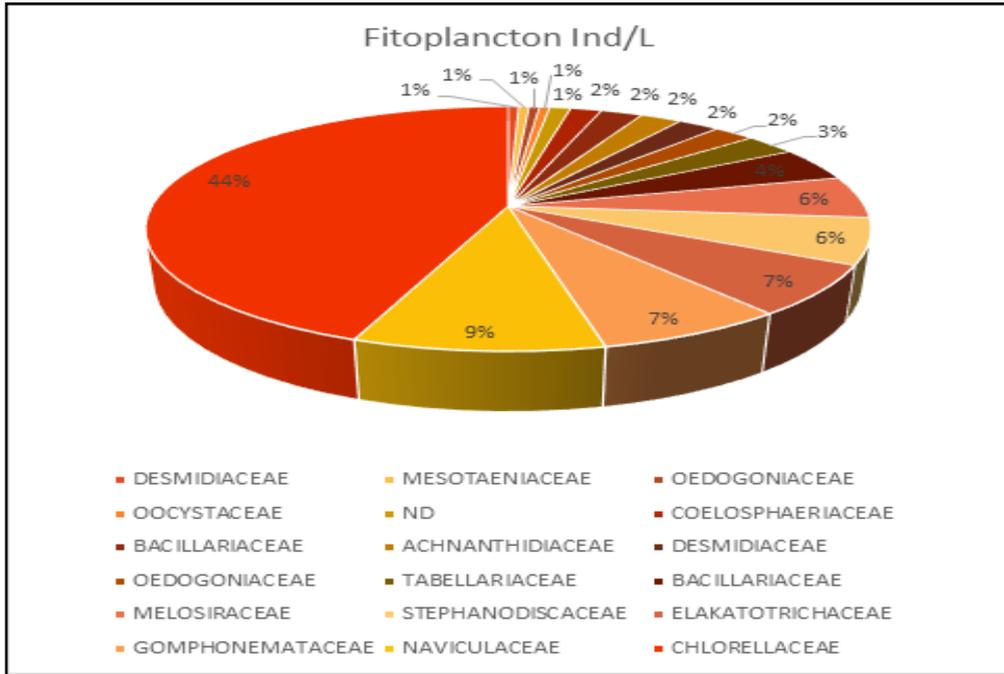


Figura 88. Familias taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

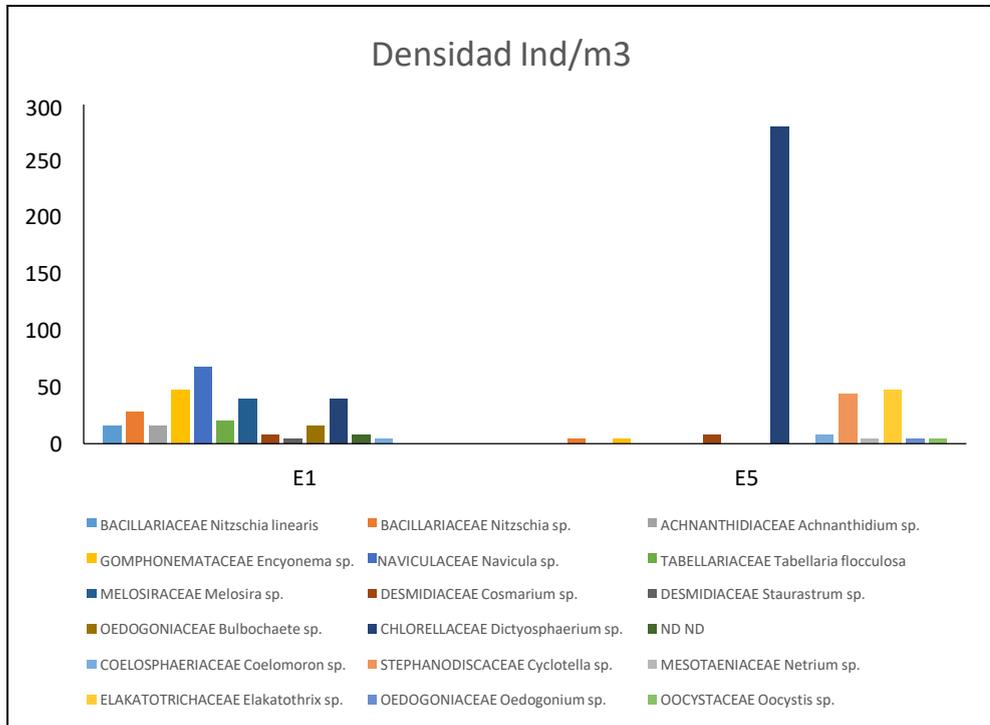


Figura 89. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

El análisis cuantitativo determinó que las especies *Dictyosphaerium sp.*, *Encyonema sp.*, *Navicula sp.*, *Tabellaria flocculosa*, *Melosira sp.*, *Cyclotella sp* y *Elakatothrix sp* como las más abundantes, registrándose en ambas estaciones de muestreo (Cuadro 34).

CUADRO 34. Abundancia de las especies por estación de muestreo en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, La Libertad.

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia linearis</i>	0.16	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia sp.</i>	0.28	0.04
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	COCCONEIDALES	ACHNANTHIDIACEAE	<i>Achnanthydium sp.</i>	0.16	
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema sp.</i>	0.48	0.04
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula sp.</i>	0.68	
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.2	
7	BACILLARIOPHYTA	COSCINODISCOPHYCEAE	MELOSIRALES	MELOSIRACEAE	<i>Melosira sp.</i>	0.4	
8	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium sp.</i>	0.08	0.08
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum sp.</i>	0.04	
10	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete sp.</i>	0.16	
11	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium sp.</i>	0.4	2.8
12	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	0.08	
13	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSPHAERIACEAE	<i>Coelomoron sp.</i>	0.04	0.08
14	BACILLARIOPHYTA	MEDIOPHYCEAE	STEPHANODISCALES	STEPHANODISCACEAE	<i>Cyclotella sp.</i>		0.44
15	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium sp.</i>		0.04
16	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix sp.</i>		0.48
17	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium sp.</i>		0.04
18	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis sp.</i>		0.04

Fuente: Elaboración propia.

8.5.2 Perifiton

8.5.2.1 Composición específica

Laguna Culluna

Se registraron 36 especies de microalgas pertenecientes a perifiton distribuidas en 14 clases y 20 familias, registrándose un número similar de especies (~25 sp.) en ambas estaciones (Cuadro 35 y Figuras 90-91).

CUADRO 35. Composición específica de la comunidad de perifiton registrada en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	División/Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Cymbella</i> sp.		X
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.		X
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	LICMOPHORALES	ULNARIACEAE	<i>Ulnaria</i> sp.		X
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	COCCONEIDALES	ACHNANTHIDIACEAE	<i>Achnantheidium</i> sp.	X	
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	X	
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	
7	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	FRAGILARIALES	FRAGILARIACEAE	<i>Fragilaria</i> sp.	X	X
8	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	X	
9	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	X	X
10	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	X	X
11	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Rhopalodia</i> sp.	X	X
12	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X
13	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	X
14	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>		X
15	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Coelastrum</i> sp.		X
16	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	X	X
17	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.	X	
18	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Desmodesmus</i> sp.	X	X
19	CILIOPHORA	CILIATEA	PERITRICHIDA	VORTICELLIDAE	<i>Vorticella</i> sp.		X
20	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	X	
21	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum</i> sp.	X	X

N°	División/Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
22	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Tellingia</i> sp.	X	
23	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	
24	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATACEAE	<i>Mougeotia</i> sp.	X	X
25	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Oscillatoria</i> sp.		X
26	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	CHROOCOCCALES	MICROCYSTACEAE	<i>Gloeocapsa</i> sp.	X	X
27	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND		X
28	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSISACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	X	X
29	EUGLENOZOA	EUGLENOPHYCEAE	EUGLENIDA	EUGLENIDAE	<i>Trachelomonas</i> sp.	X	X
30	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Trinema</i> sp.		X
31	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.	X	
32	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	X	X
33	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	NOTOMMATIDAE	<i>Cephalodella</i> sp.	X	
34	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	TRICHOCERCIDAE	<i>Trichocerca</i> sp.		X
35	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	
36	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.	X	X

Fuente: Elaboración propia.



Figura 90. *Trichocerca* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 91. *Parvodinium* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

Laguna Huascacocha

Se registraron 21 especies de perifiton distribuidas en 10 clases y 16 familias, registrándose un mayor número de especies (20 sp.) en la E1 (Cuadro 36).

CUADRO 36. Composición específica de la comunidad de perifiton registrada en la Laguna Huascacocha, Distrito de Patatz, Departamento de La Libertad.

N	División/ Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia</i> sp.	X	X
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	X	X
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	
4	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	CLOSTERIACEAE	<i>Closterium</i> sp.	X	
5	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	X	
6	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurastrum</i> sp.	X	
7	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Actinotaenium</i> sp.	X	
8	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurodesmus</i> sp.	X	
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	
10	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATAACEAE	<i>Mougeotia</i> sp.	X	
11	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.	X	
12	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	X	
13	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	X	
14	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	NOSTOCAEEAE	<i>Nostoc</i> sp.	X	

N	División/ Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
15	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	MICROCOLEACEAE	<i>Kamptonema</i> sp.	X	X
16	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	X
17	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	X	
18	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Trinema</i> sp.	X	X
19	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	X	X
20	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Oscillatoria</i> sp.		X
21	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Shopol

Se registraron 36 especies pertenecientes al perfiton distribuidas en 10 clases y 28 familias, registrándose un mayor número de especies (32 sp.) en la E1 (Cuadro 37 y Figuras 92-93).

CUADRO 37. Composición específica de la comunidad de perfiton registrada en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

N°	División/Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	LESQUEREUSIIDAE	<i>Lesquereusia</i> sp.	X	
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Cymbopleura</i> sp.	X	
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	X	X
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	AMPHIPLEURACEAE	<i>Frustulia</i> sp.	X	
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	X	
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	RHOPALODIALES	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	X	X
7	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	SURIRELLALES	SURIRELLACEAE	<i>Stenopterobia</i> sp.	X	X
8	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	CLOSTERIACEAE	<i>Closterium</i> sp.	X	
10	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	X	X
11	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Euastrum</i> sp.	X	X
12	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurostrum</i> sp.	X	X
13	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Micrasterias</i> sp.	X	
14	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	X
15	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.	X	
16	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.	X	
17	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	HYDRODICTYACEAE	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	X	
18	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	X	
19	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	X	X
20	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	CHROOCOCCALES	CHROOCOCCACEAE	<i>Chroococcus</i> sp.	X	
21	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	CHROOCOCCALES	MICROCYSTACEAE	<i>Gloeocapsa</i> sp.	X	X
22	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	STIGONEMATACEAE	<i>Stigonema</i> sp.	X	X
23	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	NOSTOCACEAE	<i>Nostoc</i> sp.	X	

N°	División/Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
24	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Oscillatoria</i> sp.	X	X
25	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	MERISMOPEDIACEAE	<i>Merismopedia</i> sp.	X	X
26	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	X
27	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	X	
28	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Trinema</i> sp.	X	X
29	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	X	
30	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	X	X
31	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	X
32	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	NOTOMMATIDAE	<i>Cephalodella</i> sp.	X	
33	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATACEAE	<i>Mougeotia</i> sp.		X
34	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SCENEDESMACEAE	<i>Desmodesmus</i> sp.		X
35	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND		X
36	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	MICROCOLEACEAE	<i>Kamptinema</i> sp.		X

Fuente: Elaboración propia.



Figura 92. *Chroococcus* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 93. *Stenopterobia* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

8.5.3 Zooplancton

8.5.3.1 Composición específica

Laguna Culluna

En total se registraron 12 especies, distribuidos en 7 clases y 6 familias, encontrándose hasta 3 organismos no determinados perteneciente a los phylum Nematodo y Tardigrada (Cuadro 38 y Figuras 94-96).

CUADRO 38. Composición específica de la comunidad de zooplancton registrada en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	X
2	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	BOSMINIDAE	<i>Bosmina</i> sp.	X	X
3	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	BOSMINIDAE	<i>Bosmina</i> sp.		X
4	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.		X
5	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> cf. <i>arenaria</i>	X	
6	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.		X
7	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.		X
8	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	DIFFLUGIIDAE	<i>Diffugia</i> sp.		X
9	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	LEPADELLIDAE	<i>Lepadella acuminata</i>	X	
10	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	X
11	NEMATODA	ND	ND	ND	ND		X
12	TARDIGRADA	ND	ND	ND	ND		X

Fuente: Elaboración propia.



Figura 94. *Centropyxis* sp.

Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

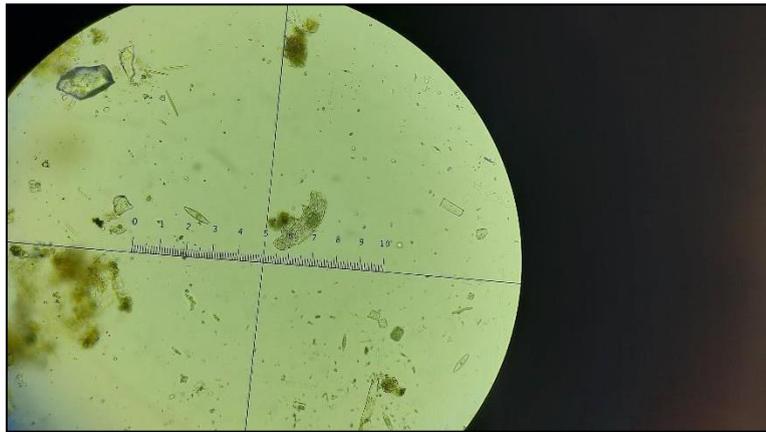


Figura 95. Tardigrada.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

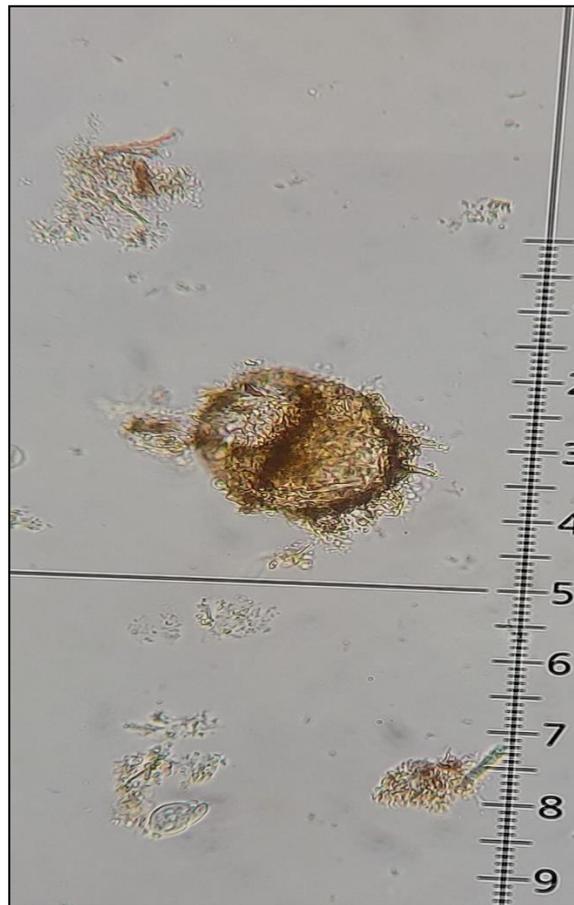


Figura 96. *Centropyxis* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

Laguna Huascacocha

En total se registraron 15 especies, distribuidos en 7 clases y 8 familias, encontrándose hasta 4 organismos no determinados perteneciente a los phyllums Nematoda y Tardigrada y registrando mayor número de especies en la E1 (Cuadro 39 y Figuras 97 a 99).

CUADRO 39. Composición específica de la comunidad de zooplankton registrada en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	
2	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	CHYDORIDAE	<i>Alona</i> sp.	X	
3	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	CHYDORIDAE	<i>Chydorus</i> sp.	X	X
4	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	X	X
5	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Daphnia</i> sp.	X	X
6	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Simocephalus</i> sp.	X	
7	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	MACROTHRICIDAE	<i>Macrothrix</i> sp.	X	X
8	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha strigosa</i>	X	
9	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> cf. <i>arenaria</i>	X	
10	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis discoides</i>	X	X
11	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	CENTROPAGIDAE	<i>Boeckella occidentalis</i>	X	X
12	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	ND	ND	X	
13	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	ND	ND	X	
14	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	ND (Larva nauplio)	ND	ND	X	
15	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 97. *Simocephalus* sp.

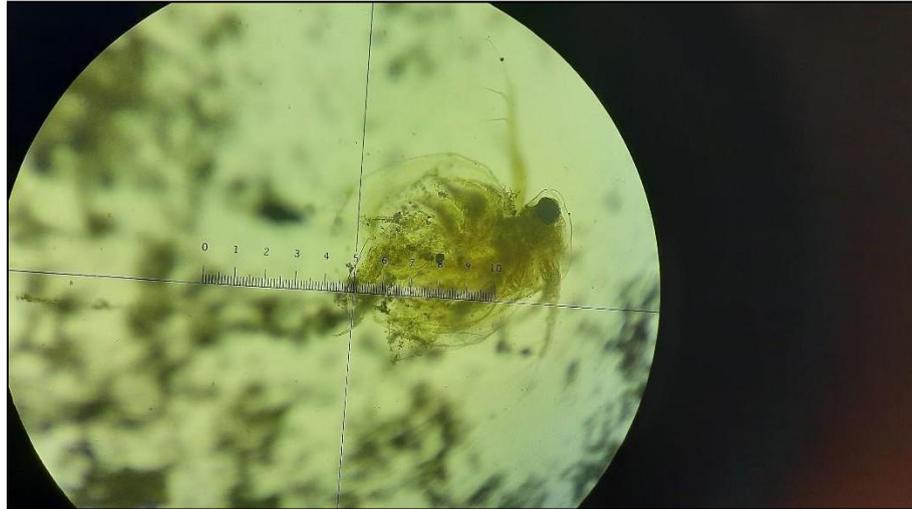


Figura 98. *Ceriodaphnia* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

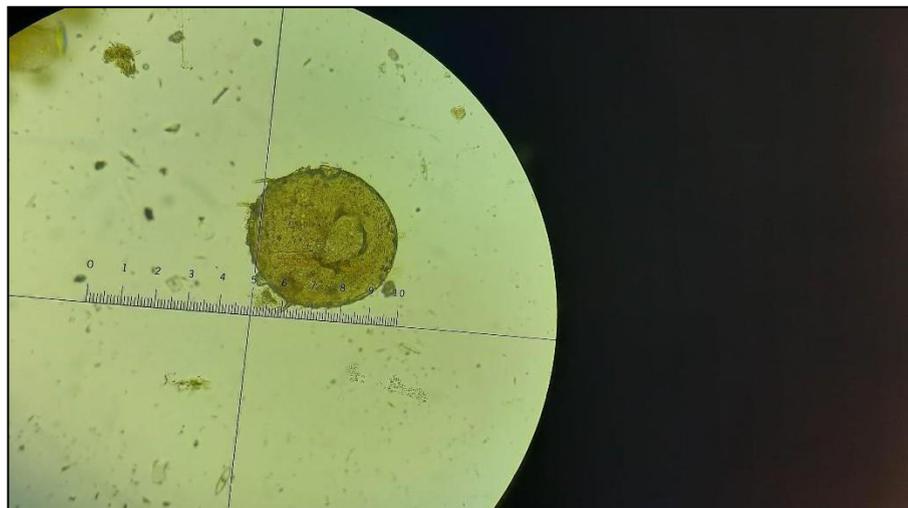


Figura 99. *Centropyxis* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

Laguna Shopol

En total se registraron 16 especies, distribuidos en 7 clases y 10 familias, encontrándose hasta 5 organismos no determinados, registrándose un mayor número de especies en la E1 (Cuadro 40 y Figuras 100 a 106).

CUADRO 40. Composición específica de la comunidad de zooplancton registrada en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
12	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	X	
7	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha tuberculata</i>	X	X
5	CERCOZOA	IMBRICATEA	EUGLYPHIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Assulina</i> sp.	X	
1	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	HYALOSPHEIIDAE	<i>Hyalosphenia</i> sp.	X	
2	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	LESQUEREUSIIDAE	<i>Lesquereusia spiralis</i>	X	X
3	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	TRIGONOPYXIDAE	<i>Cyclopyxis</i> sp.	X	
8	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis discoides</i>	X	X
9	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	X	X
10	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	NEBELIDAE	<i>Nebela</i> sp.	X	X
11	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	PARAQUADRULIDAE	<i>Quadrullella</i> sp.	X	X
4	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	CENTROPAGIDAE	<i>Boeckella occidentalis</i>	X	
14	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	ND	ND		X
16	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.		X
6	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	
13	TARDIGRADA	ND	ND	ND	ND	X	
15	NEMATODA	ND	ND	ND	ND		X

Fuente: Elaboración propia.

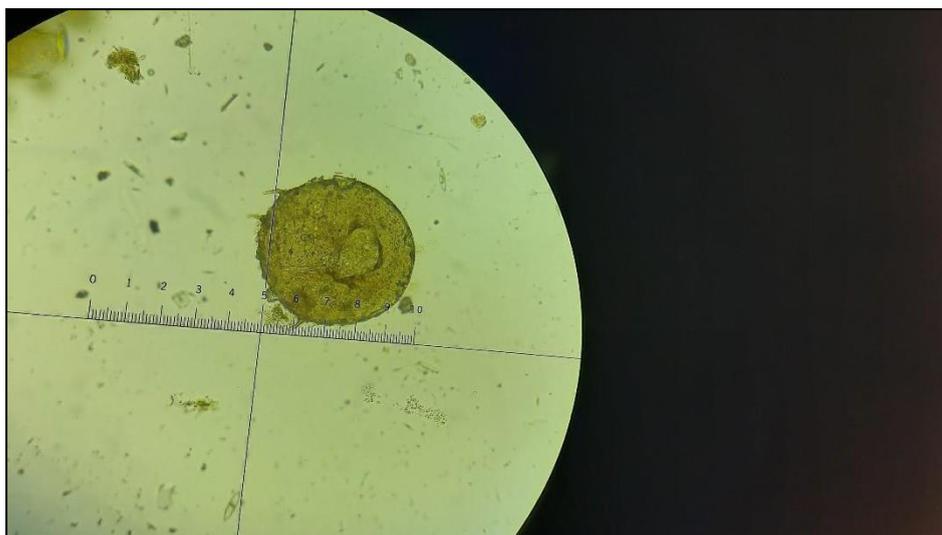


Figura 100. *Centropyxis* sp.

Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 101. *Boeckella occidentalis*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

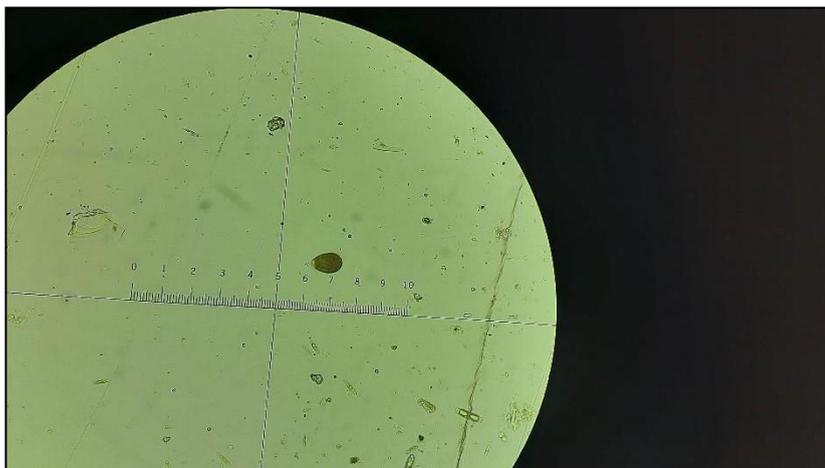


Figura 102. *Assulina* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 103. *Hyalosphenia* sp.
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

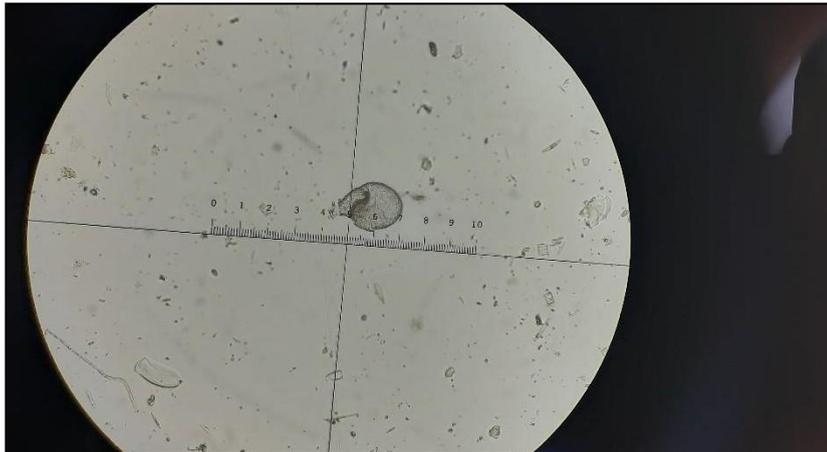


Figura 104. *Lesquereusia spiralis*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL



Figura 105. *Nebela sp.*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

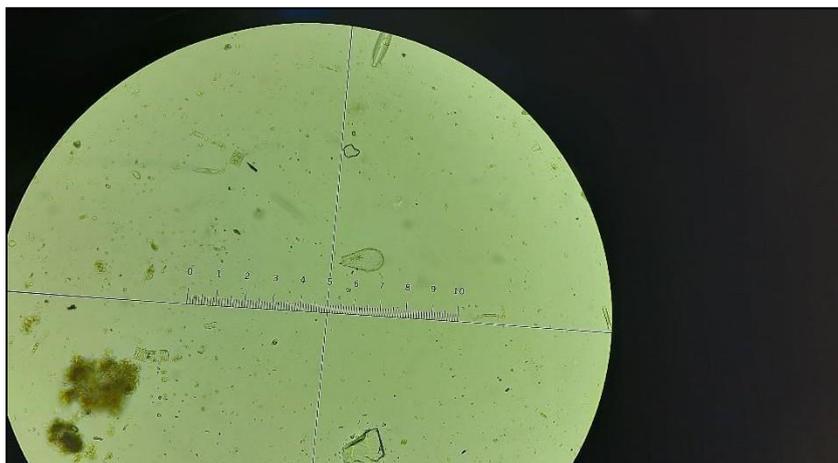


Figura 106. *Quadrulella sp.*
Fuente: AGQ Labs para ARAV EIRL

8.5.3.2 Densidad

Laguna Culluna

En la Figura 107 y 108 se puede observar que las familias Bosminidae y Rotifera abundaron en la E1, mientras que en la E5 dominaron Nematode, Rotifera, Centropyxidae y Euglyphidae (Cuadro 41).

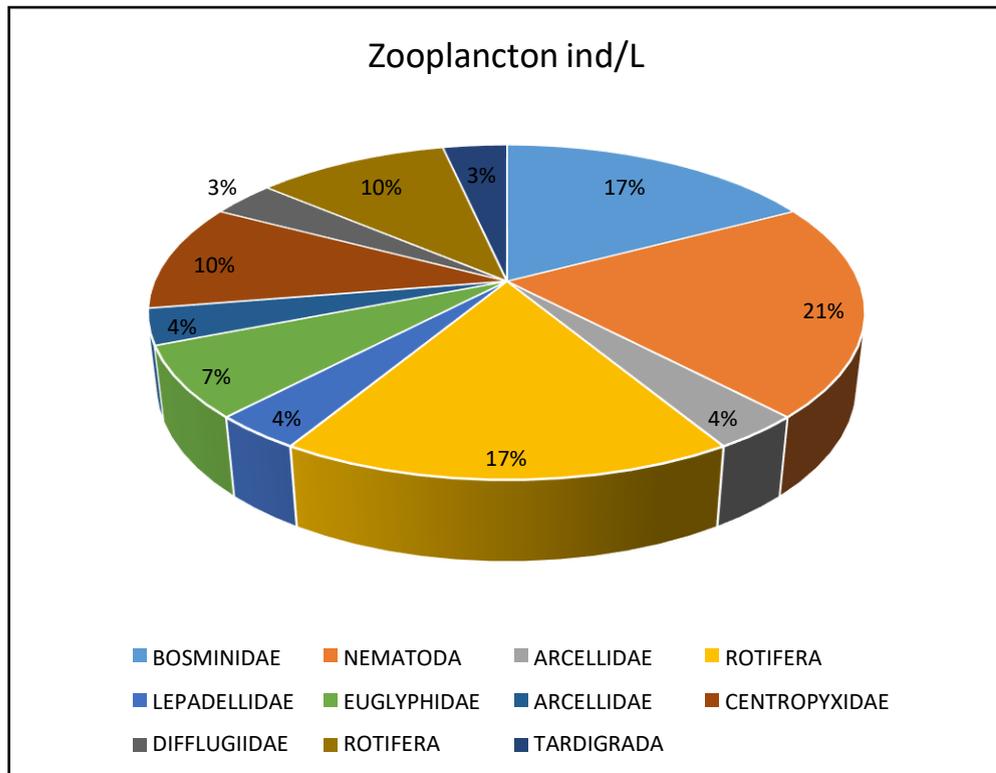


FIGURA 107. Clases taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

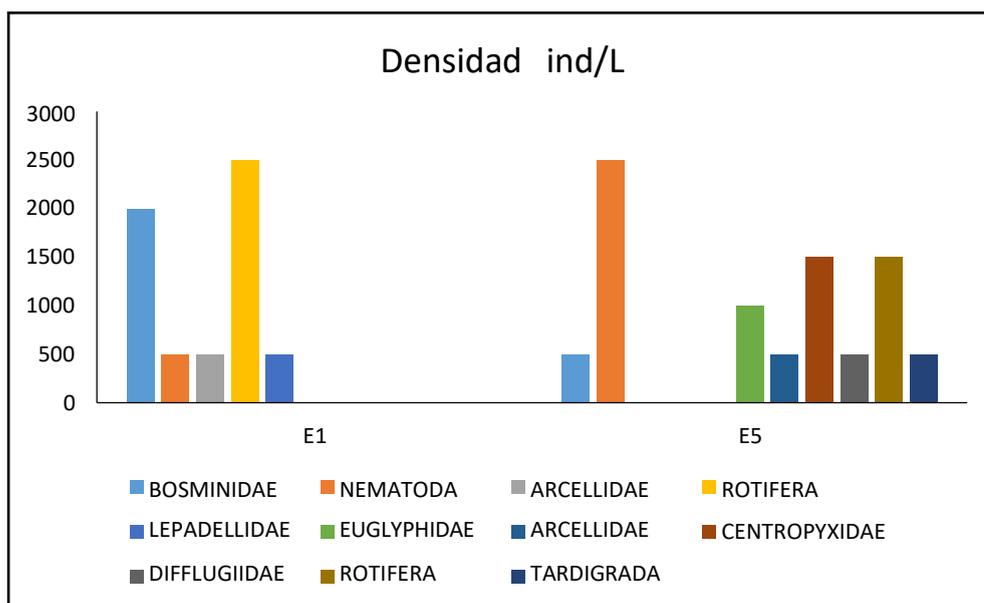


FIGURA 108. Densidad de las familias que conforman la comunidad zooplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

La estación de muestreo 5 (E5) presentó las mayores abundancias con 2500 ind/100m³; mientras que la menor abundancia se registró en la E1 con 500 ind/100m³. Así mismo, las mayores abundancias las presentaron las especies *Centropyxis* sp y *Euglypha* sp. (Cuadro 41).

CUADRO 41. Abundancia de las especies del zooplancton por estación de muestreo en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E2
1	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	BOSMINIDAE	<i>Bosmina</i> sp.	0.02	0.005
2	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	0.005	0.025
3	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> cf. <i>arenaria</i>	0.005	
4	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	0.025	
5	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	LEPADELLIDAE	<i>Lepadella acuminata</i>	0.005	
6	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.		0.01
7	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.		0.005
8	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.		0.015
9	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	DIFFLUGIIDAE	<i>Diffugia</i> sp.		0.005
10	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND		0.015
11	TARDIGRADA	ND	ND	ND	ND		0.005

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Huascacocha

Las familias Daphnidae y Chydoridae presentaron la mayor densidad con un 20 y 27% del total respectivamente, seguido de la clase Maxillopoda con 15%, el resto de familias se agruparon en valores por debajo de 10%. (Figura 109). En la Figura 110 se puede observar que la E1 registra un número mayor de familias, sobresaliendo la familia Chydoridae y Daphnidae, mientras que en la E5 solo predominó la familia Daphnidae.

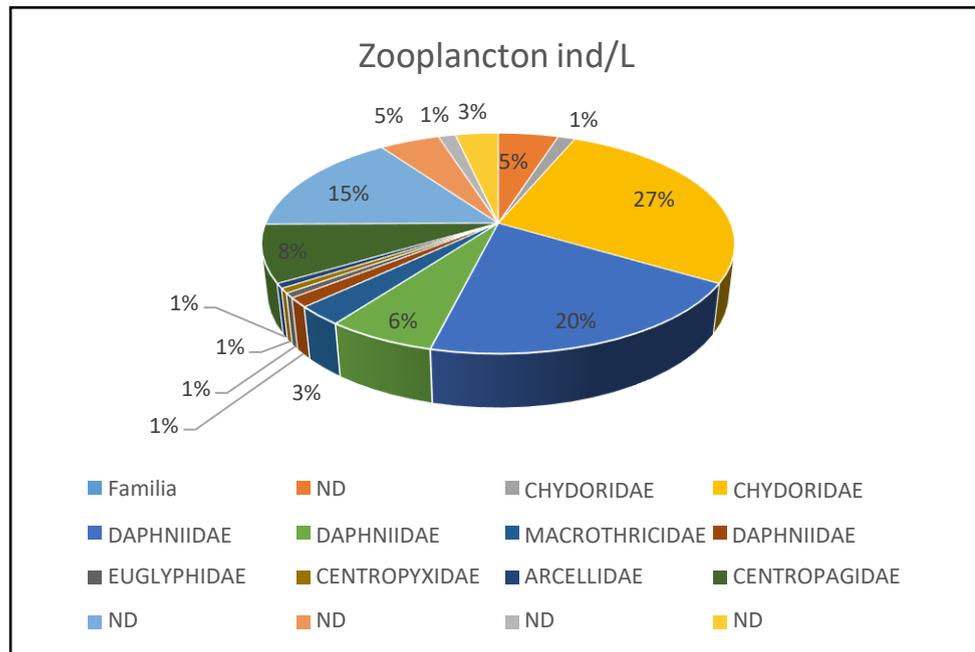


FIGURA 109. Familias taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Huascacocha, Distrito de Patatz, Departamento de La Libertad.

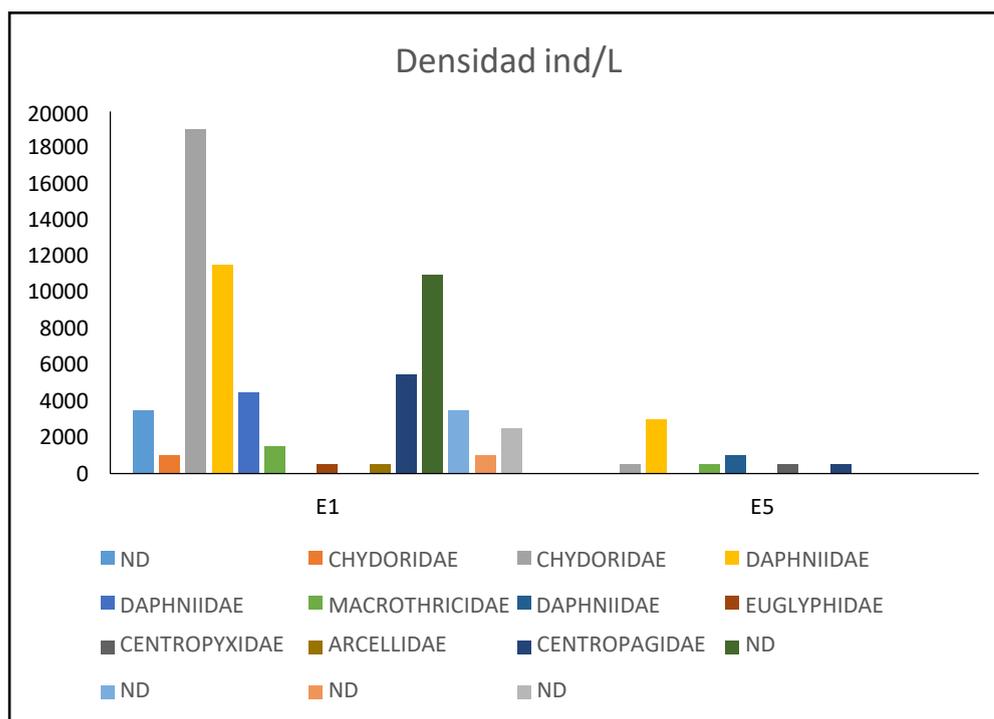


FIGURA 110. Densidad de las familias que conforman la comunidad zooplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

La E1 presentó las mayores abundancias con 19000 ind/100m³; mientras que la menor abundancia se registró en la E5 con 500 ind/100m³. Así mismo, las mayores abundancias las presentaron las especies *Chydorus sp.* y *Daphnia sp.* *Centropyxis sp.* (Cuadro 42).

CUADRO 42. Abundancia de las especies del zooplancton por estación de muestreo en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	0.035	
2	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	CHYDORIDAE	<i>Alona sp.</i>	0.01	
3	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	CHYDORIDAE	<i>Chydorus sp.</i>	0.19	0.01
4	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Daphnia sp.</i>	0.115	0.03
5	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Simocephalus sp.</i>	0.045	
6	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	MACROTHRICIDAE	<i>Macrothrix sp.</i>	0.015	0.01
7	ARTHROPODA	BRANCHIOPODA	DIPLOSTRACA	DAPHNIIDAE	<i>Ceriodaphnia sp.</i>		0.01
8	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha strigosa</i>	0.005	

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
9	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis discoides</i>		0.01
10	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella cf. arenaria</i>	0.005	
11	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	CENTROPAGIDAE	<i>Boeckella occidentalis</i>	0.055	0.01
12	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	ND	ND	0.11	
13	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	ND	ND	0.035	
14	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	ND (Larva nauplio)	ND	ND	0.01	
15	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	0.025	

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Shopol

La familia Nebelidae registro un 18%, seguida de las familias Centropyxidae, Centropagidae, Paraquadrulidae, Euglyphidae, Lesquereusiidae y Euglyphidae (~10%) y el resto de familias represento valores cerca al 2% (Figura 111).

En la Figura 112 se puede observar que la E1 registra un número mayor de familias, sobresaliendo el grupo nemátode con 6500/100m³, mientras que en la E5 predominó la familia Nebelidae. Las densidades más bajas estuvieron cerca de 500 ind/100m³. Así mismo, las mayores abundancias las presentaron las especies *Nebela sp.*, *Centropyxis sp.*, *Boeckella occidentalis*, *Quadrulella sp.*, *Assulina sp.*, *Lesquereusia spiralis*, *Euglypha tuberculata*. (Figura 112 y Cuadro 43).

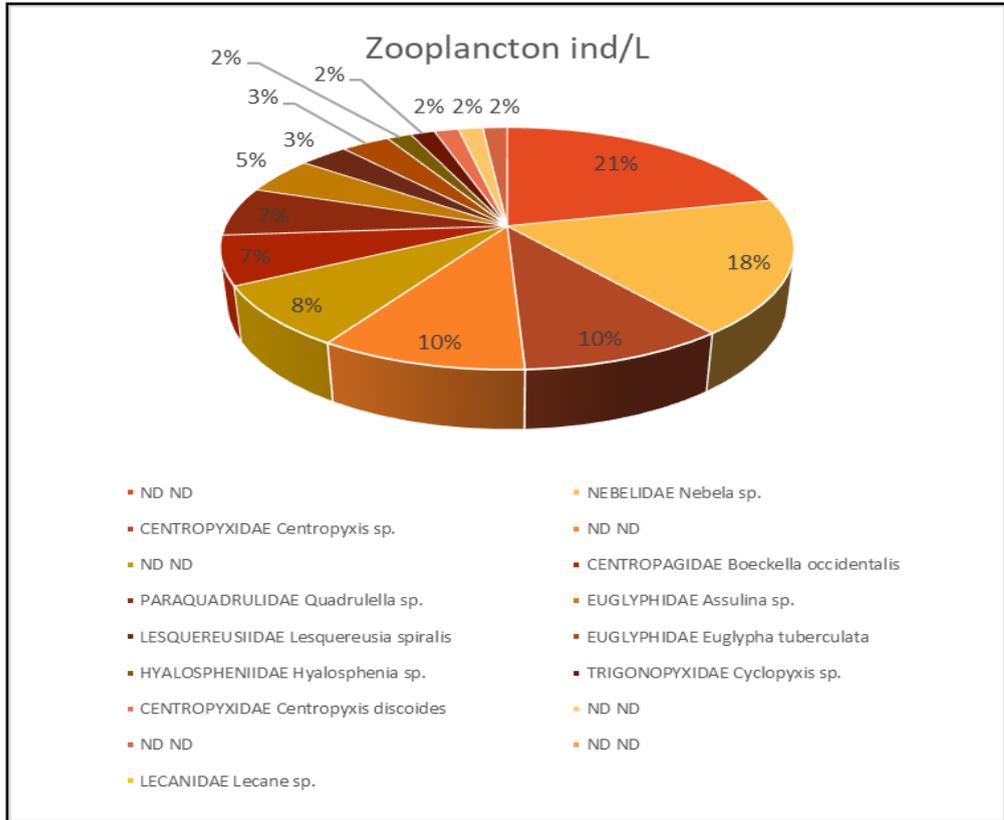


FIGURA 111. Familias taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

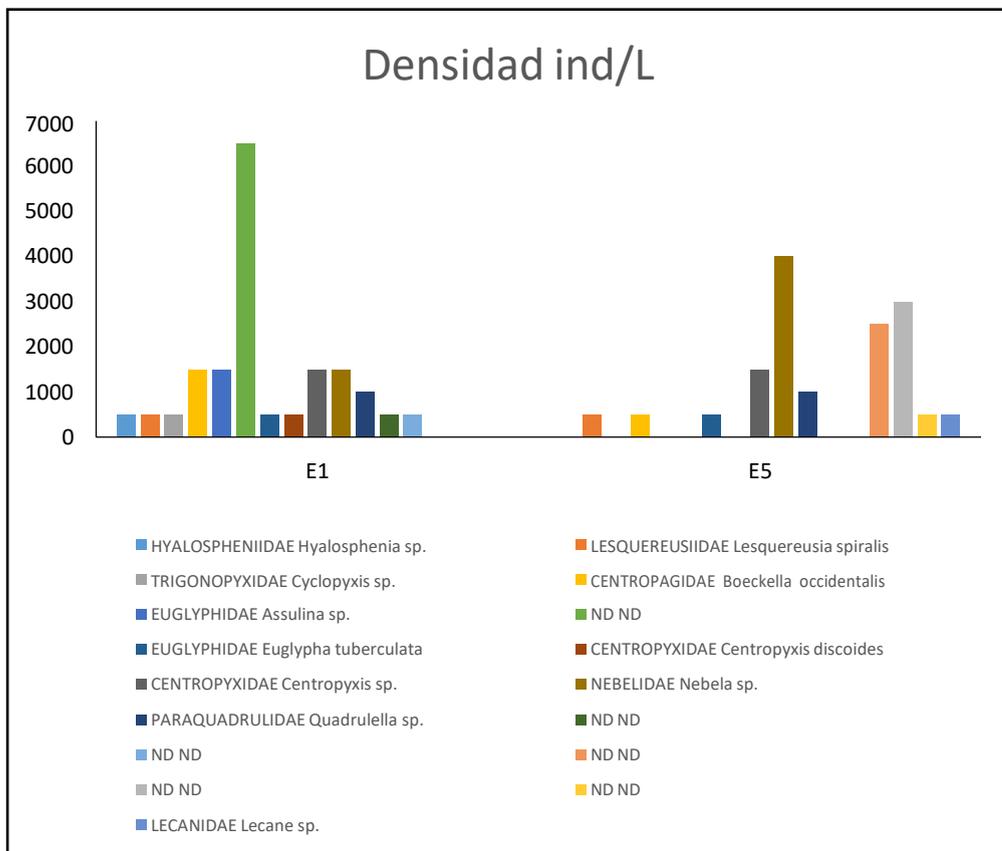


FIGURA 112. Densidad de las familias que conforman la comunidad zooplanctónica en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

CUADRO 43. Abundancia de las especies del zooplancton por estación de muestreo en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

N°	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
1	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	HYALOSPHEIIDAE	<i>Hyalosphenia</i> sp.	0.01	
2	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	LESQUEREUSIIDAE	<i>Lesquereusia spiralis</i>	0.01	0.01
3	AMOEBOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	TRIGONOPYXIDAE	<i>Cyclopyxis</i> sp.	0.01	
4	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	CENTROPAGIDAE	<i>Boeckella occidentalis</i>	0.02	0.01
5	CERCOZOA	IMBRICATEA	EUGLYPHIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Assulina</i> sp.	0.02	
6	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	0.07	
7	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha tuberculata</i>	0.01	0.01
8	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis discoides</i>	0.01	
9	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis</i> sp.	0.02	0.02
10	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	NEBELIDAE	<i>Nebela</i> sp.	0.02	0.04
11	PROTOZOA	LOBOSA	ARCELLINIDA	PARAQUADRULIDAE	<i>Quadrullella</i> sp.	0.01	0.01
12	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND	0.01	
13	TARDIGRADA	ND	ND	ND	ND	0.01	
14	ARTHROPODA	MAXILLOPODA	CALANOIDA	ND	ND		0.03
15	NEMATODA	ND	ND	ND	ND		0.03
16	ROTIFERA	BDELLOIDEA	ND	ND	ND		0.01
17	ROTIFERA	MONOGONTA	PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.		0.01

Fuente: Elaboración propia.

8.5.4. Macroinvertebrados bentónicos

8.5.4.1. Composición específica

Laguna Culluna

Se registraron 7 familias distribuidas en la laguna Culluna, siendo la E3 la que registró el mayor número de especies. Las familias Hyalellidae, Sphaeriidae y Dugesiidae se registraron en todas las estaciones. (Cuadro 44 y Figuras 117, 118 y 122).

CUADRO 44. Composición específica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Clase	Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4
1	Insecta	Odonata	AESHNIDAE	<i>Rhionaeschna</i>	X		X	
2	Insecta	Trichoptera	HELICOPSYCHIDAE	<i>Helicopsyche</i>		X	X	X
3	Insecta	Diptera	TIPULIDAE	<i>Tipulido</i>	X		X	
4	Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	X	X	X	X
5	Bivalvia	Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Psidium</i>	X	X	X	X
6	Rhabditophora	Tricladida	Dugesidae	<i>Girardia</i>	X	X	X	X
7	Arachnida	Trombidiformes	Hydrachinidae				X	X

Fuente: Elaboración propia.

Laguna Huascacocha

En la Laguna Huascacocha se registraron 7 familias, encontrándose a Sphaeriidae, Chironomidae y Hydrachinidae en todas las estaciones de muestreo (Cuadro 45 y Figuras 117 a 122).

CUADRO 45. Composición específica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Clase	Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4
1	Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	X			X
2	Bivalvia	Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Psidium</i>	X	X	X	X
3	Insecta	Diptera	Chironomidae		X	X	X	X
4	Arachnida	Trombidiformes	Hydrachinidae		X	X	X	X
5	Nematoda	NI	NI		X	X	X	X
6	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae			X	X	X
7	Clitellata	Arhynchobdellida	Erpobdellidae			X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

8.5.4.2. Densidad

Laguna Culluna

En el Cuadro 46 y Figura 113, se observa que las mayores densidades (127 ind/m²) correspondieron a la familia Hyaellidae, presente en todas las estaciones de muestreo. El resto de organismos presentó densidades alrededor por debajo de 20 ind.m²

CUADRO 46. Densidad (ind/m²) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en la Laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4
1	Odonata	AESHNIDAE	Rhionaeschna	4	0	4	17
2	Trichoptera	HELICOPSYCHIDAE	Helicopsyche	0	18	20	0
3	Diptera	TIPULIDAE	Tipulido	4	0	4	51
4	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella	59	127	36	10
5	Bivalvia	Sphaeriidae	Psidium	4	4	8	17
6	Tricladida	Dugesiidae	Girardia	15	16	10	8
7	Trombidiformes	Hydrachinidae		0	0	5	0

Fuente: Elaboración propia.

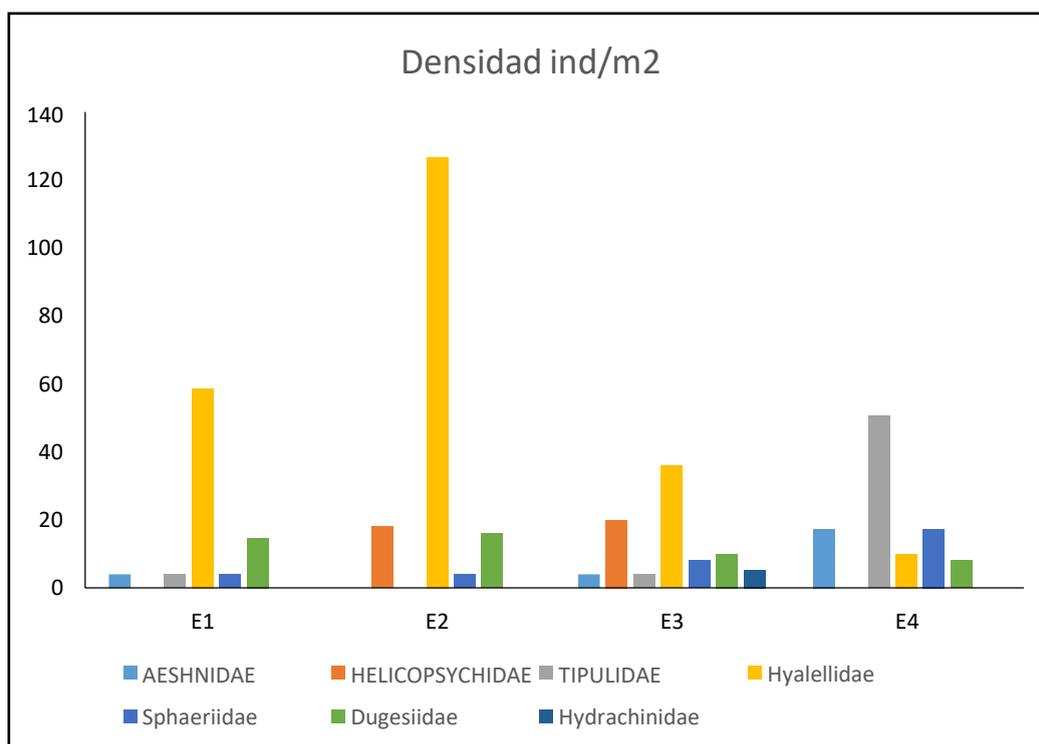


FIGURA 113. Densidad de las familias que conforman la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

Las densidades más altas de la familia Hyaellidae se registraron en la E2, no obstante, la familia Hydrachinidae, dominó en la E4. Se observa que en la E3 las familias presentaron densidades similares por debajo de 40 ind.m² (Figura 113).

Laguna Huascacocha

En la Cuadro 47 se observa que las mayores densidades (64 ind/m²) correspondieron a la familia Hyalellidae, presente en todas las estaciones de muestreo. El resto de organismos presento densidades alrededor por debajo de 20 ind.m².

CUADRO 47. Densidad (ind/m²) por especie en los muestreos realizados en la laguna Huascacocha, Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad.

N°	Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4
1	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	56	8	0	64
2	Bivalvia	Sphaeriidae	Psidium	12	16	26	33
3	Diptera	Chironomidae		12	5	12	14
4	Trombidiformes	Hydrachinidae		8	14	9	19
5	NI	NI		8	4	4	8
6	Haplotaxida	Tubificidae		0	6	18	25
7	Arhynchobdellida	Erpobdellidae		0	11	8	19

Fuente: *Elaboración propia.*

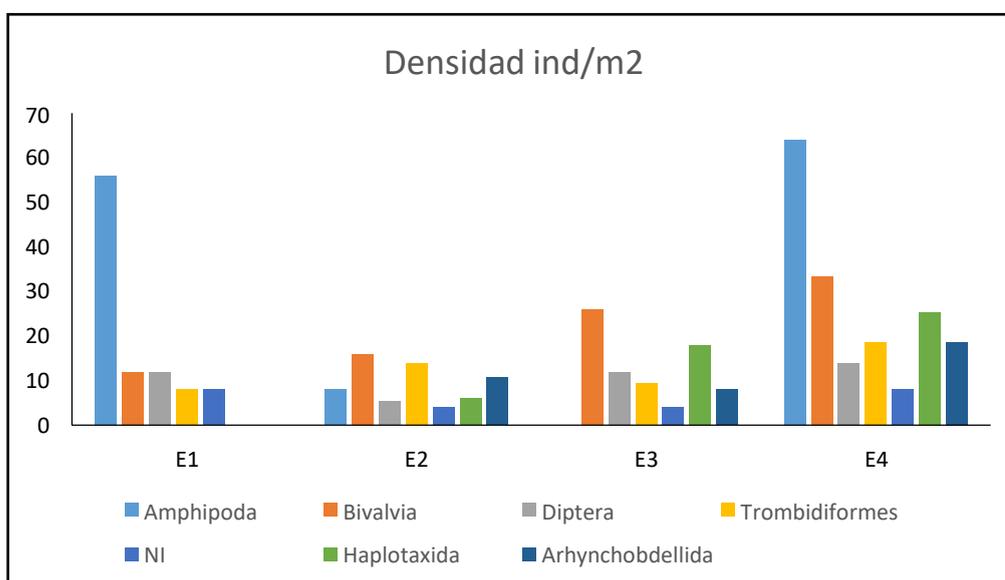


FIGURA 114. Densidad de las familias que conforman la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

Las densidades más altas de la familia Hyalellidae se registraron en la E1 y E4 (56 ind.m² y 64 ind.m²). Las familias Haplotaxida, Arhynchobdellida y Bivalvia, registraron valores altos en la E4 (>30 ind.m²) (Figura 114).

8.5.4.3. Diversidad

El índice de diversidad de Shannon–Wiener presentó valores por debajo de 2.00 bit.individuo, indicando una baja diversidad, especialmente en la Laguna Colluna (Figura 115). En relación a la calidad del agua, Wilhm & Dorris (1968), sugieren que valores de diversidad menores a 3.00 bits/individuo indican presencia de aguas con contaminación moderada.

Los valores del índice de dominancia de Simpson se encuentran en el rango de 0 a 1, encontrándose por debajo de 1 en todas las estaciones de muestreo en ambas lagunas. Así mismo, el índice de equidad de Pielou, también registra valores por debajo de 1. No obstante, en la laguna Huascacocha se registraron los valores más altos para ambos índices (Cuadro 48).

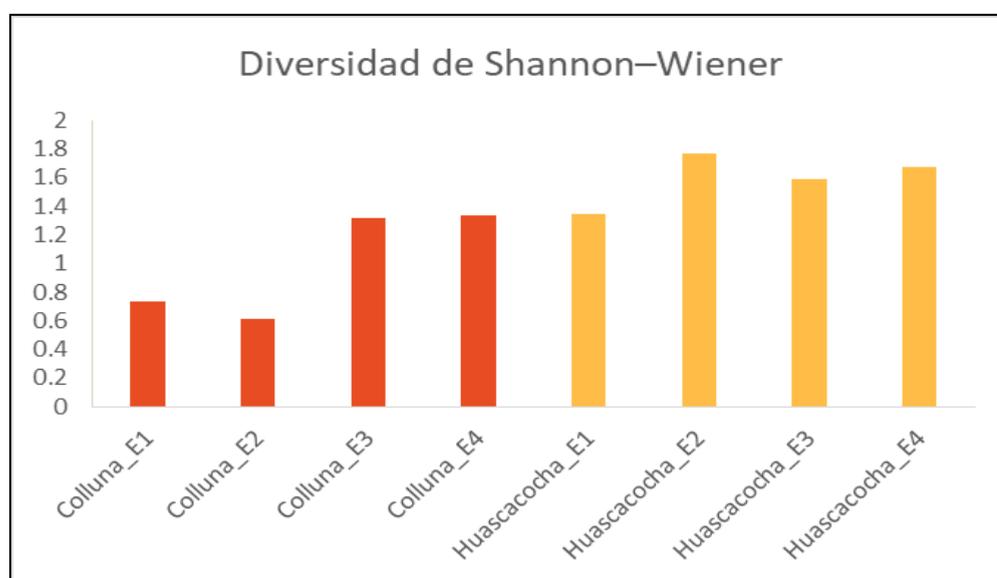


FIGURA 115. Diversidad de Shannon –Weiner para las Lagunas Colluna y Huascacocha, distrito de Pataz, La Libertad.

CUADRO 48. Diversidad del bentos de las Lagunas Colluna y Huascacocha, distrito de Pataz, La Libertad.

Laguna	Estación de muestreo	Shanon	Simpson	Pielou
Culluna	E1	0.735	0.394	0.457
Culluna	E2	0.610	0.297	0.440
Culluna	E3	1.317	0.618	0.677
Culluna	E4	1.335	0.681	0.829
Huascacocha	E1	1.344	0.701	0.835
Huascacocha	E2	1.766	0.835	0.907
Huascacocha	E3	1.592	0.794	0.889
Huascacocha	E4	1.673	0.782	0.860

Fuente: Elaboración propia.

Ambas lagunas presentan valores que indican una tendencia de moderada a baja diversidad, indicando presencia de factores perturbadores en la calidad de agua. Los valores de dominancia y equidad indican que las especies, en su mayoría, estarían distribuidas en forma relativamente homogénea (alta equidad), especialmente en la Laguna Huascacocha.

En el análisis multivariado, el análisis de agrupamiento o dendrograma, reveló similitudes por encima del 50%, observándose una clara distinción entre las comunidades bentónicas de las lagunas Huascacocha y Colluna (Figura 116).

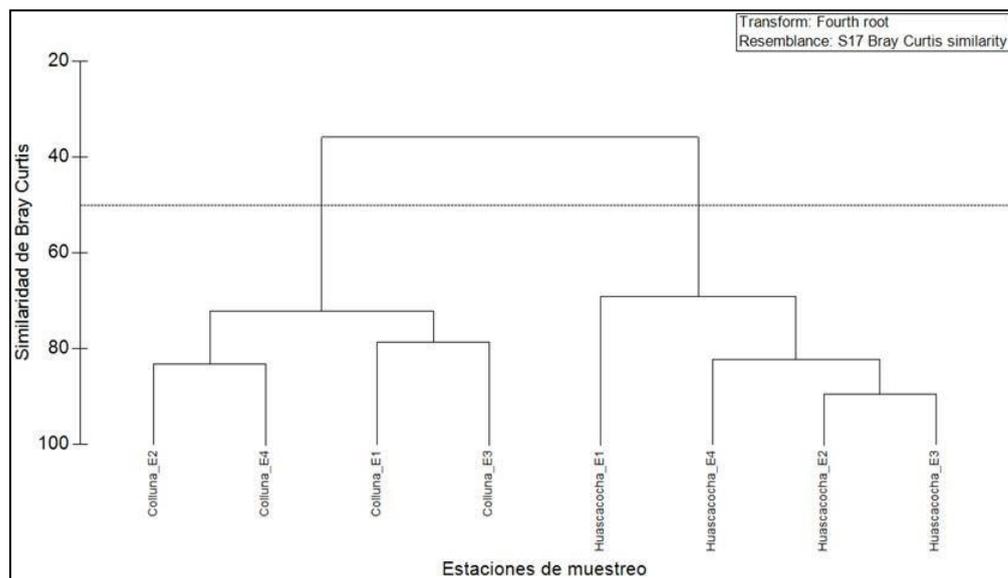


FIGURA 116. Dendrograma de similaridad de las lagunas Colluna y Huascacocha

8.5.4.4. Índice Biótico Andino-Macroinvertebrados

Los índices bióticos, ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, asocian a los taxa presentes (>4 mm) (familia, género, especie) con un valor numérico según su nivel de tolerancia y constituyen herramientas de valoración de la calidad basados en la diferente respuesta de los organismos a las alteraciones del medio (grado de sensibilidad o tolerancia).

En base a los resultados del Andean Biological Index (ABI), las lagunas muestreadas presentan alteraciones de forma moderada en la calidad de su agua (Cuadro 49), la que puede ser por contaminación o degradación del hábitat. La Laguna Colluna alcanzó un puntaje ABI más alto que se correlaciona con los datos de diversidad, equidad y dominancia así como con las características físico – químicas del agua.

CUADRO 49. Clases de estado ecológico ABI para ríos alto andinos mayores a 2000 msnm en Perú, aplicadas a lagunas alto andinas ubicadas en el distrito de Pataz, La Libertad

Laguna	ABI (Perú)				
	Muy buena	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
	>74	45 - 74	27 - 44	14 -26	< 11
Culluna				39	
Huascacocha				37	

Fuente: *Elaboración propia.*

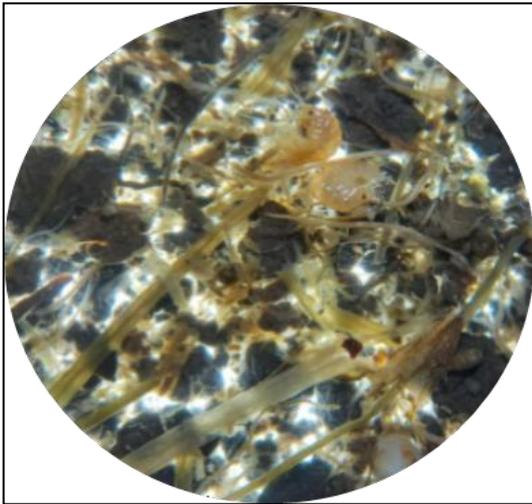


Figura 117. Familia Hyalellidae
Fuente: *Elaboración propia*

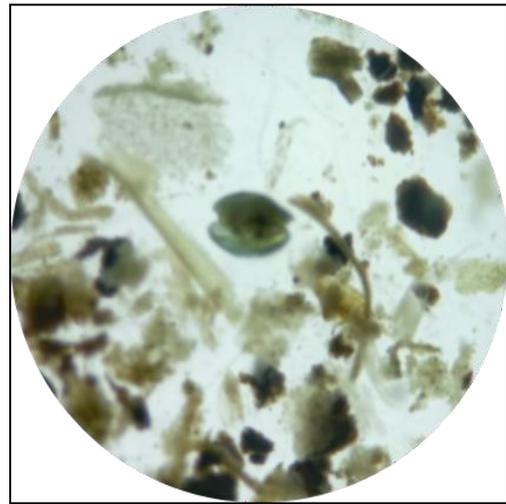


Figura 118. Familia Sphaeriidae
Fuente: *Elaboración propia*



Figura 119. Familia Tubificidae
Fuente: *Elaboración propia*

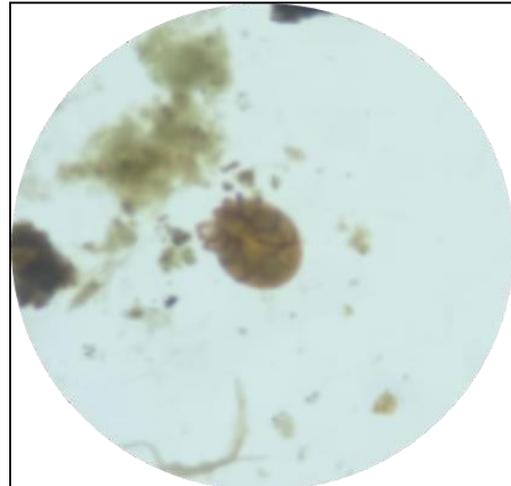


Figura 120. Familia Chironomidae
Fuente: *Elaboración propia*

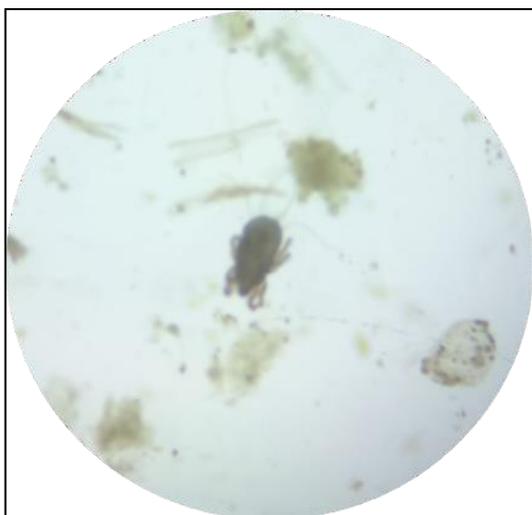


Figura 121. Familia Hydrachinidae
Fuente: Elaboración propia

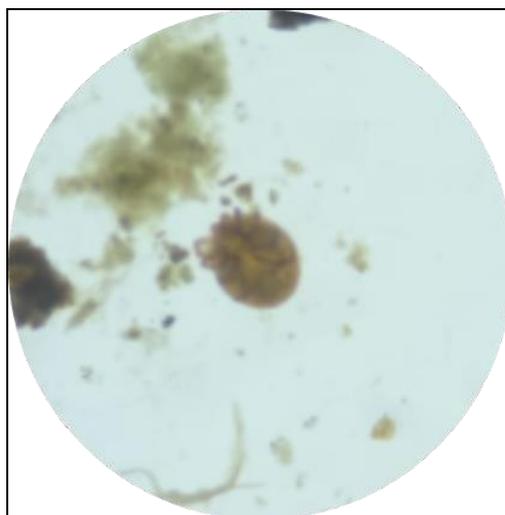


Figura 122. Familia Hydrachinidae
Fuente: Elaboración propia

8.6. Calidad del agua

De acuerdo a los resultados del análisis físico - químico, de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (DS N°004-2017-MINAM), para la Categoría 1 - subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, se encontró que los valores reportados se encuentran del rango admisible, a excepción del potencial de hidrógeno (pH) en las lagunas Huascacocha y Shopol (Cuadro 50).

Asimismo, en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, para la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas, se observó que, en todas las lagunas, a excepción de la laguna Huascacocha y Shopol, se detectaron aguas con pH ácido (Cuadro 51). Sobre los metales pesados, para ambas categorías de uso, las concentraciones se encontraban dentro los rangos aceptables.

Finalmente, sobre el estado de conservación, de acuerdo a la categoría 4 - Conservación del ambiente acuático: Lagunas, se encontró que los valores de pH y sólidos disueltos totales no cumplían con los ECA para dicha categoría (Cuadro 52).

CUADRO 50. Categoría A1 - Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
ECA-DS N°004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	Laguna Culluna	Laguna Huascacocha	Laguna Shopol
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L			
pH	Unidad de pH		<5	<5
Conductividad eléctrica	uS/cm			
Sólidos Disueltos Totales	mg/L			
Oxígeno disuelto	mg/L			
Aceites y grasas	mg/L			
Nitratos	mg/L			
Nitritos	mg/L			
Fosfatos	mg/L			
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L			
Antimonio	mg/L			
Arsénico	mg/L			
Bario	mg/L			
Berilio	mg/L			
Cobre	mg/L			
Cromo	mg/L			
Hierro	mg/L			
Manganeso	mg/L			
Mercurio	mg/L			
Molibdeno	mg/L			
Níquel	mg/L			
Plomo	mg/L			
Selenio	mg/L			
Talio	mg/L			
Uranio	mg/L			
Zinc	mg/L			

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 51. Categoría C4 - Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas. ECA-DS N°004-2017-MINAM.

Parámetros	Unidad de medida	Laguna Culluna	Laguna Huascacocha	Laguna Shopol
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L			
pH	Unidad de pH		<5	<5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L			
Oxígeno disuelto	mg/L			
Aceites y grasas	mg/L			
Nitratos	mg/L			
Fosfatos	mg/L			
INORGÁNICOS				
Antimonio	mg/L			
Arsénico	mg/L			
Boro	mg/L			
Cadmio	mg/L			
Cobre	mg/L			
Cromo	mg/L			
Mercurio	mg/L			
Níquel	mg/L			
Plomo	mg/L			
Selenio	mg/L			
Talio	mg/L			
Zinc	mg/L			

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 52. Categoría E1 - Conservación del ambiente acuático - Lagos y Lagunas. ECA-DS N°004-2017-MINAM.

Parámetro	Unidad de medida	Laguna Culluna	Laguna Huascacocha	Laguna Shopol
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L			
pH	Unidad de pH	<5	<5	<5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	>25	>25	
Oxígeno disuelto	mg/L			
Aceites y grasas	mg/L			
Nitratos	mg/L			
Fosfatos	mg/L			
INORGÁNICOS				
Antimonio	mg/L			
Arsénico	mg/L			
Bario	mg/L			
Cadmio	mg/L			
Cobre	mg/L			
Cromo	mg/L			
Mercurio	mg/L			
Níquel	mg/L			
Plomo	mg/L			
Selenio	mg/L			
Talio	mg/L			
Zinc	mg/L			

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la calidad del agua empleando los índices bióticos, empleando las diatomeas bentónicas (Cuadro 53), se encontraron especies sensibles a la contaminación (Sensibilidad 1-5, valores >3 indican especies sensibles a la contaminación y con Variabilidad 1 – 3, indicando valores de 3 menor adaptabilidad a la variación ambiental). Esto se debe a que la composición del fitobentos está regulada por factores hidrológicos, físicos y químicos, siendo el pH una de las variables físicas más importantes, reportándose en este estudio especies ácido-tolerantes: acidobiotos (óptimo pH < 5.5) y acidofílicas (óptimo pH < 7.0) en las tres zonas de estudio. Las diatomeas son muy sensibles a la eutrofización, a la contaminación orgánica y mineral y la estimación de índices basados en diatomeas es muy fiable para rangos de contaminación bajos, donde los otros métodos son menos fiables.

CUADRO 53. Diatomeas sensibles a la perturbación del agua de acuerdo al índice diatómico general (IDG)

Laguna	Familia	Género y/o Especie	Sensibilidad	Variabilidad
COLLUNA	CYMBELLACEAE	<i>Cymbella</i> sp.	5	1
	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	5	1
	ULNARIACEAE	<i>Ulnaria</i> sp.	3	1
	GOMPHONEMATACEAE	<i>Gomphonema acuminatum</i>	3	2
	FRAGILARIACEAE	<i>Fragilaria</i> sp.	4	1
	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	3	1
	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	4	3
	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	5	2
	RHOPALODIACEAE	<i>Rhopalodia</i> sp.	4	1
	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	5	1
HUASCACOCHA	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia</i> sp.	5	1
	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	3	1
	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	5	1
SHOPOL	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	5	1
	AMPHIPLEURACEAE	<i>Frustulia</i> sp.	5	2
	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	4	3
	RHOPALODIACEAE	<i>Epithemia</i> sp.	5	2
	SURIRELLACEAE	<i>Stenopterobia</i> sp.	5	3
	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	5	1

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado respecto a los índices de diversidad de macroinvertebrados, en base a los resultados del Andean Biological Index (ABI), las lagunas muestreadas presentan alteraciones de forma moderada en la calidad de su agua (Cuadro 54), la que puede ser por contaminación o degradación del hábitat.

CUADRO 54. Clases de estado ecológico ABI para ríos altoandinos mayores a 2000 msnm en Perú, aplicadas a lagunas altoandinas ubicadas en el distrito de Pataz, La Libertad

Laguna	ABI (Perú)				
	Muy buena	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
	>74	45 - 74	27 - 44	14 -26	< 11
Culluna			39		
Huascacocha			37		

9. Capacidad de Carga (K) o Productividad Piscícola

9.1. Capacidad Biogénica (B)

En los Cuadros 54 al 56, se muestran las características Biológicas Físicas, Químicas y Mecánicas, para estimar el valor de (B), en cada una de los cuerpos de agua en estudio y en el Cuadro 57, se observan los valores de la Capacidad Biogénica de los mismos.

CUADRO 54. Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas, para estimar el valor de B, en la laguna Culluna, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Clasificación	Valores de B	Características							
		Biológicas	Físicas			Químicas		Mecánicas	
		Caracteres de la macroflora (musgos y fanerógamas) para aguas salmonícolas corrientes.	T° C agua	Luz (sobre el ambiente)	Color	pH	Sustancias Tóxicas	Fondo	Corriente de agua
Aguas pobres	1 a 3	Carecen de capas biológicas y están prácticamente desprovistas de vegetación fanerógama.	4 - 7	Sombreado	Barroso	0 - 6	Presentes	Inestable o Móviles (arenoso, guijarros móviles)	Rápida o bastante rápida
Aguas medias	4 a 6	Vegetación fanerogámica especialmente bien desarrollada a lo largo de las orillas y compuesta de vegetales palustres semisumergidos; los vegetales sumergidos son poco abundantes.	8-11	50%	Azulado	7	Ausentes	Medio	Media
Aguas ricas	7 a 10	Vegetación fanerogámica abundante aunque no excesiva, que se compone de especies apropiadas, en su mayor parte sumergidas y que no solo se desarrollan en la orilla sino también en el centro del curso y de los estanques.	12-15	100%	Verdoso	8 a 14	Ausentes	Estable en aguas agitadas; arcilloso-limosos en las tranquilas)	Lentas

Fuente: Elaboración propia.

**Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas de la laguna Culluna.



CUADRO 55. Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas, para estimar el valor de B, en la laguna Huascacocha, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Clasificación	Valores de B	Características							
		Biológicas	Físicas			Químicas		Mecánicas	
		Caracteres de la macroflora (musgos y fanerógamas) para aguas salmonícolas corrientes.	T° C agua	Luz (sobre el ambiente)	Color	pH	Sustancias Tóxicas	Fondo	Corriente de agua
Aguas pobres	1 a 3	Carecen de capas biológicas y están prácticamente desprovistas de vegetación fanerógama.	4 - 7	Sombreado	Barroso	0 - 6	Presentes	Inestable o Móviles (arenoso, guijarros móviles)	Rápida o bastante rápida
Aguas medias	4 a 6	Vegetación fanerogámica especialmente bien desarrollada a lo largo de las orillas y compuesta de vegetales palustres semisumergidos; los vegetales sumergidos son poco abundantes.	8-11	50%	Azulado	7	Ausentes	Medio	Media
Aguas ricas	7 a 10	Vegetación fanerogámica abundante aunque no excesiva, que se compone de especies apropiadas, en su mayor parte sumergidas y que no solo se desarrollan en la orilla sino también en el centro del curso y de los estanques.	12-15	100%	Verdoso	8 a 14	Ausentes	Estable en aguas agitadas; arcilloso-limosos en las tranquilas)	Lentas

Fuente: Elaboración propia.

**Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas de la laguna Huascacocha.

CUADRO 56. Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas, para estimar el valor de B, en la laguna Shopol, distrito de Bolívar, provincia de Bolívar, departamento de La Libertad.

Clasificación	Valores de B	Características							
		Biológicas	Físicas			Químicas		Mecánicas	
		Caracteres de la macroflora (musgos y fanerógamas) para aguas salmonícolas corrientes.	T° C agua	Luz (sobre el ambiente)	Color	pH	Sustancias Tóxicas	Fondo	Corriente de agua
Aguas pobres	1 a 3	Carecen de capas biológicas y están prácticamente desprovistas de vegetación fanerógama.	4 - 7	Sombreado	Barroso	0 - 6	Presentes	Inestable o Móviles (arenoso, guijarros móviles)	Rápida o bastante rápida
Aguas medias	4 a 6	Vegetación fanerogámica especialmente bien desarrollada a lo largo de las orillas y compuesta de vegetales palustres semisumergidos; los vegetales sumergidos son poco abundantes.	8-11	50%	Azulado	7	Ausentes	Medio	Media
Aguas ricas	7 a 10	Vegetación fanerogámica abundante aunque no excesiva, que se compone de especies apropiadas, en su mayor parte sumergidas y que no solo se desarrollan en la orilla sino también en el centro del curso y de los estanques.	12-15	100%	Verdoso	8 a 14	Ausentes	Estable en aguas agitadas; arcilloso-limosos en las tranquilas)	Lentas

Fuente: *Elaboración propia.*

Características Biológicas, Físicas, Químicas y Mecánicas de la laguna Shopol.



CUADRO 57. Valores de la Capacidad Biogénica de los cuerpos de agua en estudio.

N°	Recurso Hídrico	Valor de Capacidad Biogénica (B)	Clasificación de las aguas
1	Laguna Culluna	6.37	Aguas medias
2	Laguna Huascacocha	7.13	Aguas ricas
3	Laguna Shopol	6.40	Aguas medias

9.2. Capacidad de Carga (K).

En el Cuadro 58, se observan los valores de la Capacidad de Carga, obteniendo el mayor valor la laguna Culluna con 2,447.89 Kg y el menor valor lo presenta la laguna Shopol con 1.906.56 Kg.

CUADRO 58. Capacidad de Carga (K) de los cuerpos de agua en estudio.

N°	Recurso Hídrico	Capacidad Biogénica (B)	Coefficiente de Productividad (k)	Capacidad de Carga (K) Kg
1	Laguna Culluna	6.37	1.370	2,447.89
2	Laguna Huascacocha	7.13	1.120	2,410.05
3	Laguna Shopol	6.40	1.125	1,906.56

V DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

El Perú cuenta con importantes recursos hídricos. Posee alrededor de 12,200 lagos y lagunas en la sierra, más de 1,007 ríos que tienen una disponibilidad media de 2'046,000 m³ concentrados principalmente en la vertiente amazónica (INRENA, 1996).

En La Libertad, se estima en la existencia de 246 lagunas (ONERN, 1976) ubicadas principalmente en la sierra liberteña, la mayoría en Pataz, Bolívar y Santiago de Chuco

Hidrográficamente los cuerpos de agua en estudio se encuentran ubicados en la cuenca del río Marañón; así las lagunas Culluna y Huascacocha, que se encuentran en la provincia de Pataz, se incluyen en la unidad hidrográfica o subcuenca 49899 Intercuenca Alto Marañón V y la laguna Shopol que se encuentra en la provincia de Bolívar, se incluye en la unidad hidrográfica o subcuenca 49897 Intercuenca Alto Marañón IV (ANA, 2015).

La batimetría es necesaria para la descripción de los principales parámetros morfométricos (Benjumea Hoyos et al., 2010). En el caso de ecosistemas lénticos, la morfometría comprende el conjunto de métodos para medir las dimensiones físicas de un sistema (Roldán y Ramírez, 2008). Idealmente, la caracterización morfométrica de un cuerpo de agua debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas (Guiral y Pérez, 1980; Rico et al., 1995; Montoya Moreno, 2005). Uno de los principios limnológicos más antiguos es que la morfometría de la cuenca influye en el metabolismo de lagunas. Diferentes estudios han demostrado que ciertos procesos limnológicos y la distribución de parámetros físicos, biológicos y químicos están ligados directa o indirectamente a la morfometría y al periodo de retención de agua de este tipo de cuerpos de agua (Montoya Moreno, 2005; Roldán y Ramírez, 2008). Hakanson (2005) asegura que la forma y el tamaño de los lagos regulan procesos de transporte en general, lo cual justifica el estudio de estos cuerpos de agua.

En consecuencia, la determinación de los diferentes parámetros morfométricos de las lagunas, es esencial para la gestión de los recursos acuáticos y los ecosistemas limnéticos (Rodríguez et al., 2018).

El área (y también el perímetro y la forma del contorno) pueden variar en función del nivel de la superficie del lago o laguna. El área es la variable más utilizada comúnmente en limnología y en geografía para referirse al tamaño de un lago o laguna. Según Catalán et al. (1994), el área se usa para estimar diversos factores internos de escala: profundidad media, desarrollo de costa, profundidad de la termoclina, intensidad de los procesos litorales (Armengol y Ferrer, 1992).

El tamaño del lago o laguna se mide a través de la superficie de su lámina. En virtud de todo ello sólo tiene sentido el establecimiento de dos grupos: lagos o lagunas de extensión igual o superior a 0.5 Km² (grandes) e inferior (pequeños) (CEDEX, 2000).

Así tenemos que para el presente estudio la laguna Culluna presenta un Área Superficial (A) de 28.05 Ha o 0.2805 Km² (Cuadro 14), la laguna Huascacocha un Área Superficial de 30.18 Ha o 0.3018 Km² (Cuadro 15) y la laguna Shopol un Área Superficial de 26.48 Ha o 0.2648 Km², considerándose como cuerpos de agua pequeños.

Las tres lagunas estudiadas se consideran como sistemas profundos al exhibir valores de Profundidad Máxima ($D_m > 10$ m) (Montoya, 2005), así se puede observar en los Cuadros 14, 15 y 16 para la laguna Culluna $D_m = 28.98$ m, laguna Huascacocha $D_m = 30.29$ m y laguna Shopol $D_m = 25.793$ m. De igual modo presentan valores de Longitud Máxima (L_{max}) relativamente altos, siendo 1,121.813 m, 1,288.19 m y 1,230.54 m respectivamente. Por lo que estos cuerpos de agua tienen más forma alargada que circular (Figuras 38, 39 y 40). Al analizar los valores de Anchura Máxima (B_{max}), se aprecia que con respecto a la Longitud Máxima (L_{max}), se encuentra en una relación de 4:1, comprobando así la forma alargada de las lagunas en estudio.

El parámetro o medida que corrobora la forma alargada de las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, es el Índice de Desarrollo de Costa (F), pues si este presenta un valor de 1 o aproximado quiere decir que el sistema es o tiende a ser de forma circular (Benjumea et al., 2008), en este caso los valores del índice de Desarrollo de Costa fueron para la laguna Culluna $F = 1.43$, laguna Huascacocha $F = 1.59$ y laguna Shopol $F = 1.57$, lo que indica una mayor extensión de la margen y mayores posibilidades para el desarrollo de comunidades bénticas y de una zona litoral amplia. Además muchos autores asocian este parámetro con la entrada de nutrientes al sistema, pues el ingreso de estos está muy asociado con el perímetro del cuerpo de agua.

Se suele considerar que la variable de tamaño más importante en la limnología de un lago es su profundidad media; según Rawson (1939; 1952; 1955) la profundidad media influye en la productividad, al determinar qué parte del volumen del lago queda dentro de la zona fotosintética. Se la considera el mejor indicador de las condiciones morfométricas, mostrando una clara correlación inversa respecto a la productividad en todos los niveles tróficos de los lagos grandes, aunque esta relación pierde valor en los lagos pequeños (Wetzel, 1975), de modo que en éstos hay que buscar otros factores que determinen la productividad (Del Castillo, 1992).

La Laguna Culluna presenta una Profundidad Media (D) de 12.21 m, la laguna Huascacocha una Profundidad Media (D) de 13.0 m y la laguna Shopol de 12.99 m (Cuadros 14, 15 y 16); para todos los casos los valores de este parámetro morfométrico son inferiores a los valores de la Profundidad Mediana (D_{50}) que son de 22.379 m para el primer cuerpo de agua, 27.874 m para el segundo cuerpo de agua y de 17.669 m para el último cuerpo de agua en mención (Cuadros 14, 15 y 16), lo cual es característico de los lagos o lagunas con curvas hipsográficas relativas cóncavas (Hakanson, 1981), como es el caso de la laguna Shopol, cuya forma en relación al Desarrollo del Volumen (V_d) es Cóncava (Cuadro 16). La diferencia entre los valores de la Profundidad Media (D) y de la Profundidad Mediana (D_{50}), implica que el volumen de estas lagunas no se distribuye uniformemente, ya que se concentra la mayor parte en las primeras capas, pudiendo considerarse ecológicamente profundos (Montoya, 2005).

La Profundidad Relativa (D_r) expresa la profundidad máxima como un porcentaje del diámetro promedio de la superficie de un lago y dado que la capacidad del viento para provocar la mezcla varía en función de estos parámetros, la profundidad relativa se considera un indicador de la estabilidad de la columna de agua (Esteves, 1998). Así, Wetzel (2001) señala que la mayoría de los lagos tienen una D_r de menos del 2%, mientras que los profundos y de superficie pequeña exhiben mayor estabilidad y tienen generalmente valores de D_r , de más de 4%. De acuerdo con lo anterior, los valores obtenidos para la laguna Culluna ($D_r = 4.84$ %), laguna Huascacocha ($D_r = 8.66$ %) y

laguna Shopol ($D_r = 4.43 \%$), indican que presentan estabilidad térmica y que la masa de agua contenida en las cubetas es estable (Sperling, 1994).

El Índice de Desarrollo del Volumen (V_d) es una medida que ilustra la forma de la cubeta de la laguna, en el caso de la laguna Culluna arrojó un resultado de $V_d = 1.26$, para la laguna Huascacocha $V_d = 1.29$ y para la laguna Shopol $V_d = 1.51$ (Cuadros 14, 15 y 16), estos valores se alejan de la unidad (resultado típico para lagos en forma de V), por lo tanto las lagunas en estudio tienen una forma de cubeta más aproximada a la de la letra U, valor típico para la mayoría de lagos del mundo (Sperling, 1999). Esta conformación del fondo (forma de U) ofrece una idea de la «juventud» o «vejez» del sistema, pues a medida que este evoluciona el índice de desarrollo del volumen aumenta por la acumulación de sedimentos en su fondo; transformándose de una forma cónica o en V para lagos “jóvenes” a una conformación del fondo en U para lagos más evolucionados o “viejos”.

Los Valores calculados para el Primer Cuartil de Profundidad D_{25} , Profundidad Mediana D_{50} y Tercer Cuartil de Profundidad D_{75} , fueron para la laguna Culluna $D_{25} = 27.422$ m, $D_{50} = 22.379$ m, $D_{75} = 22.204$ m; para la laguna Huascacocha $D_{25} = 13.651$ m, $D_{50} = 27.874$ m, $D_{75} = 30.299$ m y para la laguna Shopol $D_{25} = 25.753$ m, $D_{50} = 17.669$ m, $D_{75} = 18.099$ m. De acuerdo con la definición el 50 % del área de las lagunas mencionadas deben estar por debajo del D_{50} y el restante 50 % por encima. Además por ser las lagunas en estudio sistemas con forma cóncava, su profundidad media debería ser menor a la profundidad mediana, aspecto que se evidencia en los sistemas estudiados.

Respecto a los valores de temperatura atmosférica variaron entre 6.8 y 17.0 °C (Cuadros 17, 18 y 19), registrándose el valor más bajo en la laguna Huascacocha a las 6:48 am; mientras que el valor más alto se registró en la laguna Culluna a las 1:10 pm; en general las más bajas temperaturas se registraron en horas de la tarde y más altas en horas de la mañana en el caso de las lagunas Culluna y Shopol, ya que en estas lagunas se inició el muestreo a partir de las 10 de la mañana, mientras que en la laguna Huascacocha las temperaturas más bajas se encontraron en horas de la mañana y las más altas en horas de la tarde, lo que concuerda con lo mencionado por SENAMHI (2,015) quienes mencionan que durante el día el sol puede calentar hasta 24 °C y en la noches pueden bajar hasta los -3 °C; también se debe a que las tres lagunas se encuentran en el piso altitudinal SUNI ubicado a más de los 3,500 a 4,100 msnm tal como lo señala KUN (2,014) en GUADIANOS, indicando que es la región donde se inicia las heladas.

En cuanto a la nubosidad y cobertura en las tres lagunas predominaron nubes de tipo cúmulos y cielos que cambian parcialmente de nublados a nublados parciales; lo que sugiere que existe variabilidad en el régimen de este factor en las zonas donde se ubican las tres lagunas estudiadas; situación similar encontró Abanto (2,015), en las lagunas Culluna y Huascacocha durante el 2,015 y SENAMHI (2,015), donde menciona que la sierra tiene dos estaciones: el verano que empieza en abril hasta octubre con cielos despejados y secos y en noviembre a marzo los días son más nublados y lluviosos en invierno.

La dirección del viento en las tres lagunas estudiadas tuvo una tendencia hacia las direcciones Noreste y Este, mientras que la velocidad del viento fluctuó entre 1 y 9.7 Km/h (Cuadros 17, 18 y 19).

Las Características físicas – químicas de las lagunas estudiadas, respecto a los valores de pH indicaron aguas ácidas en algunas estaciones de muestreo así como de aguas con pH neutro. Los valores del pH ácido se encontraron cerca a la orilla, donde la fermentación de la materia orgánica vegetal (turba) se encuentran en un estado de fermentación constante que no llega a descomponerse por las bajas temperaturas y escaso oxígeno, formando un ambiente naturalmente ácido. Por otro lado, el tipo de roca y suelo también influye en el pH del agua, con valores neutros (pH 7.00). En las tres lagunas, los valores de pH son compatibles para su uso ya sea para consumo humano, como para el desarrollo de actividades acuícolas.

Por otro lado, sobre la conductividad y los sólidos disueltos en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, presentaron valores bajos, lo que nos indicaría que puede deberse al tipo de roca y sustrato, en este caso de origen granítico, un material que no se ioniza y a los niveles bajos de sales solubles en estas lagunas.

El oxígeno disuelto, en todos los tres sitios de muestreo se reportaron valores por sobre los 7.00 mg/L, que se correlacionan con las bajas temperaturas del agua y la productividad tanto del fitoplancton como de las macrófitas circundantes.

La biodiversidad acuática en las tres lagunas, respecto a la comunidad planctónica, el fitoplancton estuvo representado en las tres lagunas por 9 clases y hasta por 23 familias en la laguna Culluna y hasta 34 especies en las lagunas Culluna y Shopol, sobresaliendo las bacillariophyta, charophyta y chlorophyta. Las lagunas constituyen un hábitat donde estas comunidades pueden desarrollarse de forma natural. Algunas especies del género como *Oscillatoria* y *Nitzschia* son indicadores de contaminación a niveles muy bajos que no pueden detectarse por métodos convencionales, mientras que *Stigonema* es común encontrarle en aguas ácidas.

El perifiton estuvo representado por hasta por 36 especies comprendidas en 28 familias en la laguna Shopol, sobresaliendo diatomeas (bacillariophyta), siendo de importancia como bioindicadores para la aplicación de índices de calidad ambiental. Respecto al zooplancton, se registraron hasta 16 especies distribuidos en 10 familias, sobresaliendo los Daphnifae y Chydoridae. Así tenemos a *Centropyxis* sp y *Euglypha* sp., *Daphnia* sp y *Chydorus* sp.

Por otro lado, en la comunidad bentónica se reportan 7 familias, sobresaliendo los crustáceos anfípodos del género *Hyalella* y los bivalvos del género *Psidium*, siendo los más abundantes en las lagunas Culluna y Huascacocha.

Finalmente, respecto a la calidad del agua, las tres lagunas evaluadas, en base a las características físico –químicas, cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (DS N°004-2017-MINAM), para las Categorías de (1) Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, (2) Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, para la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas. Asimismo, empleando bioindicadores como las diatomeas del perifiton y los macroinvertebrados acuáticos, se encontró que la calidad del agua es moderada, siendo consistente con los resultados ya descritos en secciones anteriores.

Manejando sistematizadamente el estudio de las lagunas Culluna y Huascacocha (ambas en el distrito Tayabamba, provincia Pataz, departamento La Libertad) y Shopol (distrito Bolívar, provincia Bolívar, departamento La Libertad) se propone el uso acuícola en estas 3 lagunas; de las cuales se han registrados datos e informaciones, de factores físicos, químicos y biológicos, que tienen relación directa con el desarrollo y crecimiento de la especie "Trucha arcoíris" *Oncorhynchus mykiss*, en cautiverio.

Los datos de los referidos parámetros registrados para las lagunas de Culluna, Huascacocha y Shopol, tienen coherencia, con los que señalan las siguientes fuentes bibliográficas, para la especie propuesta para uso acuícola:

CEDEP (2,009) reporta los siguientes parámetros para la crianza de la trucha: Temperatura del agua : 10 - 16°C; Oxígeno Disuelto: 6,5 - 9 ppm; pH: 6,5 - 8,5; CO₂: < 7 ppm; Alcalinidad: 20 - 200 mg/L CaCO₃; Dureza: 60 - 300 mg/L CaCO₃; NH₃: No mayor de 0,02 mg/L; H₂S: Máximo aceptado de 0,002 mg/L; Nitratos: No mayor de 100 mg/L; Nitritos: No mayor de 0,055 mg/L; Nitrógeno amoniacal: No mayor de 0,012 mg/L; Fosfatos: Mayores de 500 mg/L; Sulfatos: Mayor de 45 mg/L.

Torres, J. (2,007) señala los siguientes parámetros para la crianza de la trucha: Temperatura: 9-11°C para reproducción y 11-15°C para crecimiento y engorde; Turbidez: < 400 mg/L; Color: Aguas claras; Oxígeno disuelto: Óptimo 6,5 - 10 ppm; Anhídrido carbónico: 0,05 ppm; pH: Óptimo: 6,5 - 8,5 Tolerable: 6,0 - 9,0; Alcalinidad: 20 - 200 ppm; Dureza: 60 - 300 ppm; Amoniac: < 0,0; Ácido sulfhídrico < 0,0002 ppm; Nitrito: 0,055 ppm; Nitrito: < 45 ppm.

Si bien es cierto los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua nos indican que las 3 lagunas tienen un potencial o aptitud acuícola, hay que tener en cuenta el riesgo de utilizarlas con esta finalidad, ya que a mediano o largo plazo podría presentarse el proceso de eutrofización, el mismo que es provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad antropogénica. Esto podría darse debido a que la actividad de acuicultura produciría un mayor aporte de nutrientes en las lagunas debido a los alimentos balanceados peletizados utilizados para engordar a las truchas, los cuales sumados a los desechos fecales constituyen un importante aporte de materia orgánica al ecosistema de las lagunas. El exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia.

Hay que considerar que la eutrofización afecta a la calidad de las aguas ya que al aumentar la podredumbre y agotarse el oxígeno, las aguas adquieren un olor nauseabundo. El olor de estas aguas puede ocasionar pérdidas económicas (turismo, áreas que pierden valor), y su consumo podría ocasionar problemas sanitarios a las personas de la zona, sobre todo en aquellas poblaciones que utilizan las aguas de las lagunas Huascacocha y Shopol para su consumo. Incluso podría afectar a la producción piscícola (extracción) en cada laguna.

Buschmann (2,001) menciona que la piscicultura intensiva puede tener un impacto negativo sobre el ecosistema lagunar, entre otras cosas por la acumulación de materia orgánica sobre los fondos, procedente de las excretas, materia orgánica muerta y la fracción de alimento no consumido. Cornell & Whoriskey (1993) señala que el aumento

de materia orgánica en los fondos produce hipoxia y anoxia que conlleva a la disminución de la diversidad de las especies bentónicas y la predominancia de otras más tolerantes.

Asimismo, Buschmann & Fortt (2005) señalan que en el caso del cultivo de salmones, alrededor de un 75% del nitrógeno, fósforo y carbono que ingresa al sistema como alimento, se pierde como alimento no ingerido, fecas y otros productos de excreción. Solo un 25% se convierte en carne para comercio. El fósforo se acumula principalmente en los sedimentos que se encuentran bajo las jaulas de cultivo, por lo que resulta un buen indicador de contaminación.

Tacon & Cruz (1998), Kiang (1999) y Buschmann (2001) reportan la acumulación en los sedimentos bajo jaulas de cultivo intensivo, la presencia de los alimentos balanceados peletizados, atribuyendo sus características de rápido hundimiento, poca compactación y menor digestibilidad, representando un riesgo importante en el desarrollo de la acuicultura.

Por este motivo de implementarse la actividad acuícola en estas lagunas esta debe ser supervisada y gestionada con delicadeza, desarrollando incluso programas permanentes de monitoreo ambiental.

La capacidad biogénica es el valor nutritivo del agua para un pez (Ichiodo, 1998), asimismo esta se refiere a la disponibilidad o posibilidad de suministro, de alimento de un curso de agua. La capacidad biogénica que posee en un momento dado un agua determinada se llama capacidad biogénica actual y la capacidad biogénica potencial es la que se podría tener un curso de agua si se dieran las mejores condiciones físicas y mecánicas (Diccionario Forestal - Sociedad Española de Ciencias Forestales).

El método Leguer y Huet, se puede aplicar para todo tipo de peces, este método desarrollado sin bien es cierto da valores aproximativos es útil si se tiene en cuenta que es rápido y barato, de hecho su mérito principal es que empuja a la observación de un ambiente para percibir sus características y definirlo como pobre, moderado o productivo (Cuadros 54, 55 y 56), este método se utiliza sobre todo para la evaluación de lagunas que van a ser manejadas con trucha.

En ese sentido, a partir de la capacidad biogénica, se ha calculado la Capacidad de Carga (K) de los cuerpos de agua en estudio (Cuadro 58), alcanzando para la laguna Culluna 2,447.89 Kg, laguna Huascacocha 2,410.05 Kg y laguna Shopol 1,906.56 Kg, esto orientado para actividades de repoblamiento de peces, sin embargo en base a dicha capacidad se observa el gran potencial del recurso hídrico para las condiciones de cultivo a nivel semiintensivo.

VI CONCLUSIONES

VI.

CONCLUSIONES

- Los resultados de la evaluación de la calidad del agua de las lagunas Huascacocha, Colluna y Shopol cumplen con los estándares de calidad ambiental (DS N°004-2017-MINAM) y con el Andean Biological Index (ABI), y por lo tanto, son aptas para ser potabilizadas para su uso directo así como para su uso en actividades acuícolas.
- Los valores de los parámetros físicos y químicos determinados para las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, se encuentran dentro de los rangos requeridos para la crianza de la especie **Oncorhynchus mykiss** “trucha arco iris”.
- Limnológicamente las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol muestran condiciones adecuadas para la producción extensiva o semiintensiva de la especie **Oncorhynchus mykiss** “trucha arco iris”.
- El área superficial (A) de la laguna Culluna es de 28.05 Ha, de la laguna Huascacocha es de 30.18 Ha y de la laguna Shopol es de 26.48 Ha.
- La profundidad máxima (D_{max}) de la laguna Culluna es de 28.98 m, de la laguna Huascacocha es de 30.29 m y de la laguna Shopol es de 25.793 m.
- La Capacidad de Carga (K) para la laguna Culluna 2,447.89 Kg, laguna Huascacocha 2,410.05 Kg y laguna Shopol 1,906.56 Kg, esto orientado para actividades de repoblamiento de peces.
- En las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, si es viable la instalación de jaulas flotantes para la crianza de la especie **Oncorhynchus mykiss** “trucha arco iris” en forma semiintensiva y los lugares propicios son aquellos que tienen una profundidad entre 15 m a 20 m.
- Indirectamente las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, pueden ser utilizadas en la acuicultura a través de estanques, cotas abajo, pudiendo instalarse salas de reincubación de ovas embrionadas de **Oncorhynchus mykiss** “trucha arco iris”.
- La actividad acuícola a desarrollar en las lagunas en estudio, debe ser supervisada y gestionada con delicadeza, desarrollando incluso programas permanentes de monitoreo ambiental, esto principalmente para menguar un proceso probable de eutrofización, sobretodo en las lagunas Huascacocha y Shopol, cuyas aguas son utilizadas para consumo de la población de Tayabamba y fundo Chomenate respectivamente.

VII RECOMENDACIONES

VII. RECOMENDACIONES

- Que los levantamientos topográficos-batimétricos a ejecutar en un futuro, sean referenciados a los puntos geodésicos definidos. Esto permitirá que todos los trabajos a realizarse puedan ser comprobados y confrontados, así como se pueda registrar una data histórica de comportamiento del volumen útil y máximo de cuerpos lenticos como las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol.
- Gestionar presupuesto para elaboración de Estudios de Pre Inversión (Ficha o Perfil de Proyecto) y de Inversión (Expediente Técnico) de Proyecto Acuícola en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, para posteriormente se financie su ejecución.
- Gestionar ante la Institución Estatal que corresponda, la conformación de Comités de Vigilancia para las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, como medida de protección de los recursos hidrobiológicos existentes en los mencionados cuerpos de agua.
- Realizar acciones de difusión y concientización, dirigidas a pobladores de las zonas aledañas a los cuerpos de agua en estudio, sobre la actividad productiva de acuicultura.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua-ANA, 2018. Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales. 59 p.
- Autoridad Nacional del Agua-ANA, 2009. Demarcación y delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua. 33 p.
- Autoridad Nacional del Agua-ANA, 2015. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca del Maraón. Resumen Ejecutivo. 59 p.
- Autoridad Nacional del Agua-ANA, 2015. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca del Maraón. Informe Final. 629 p.
- Benjumea, C. A., 2005. Evaluación de la estratificación térmica y su relación con la calidad del agua en la ciénaga Cachimbero, municipio de Cimitarra, Santander. Memoria de Tesis. Universidad de Antioquia. 154 P.
- Benjumea, C. A., 2008. Principales aspectos morfométricos de la Ciénaga de Cachimbero, Santander-Colombia. Gestión y Ambiente. 12 p.
- Benites, K. 2016. Características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Perú). Universidad Nacional del Santa, Chimbote-Perú.
- Buschmann A.H. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el Mundo. Registro de Problemas Públicos N°4. Terram Publicaciones. 67 pp.
- Buschmann A.H. & A. Fortt. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable Revista Ambiente y Desarrollo 21(3): 58-64.
- Cedep (2009). Manual de crianza de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Ragash - Perú. pp. 25.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. 2004. Caracterización de los tipos de ríos y lagos. Ministerio de Fomento, Madrid. 100 p.
- Cornell G.E. & F.G. Whoriskey. 1993. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. Aquaculture 109: 101-117.
- Forneron, F. 2010. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina) (pp. 11-30). Huellas N° 14.
- Håkanson, L., 1981. A manual on lake morphometry. Springer Verlag. Berlin. 78 P.
- Hutchinson, G. E., 1957. A treatise on limnology, vol I .Geography, physics and chemistry. Wiley, New York. 1015 P.

- Kiang J.K. 1999. The principles of extruding fishfeeds, *Feed Tech* 3(6): 48-49.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona, España: Omega.
- Montoya M, Y., 2005. Caracterización morfométrica básica de tres lagos someros en el municipio de el Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*. Vol. 27: pp 7986.
- Quirós. R., 2004. Sobre la Morfología de las Lagunas Pampeanas. Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Documento No 3, 16 P.
- Rawson, D. S., 1939. Some physical and chemical factors in the metabolism of lakes. In: E.R Moulton (Ed.) *Problems of lake biology*. Pub. 10, A.A.A.S., Washington, D.C. pp. 926.
- Rawson, D. S., 1952. Mean depth and the fish production of large lakes. *Ecology*, Vol. 33: pp 515-521.
- Rawson, D. S., 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol*. Vol. 12: pp 164-175.
- Reyes, F, 2018. Batimetría y Análisis Morfométrico del lago de Atitlán (Guatemala). *Revista Científica* | Vol.27 No. 2 | Año 2018 | ISSN 2070-824
- RINGUELET, R. (1972). "Ecología y biocenología del hábitat lagunar o lago del tercer orden de la región neotropical templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina)". *Physis* 31 (82): 55-76.
- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquia, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Tacon, A., E. Cruz. 1999. Gestión de la Acuicultura, Alimentación y Nutrición. En: *Acuicultura Sostenible: Desarrollo y Comercio*. Lima, Perú, 9-11 Junio, 1999. 36pp.
- Torres, J. (2007). *Diseño e Implementación de un Instrumento de Medición de pH para la crianza de Truchas*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Tesis. Lima-Perú. pp.102
- Wetzel, R. G., 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, 744 P. Wetzel, R. G., 1981. *Limnology: lake and river ecosystems*. 3a Ed. Academic Press. San Diego, California. 1006 P.

ANEXOS

1) PANEL FOTOGRÁFICO

LAGUNA CULLUNA



Figura 1. Línea de orilla de la laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 2. Trabajos de morfometría de la laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad



Figura 3. Toma de muestras y análisis "in situ" del agua para determinar parámetros químicos. Laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 4. Coordinación con miembros de las rondas campesinas del CC.PP. Ucchupampa. Laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 5. Socialización del Estudio a miembros de las rondas campesinas del CC.PP. Uchupampa. Laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 6. Rotulado de muestras tomadas de la Laguna Culluna, Tayabamba, Pataz, La Libertad.

LAGUNA HUASCACOCHA



Figura 7. Vista panorámica de la Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 8. Vista lateral de la Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 9. Letrero que identifica a la Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 10. Equipo de estación total utilizado en levantamiento topográfico-Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 11. Muestreo de plancton-Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.

Figura 12. Muestreo de macroinvertebrados-Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.





Figura 13. Lectura de pH-Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.

Figura 14. Filtración de agua para posterior análisis de fitoplancton-Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



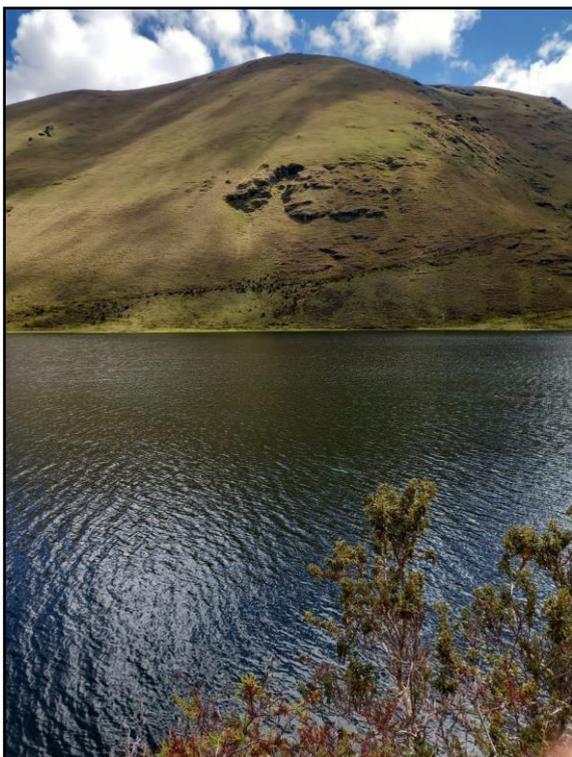


Figura 15. Detalle de la Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



Figura 16. Socialización del Estudio a pobladores del Anexo Alborada de los Andes- Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.

LAGUNA SHOPOL



Figura 17. Toma de muestras de agua, utilizando bote inflable, en la Laguna Shopol, Bolívar, La Libertad.



Figura 18. Laguna Shopol, Bolívar, La Libertad.



Figura 19. Toma de muestras de agua, utilizando desde la orilla, en la Laguna Shopol, Bolívar, La Libertad.

Figura 20. Recolección de muestras de agua, utilizando desde la orilla, en la Laguna Shopol, Bolívar, La Libertad.



**2) RESULTADOS DE ANÁLISIS
EN LABORATORIO
(Se anexa en archivos
digitales)**

3) PLANOS
(Se anexa en archivos
digitales)