

**“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° 01
MORFOMETRÍA Y LIMNOLOGÍA**

Junio 2021

INDICE

	Página
Introducción	3
Revisión Bibliográfica	5
Material y Métodos	10
Resultados	22
Panel Fotográfico	100

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). 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 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 objetivo del presente estudio, es analizar las características morfométricas y limnológicas de las lagunas Huascacocha, Culluna en la provincia de Pataz y Shopol en la provincia de Bolívar del departamento de La Libertad y construir bases científicas elementales en la comprensión de su comportamiento hidromorfológico, a través de la información generada, permitiendo planificar actividades piscícolas, demanda de agua para consumo humano directo, entre otras alternativas.

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 eutróficos (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 o fetch 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 sondeo, 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.

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

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 ($\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D$).

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, Patatez-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 GPSMAP 188C SOUND, 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 translucido, 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)

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS 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	-
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE FORMA			
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	θ	%	-

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).

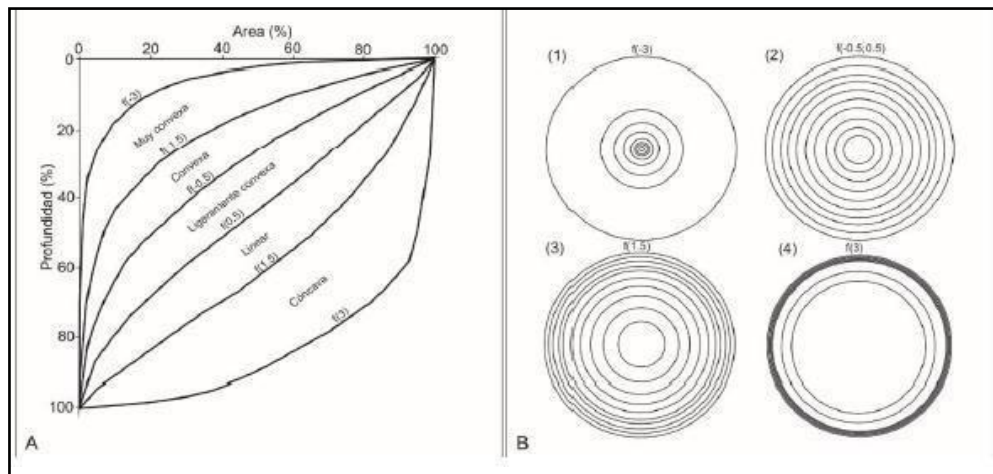


Figura 3. A) Terminología y límites de clases para la determinación de la forma de la curva hipsométrica; B) Representación esquemática de la relación entre la forma de la curva y la morfología de la cubeta (modificado de Hakanson, 1977).

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)

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, perifiton, 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.

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 5. 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, Patate 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, Yarrowilca, Lauricocha y Marañón en el departamento de Huánuco.

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 2.

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 6. 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			
		(Km²)	Nac.		(Km²)	AAA	GR			(Km²)	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 Alto Marañón I	5 129,0	6	13	100
								4988	Cuenca Cenepa	6 714,6	8	17	100
								49891	Intercuenca Alto Marañón II	6 687,5	8	17	98
								49893	Intercuenca Alto Marañón III	23,7	0	0	93
								49894	Cuenca Ulobamba	6 611,5	8	17	100
								49895	Intercuenca Alto Marañón IV	278,1	0	1	32
								49897	Intercuenca Alto Marañón V	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 Chamaya	323,5	0	1	100
								498962	Cuenca Chontali	1 161,2	1	4	100
								498963	Intercuenca Medio Bajo Chamaya	350,2	0	1	100
								498964	Cuenca Santa Cruz	353,1	0	1	100
								498965	Intercuenca Medio Chamaya	300,4	0	1	100
								498966	Cuenca Chotano	1 920,1	2	6	100
								498967	Intercuenca Medio Alto Chamaya	652,5	1	2	81
								498968	Cuenca Yerna	47,8	0	0	17
								498969	Intercuenca Alto Chamaya 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	498966	Cuenca Chotano	0,1	0	0	0
								498967	Intercuenca Medio Alto Chamaya	149,9	0	1	19
								498968	Cuenca Yerna	229,6	0	2	83
								498969	Intercuenca Alto Chamaya 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 Chamaya 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											

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

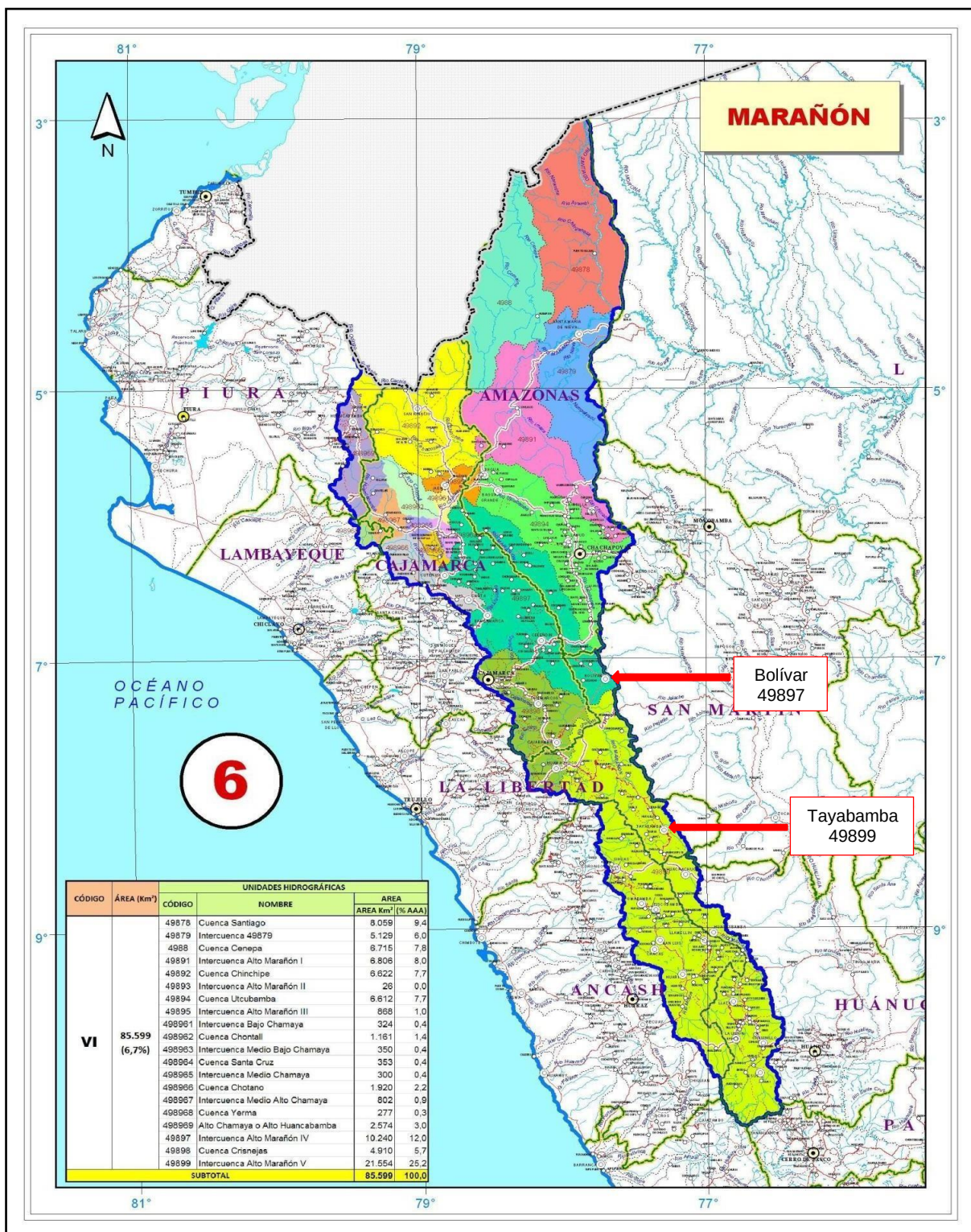


Figura 10. Unidades hidrográficas de la cuenca del río Marañón.

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 7. Lagunas en distritos de la provincia de Bolívar-La Libertad.

Distrito	Laguna
Uchumarca	- Las Quinuas - Huallabamba - Michimal - La Brava - La Cashurco
Bolívar	- Shopol - Telapsho - Yonan - Shomenate - Yanacaca - Uchuglala - Callangate
Condemarca	- Mishichilca - Quishuar - Tragaplata - Capadora - Huamantianga - El Gallo - La Puín - Caraz - Gerga - Covén
Bambamarca	- 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 Ucchupampa, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.
Fuente: Google Earth-2021



Figura 13. Laguna Culluna CC.PP Ucchupampa, 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 8. 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.

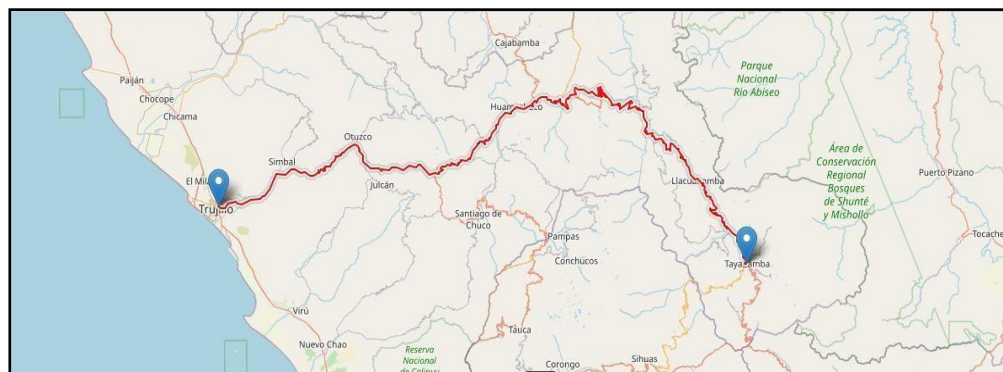


Figura 18. Ruta Trujillo-Tayabamba.

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.

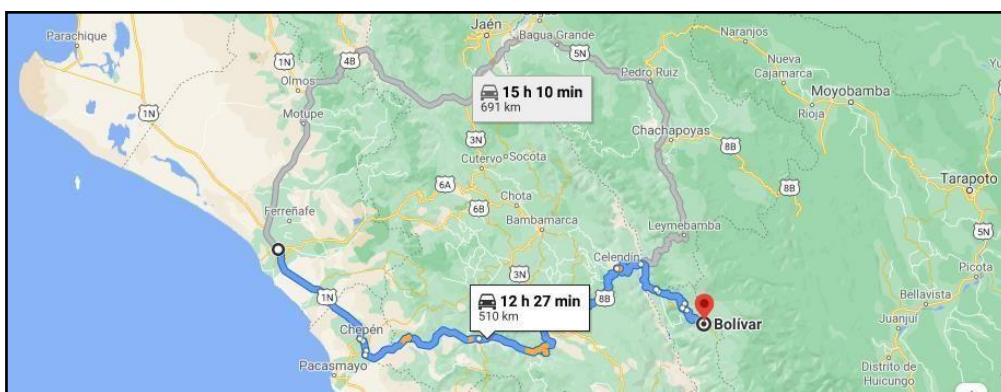


Figura 19. Ruta de acceso al distrito de Bolívar.

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).

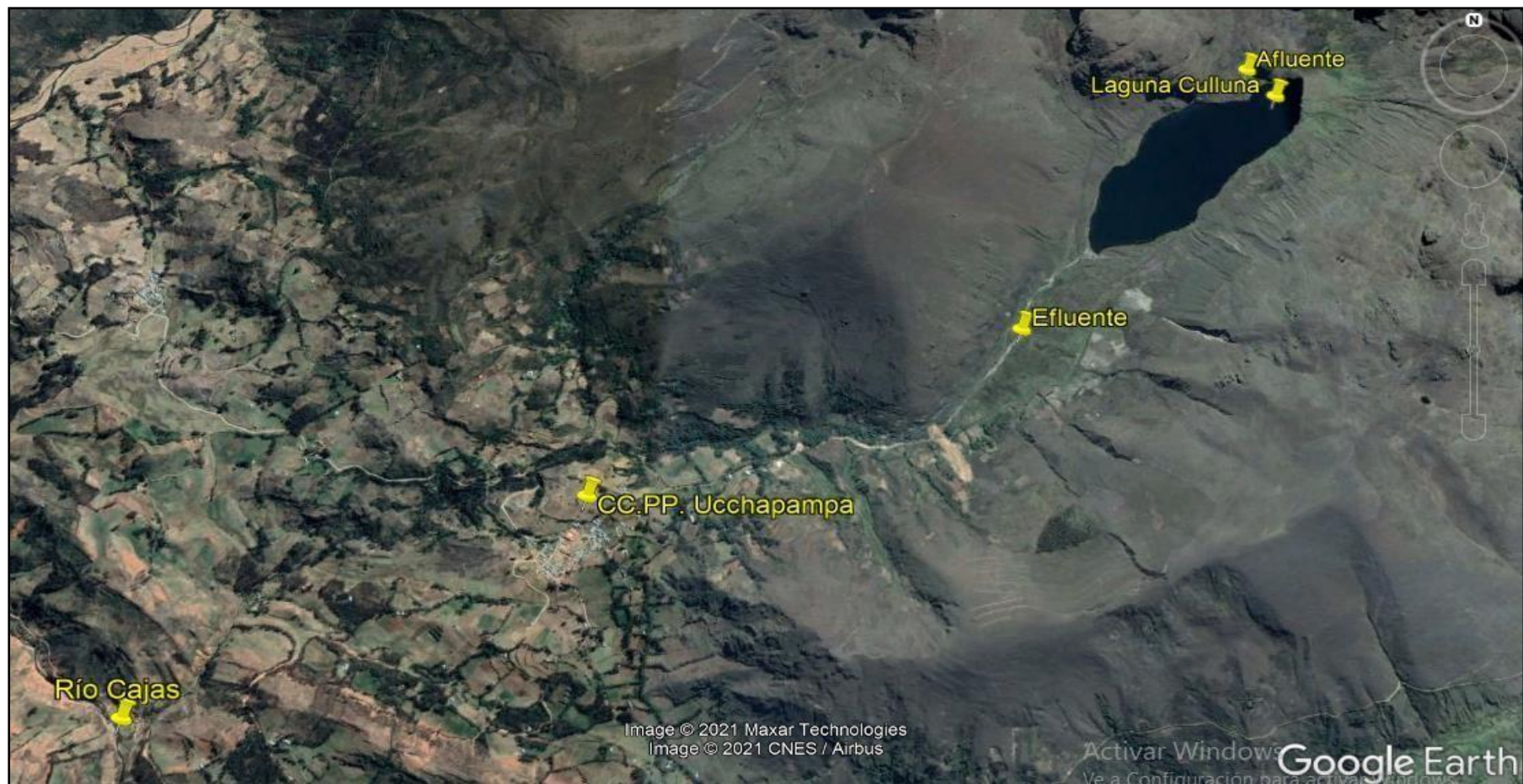


Figura 21. Imagen satelital de la Laguna Culluna con afluente y efluente.

Fuente: Google Earth-2021

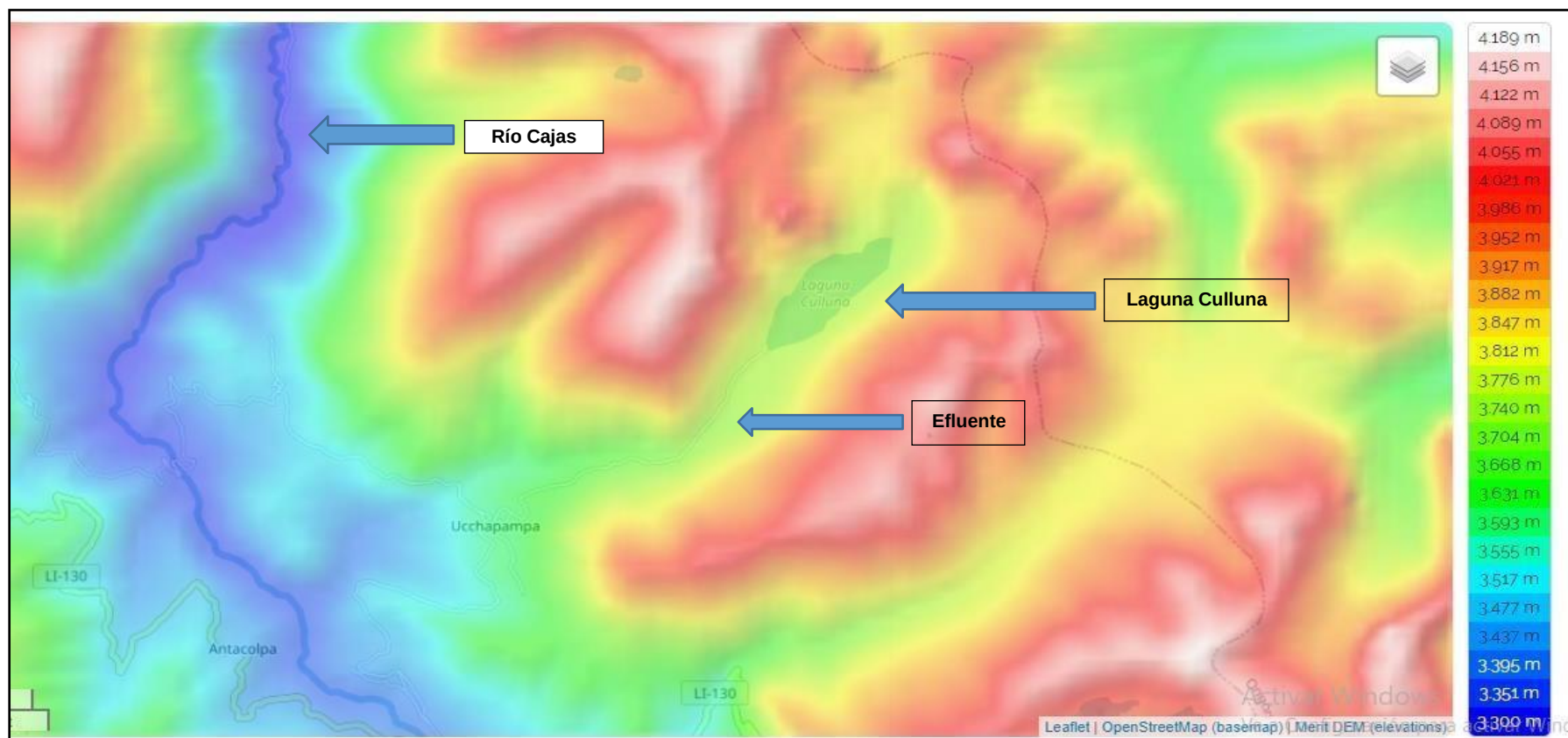


Figura 22. Laguna Culluna-Mapa de Altitudes.

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-Afluyente masa de agua estacional.



Figura 26. Laguna Huascacocha-Afluyente 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)

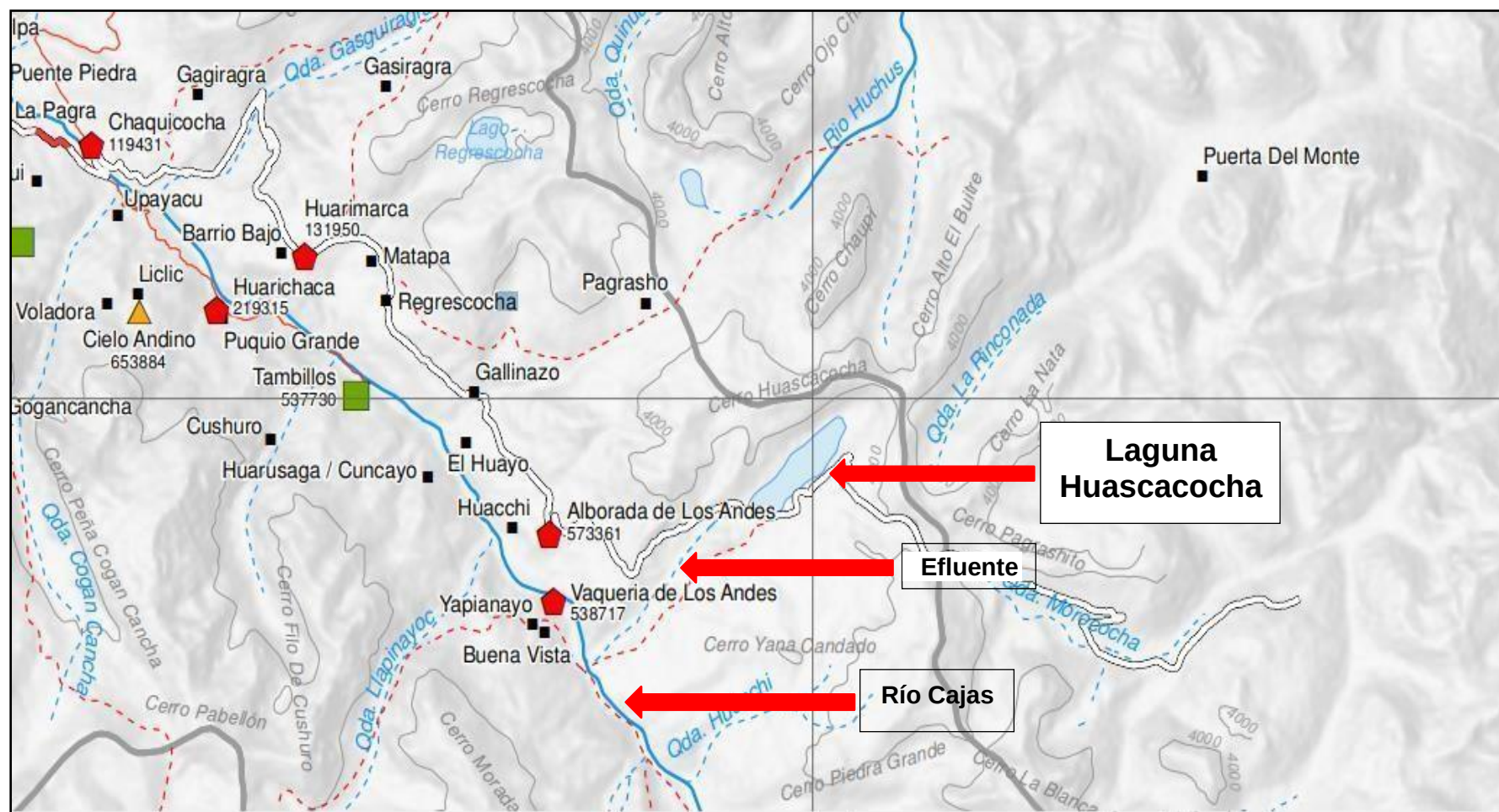


Figura 28. Ubicación de la Laguna Huascacocha y su Efluente que desemboca en el Río Cajas.

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

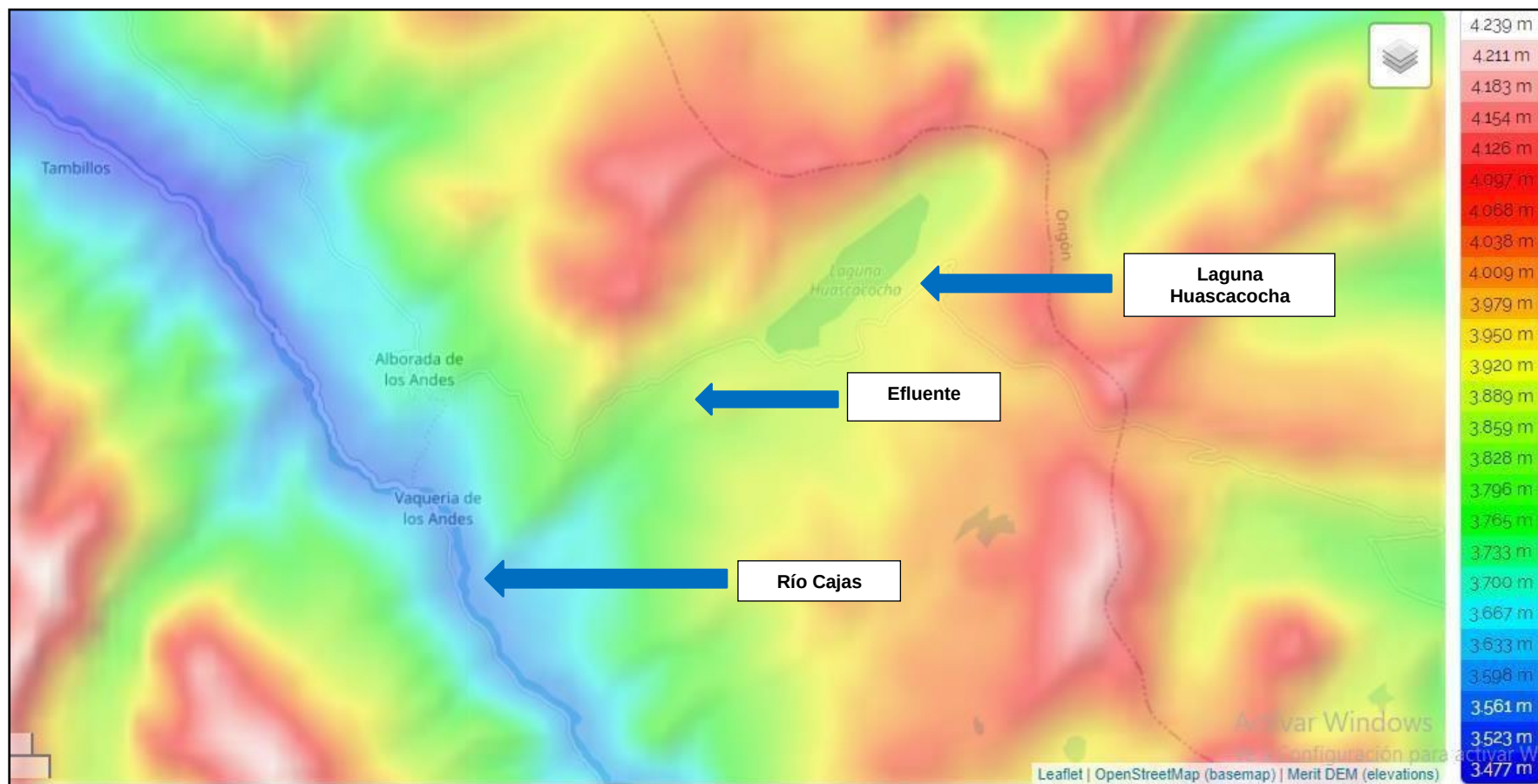


Figura 30. Laguna Huascacocha-Mapa de Altitudes.

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

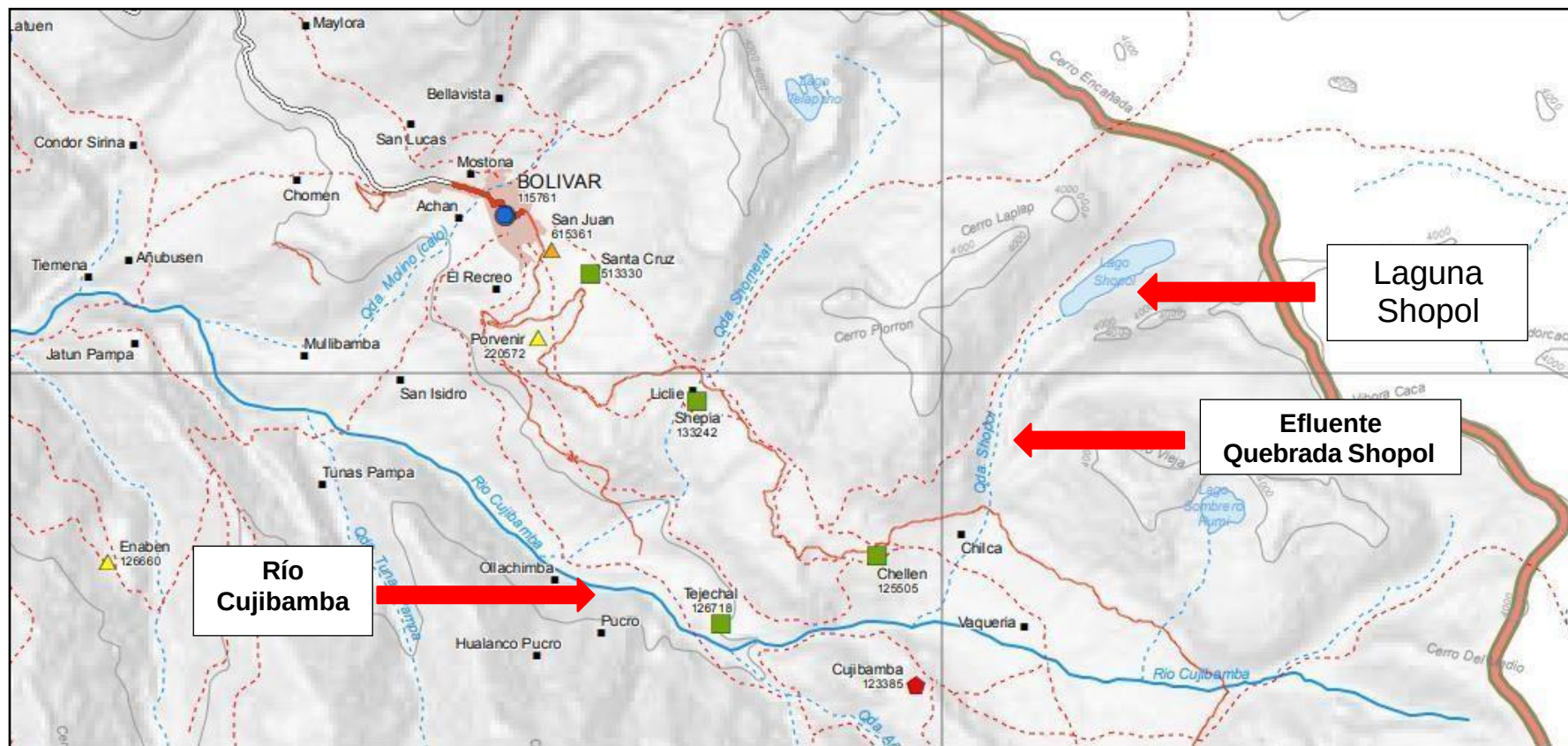


Figura 33. Ubicación de la Laguna Shopol y su Efluente Quebrada Shopol, que desemboca en el Río Cujibamba.

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

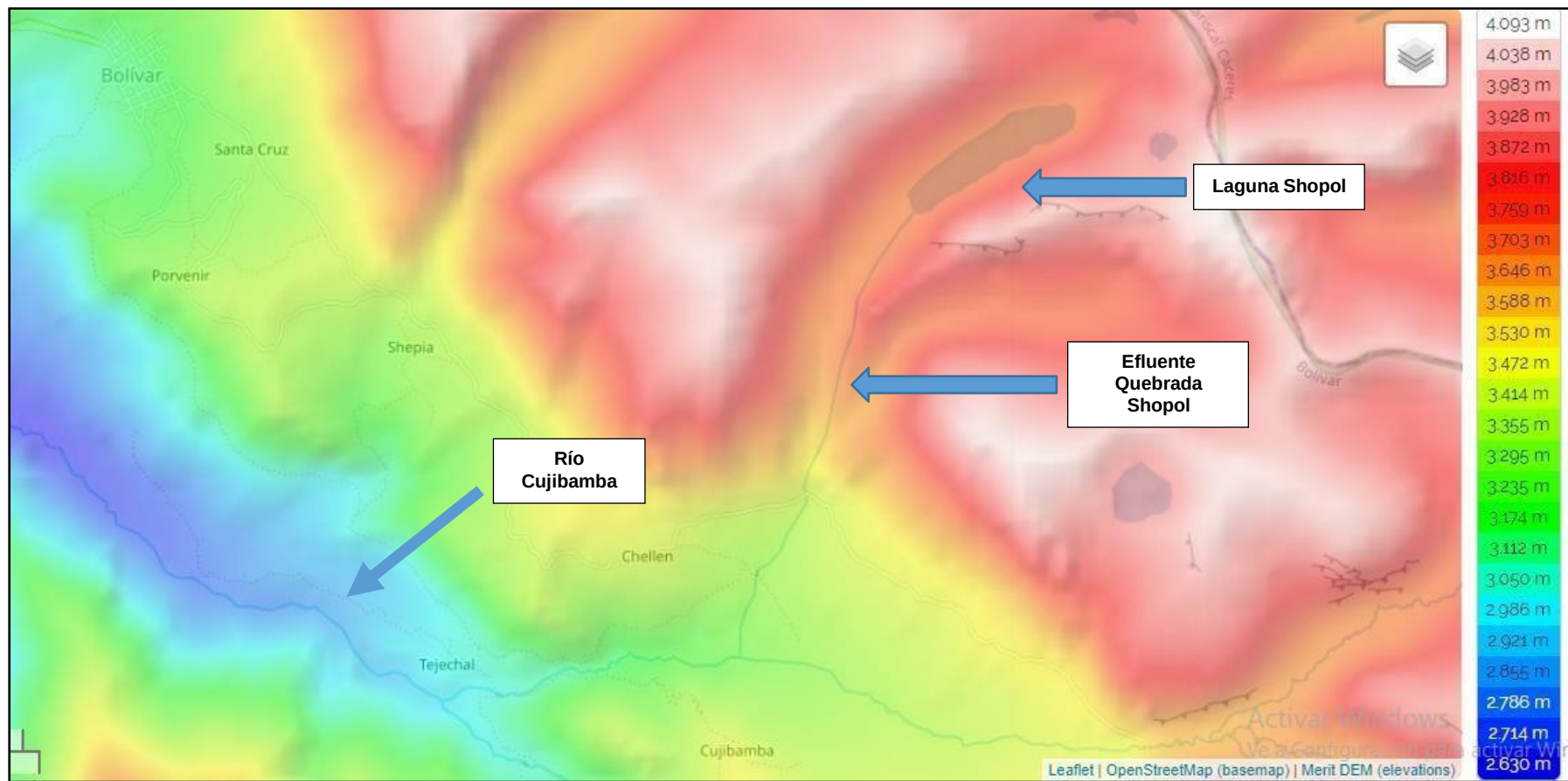


Figura 35. Laguna Shopol-Mapa de Altitudes.

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. 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.

6.1. Laguna Culluna

El Cuadro 9 muestra los valores calculados de los parámetros morfométricos.

CUADRO 9. 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 Pataz 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 cuenca		33,913.00	Ha
Área Superficial de la laguna	A	28.8524	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_o	2,611.854	m
Desarrollo de Costa	F	1.37	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,127.39	m
Anchura Máxima	B_{max}	358.99	m
Anchura Media	B	265.242	m
Profundidad Máxima	D_{max}	29.68	m
Profundidad Media	D	23.21	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	8.36	m
Profundidad Mediana	D_{50}	6.12	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	29.68	m
Profundidad Relativa	D_r	4.89	%
Pendiente Media	$\downarrow$	2.85	%
Volumen	V_p	6'696,648.19	m ³
Desarrollo del Volumen	V_d	1.88	Adimensional
Forma de la laguna	Subcircular		

Fuente: Elaboración propia.

Área superficial (A)

La laguna Culluna 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 28.8524 Ha.

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 1,127.39 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna.

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 358.99 m.

Longitud de línea de costa (l_o)

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 2,611.854 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 29.68 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 23.21 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 4.89 \%$ 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 fustura 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 6'696,648.19 m³.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 1.88$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Culluna presenta curvas hipsográficas clasificadas como cóncavas (Cuadro 2). 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 1.37, lo que corresponde a una morfología Subcircular (Cuadro 3), la cual es característica de lagunas generadas por deflación.

6.2. Laguna Huascacocha

El Cuadro 6 muestra los valores calculados de los parámetros morfométricos.

CUADRO 6. 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 cuenca		33,913.00	Ha
Área Superficial de la laguna	A	30.4531	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_o	3,112.36	m
Desarrollo de Costa	F	1.59	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,316.15	m
Anchura Máxima	B_{max}	306.49	m
Anchura Media	B	235.68	m
Profundidad Máxima	D_{max}	32.54	m
Profundidad Media	D	23.21	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	8.36	m
Profundidad Mediana	D_{50}	6.12	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	32.54	m
Profundidad Relativa	D_r	5.21	%
Pendiente Media	$\bar{d}$	3.55	%
Volumen	V_p	7'068,153.833	m ³
Desarrollo del Volumen	V_d	2.14	Adimensional
Forma de la laguna	Elíptica		

Fuente: Elaboración propia.

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 30.4531 Ha.

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 longitud de 1,316.15 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna.

Anchura máxima ($B_{\max}$)

Utilizando el método CAD, se realizaron las mediciones respectivas, obteniéndose un ancho máximo de 306.49 m.

Longitud de línea de costa (l_o)

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 3,112.36 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 32.54 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 23.21 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 5.21 \%$ 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 fustura 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 $7'068,153.833 \text{ m}^3$.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 2.14$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Huascacocha presenta curvas hipsográficas clasificadas como cóncavas (Cuadro 2). 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.

6.3. Laguna Shopol

El Cuadro 7 muestra los valores calculados de los parámetros morfométricos.

CUADRO 7. 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 Pataz 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 cuenca		64,562.7	Ha
Área Superficial de la laguna	A	27.6083	Ha
Longitud de la Línea de Costa	l_o	2,837.56	m
Desarrollo de Costa	F	1.52	Adimensional
Longitud Máxima	L_{max}	1,239.08	m
Anchura Máxima	B_{max}	279.28	m
Anchura Media	B	198.26	m
Profundidad Máxima	D_{max}	26.58	m
Profundidad Media	D	18.56	m
Primer Cuartil de Profundidad	D_{25}	7.32	m
Profundidad Mediana	D_{50}	5.24	m
Tercer Cuartil de Profundidad	D_{75}	26.58	m
Profundidad Relativa	D_r	4.47	%
Pendiente Media	$\varnothing$	1.85%	%
Volumen	V_p	5'124,104.749	m^3
Desarrollo del Volumen	V_d	2.09	Adimensional
Forma de la laguna	Elíptica		

Fuente: Elaboración propia.

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 27.6083 Ha.

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 longitud de 1,239.08 m., que corresponde a la longitud máxima de la laguna.

Anchura máxima (B_{max})

Utilizando el método CAD, se realizaron las mediciones respectivas, obteniéndose un ancho máximo de 279.28 m.

Longitud de línea de costa (l_o)

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 2,837.56 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 26.58 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 18.56 m.

Profundidad relativa (D_r)

El valor obtenido para la profundidad relativa es de $D_r = 4.47 \%$ 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 5'124,104.749 m³.

Desarrollo del volumen (V_d)

Se halló un valor de $V_d = 2.09$ y en base a este parámetro morfométrico que la laguna Shopol presenta curvas hipsográficas clasificadas como cóncavas (Cuadro 2). 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 1.52, lo que corresponde a una morfología elíptica (Cuadro 3), la cual es característica de lagunas generadas por deflación.

7. Análisis limnológico

7.1. Disposición de las estaciones de muestreo

En las figuras 35, 36 y 37 se presentan la disposición de las estaciones de muestreo.



Figura 38. Estaciones de muestreo en la laguna Culluna, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021

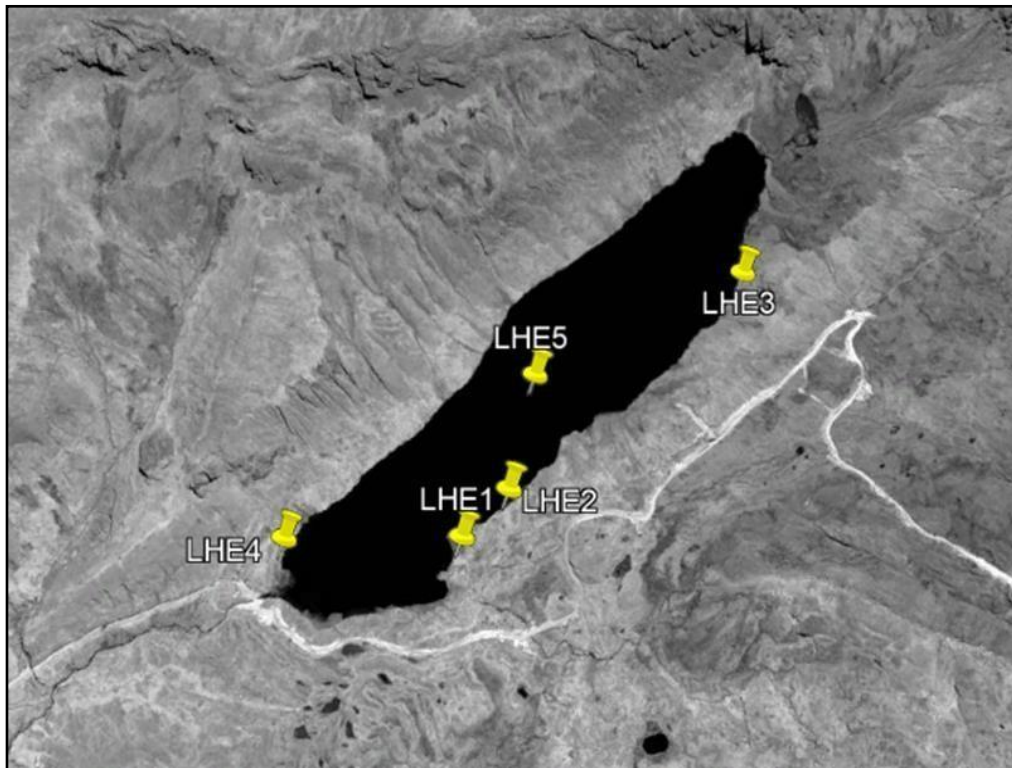


Figura 39. Estaciones de muestreo en la laguna Huascacocha, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021



Figura 40. Estaciones de muestreo en la laguna Shopol, distrito de Tayabamba, provincia de Pataz; mayo 2021

7.2. 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 8); 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 8).

CUADRO 8. 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 9).

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 9).

CUADRO 9. 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 10).

Respecto al viento tuvo una dirección Noreste (NE) y las velocidades fluctuaron entre 7.5 y 9.7 km/h (Cuadro 10).

CUADRO 10. 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.

7.3. 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 11 y Figs. 41, 42, 43 y 44). La transparencia en el centro de la laguna (estación 5) a 32 metros de profundidad fue de 3 metros.

CUADRO 11. Parámetros físicos de la laguna Culluna; Distrito de Tayabamba, Provincia de Patate. 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
Transparencia (m)	0	0	0	0	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 12 y Figs. 41, 42, 43 y 44).

CUADRO 12. 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	0	0	0	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 13 y Figs. 41, 42, 43 y 44).

CUADRO 13. 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	0	0	0	5
Profundidad (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0

Fuente: Elaboración propia.

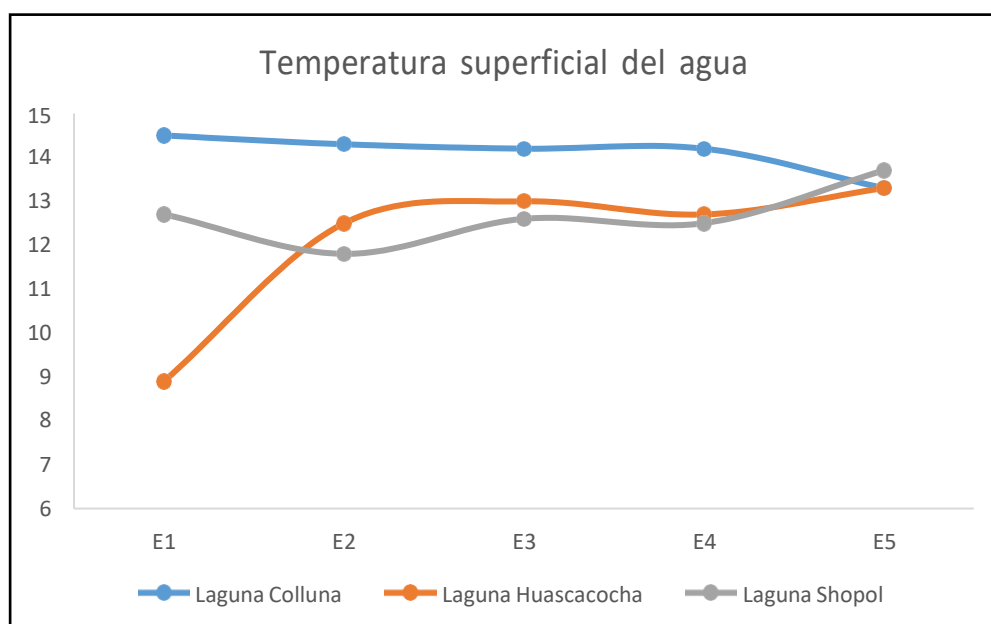


Figura 41. Temperatura superficial del agua (°C) registrada en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

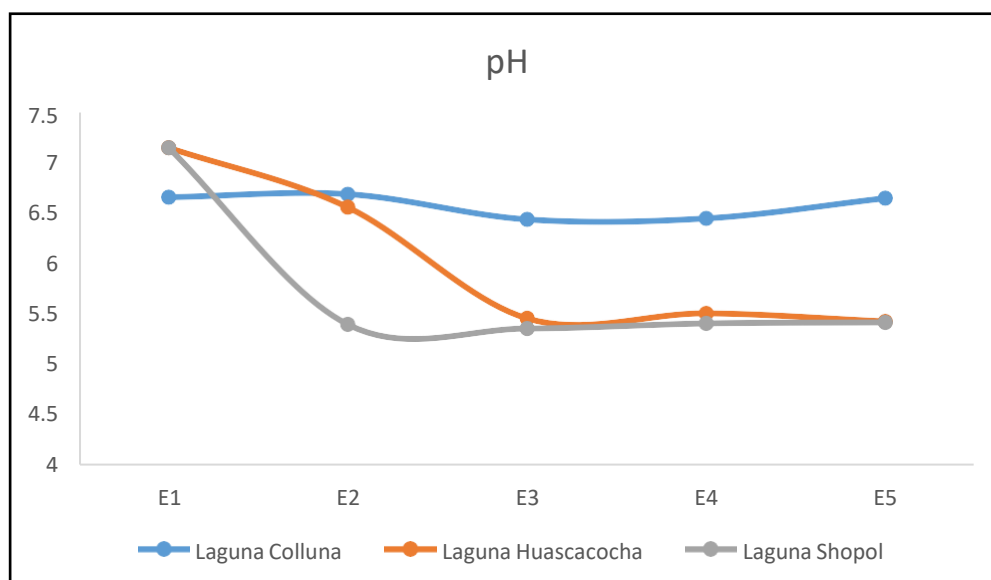


Figura 42. Potencial de hidrogeno (pH) registrado en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

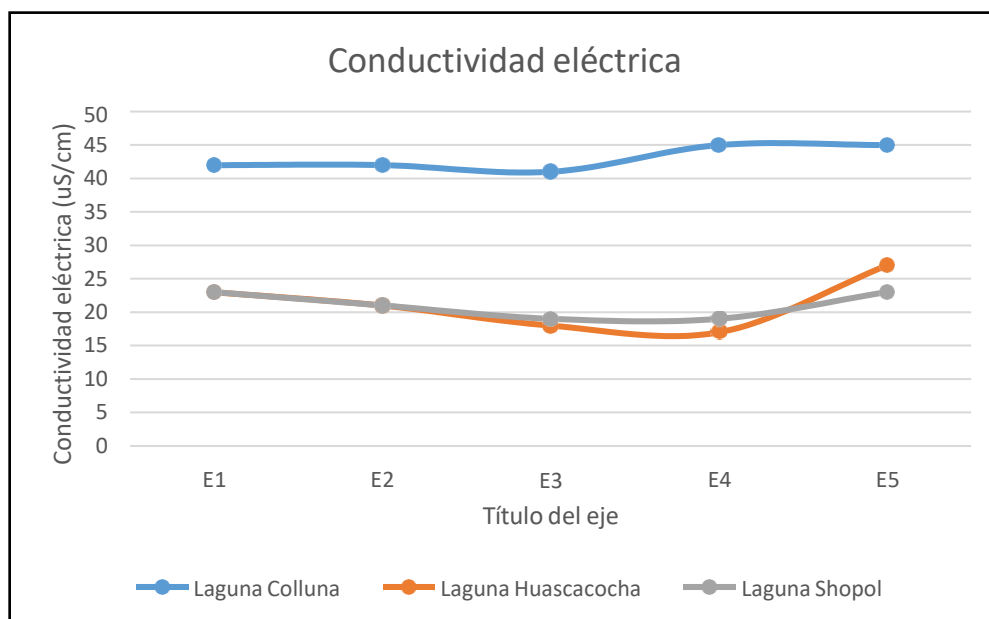


Figura 43. Conductividad eléctrica (uS/cm) registrada en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

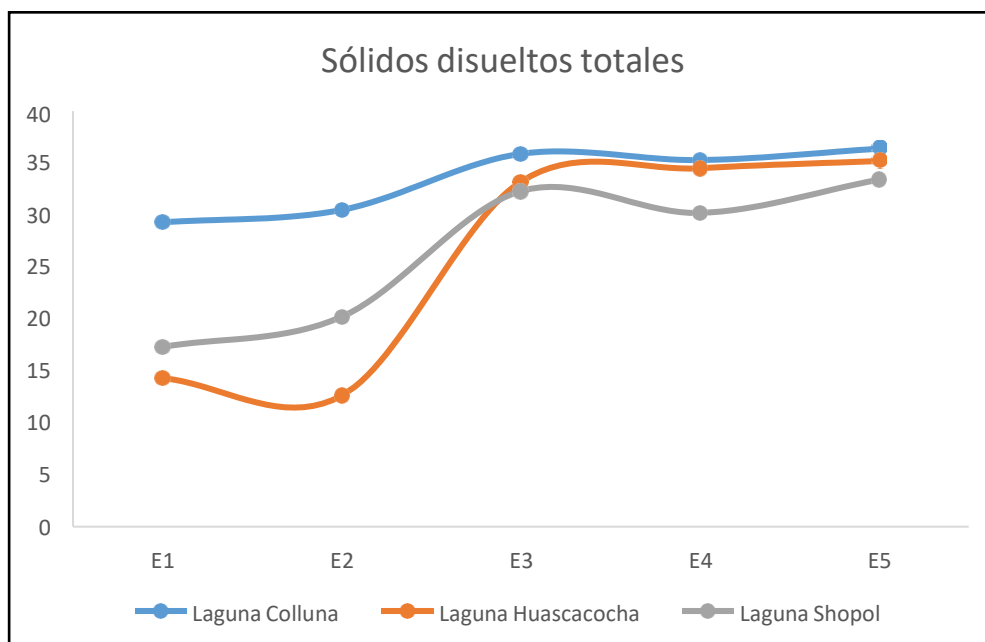


Figura 44. Sólidos disueltos totales (ppm) registrada en las lagunas Culluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

7.4. 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 14).

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 14).

CUADRO 14. Parámetros químicos de la laguna Culluna, Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. 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 15).

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 15).

CUADRO 15. 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 16).

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 16).

CUADRO 16. 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.

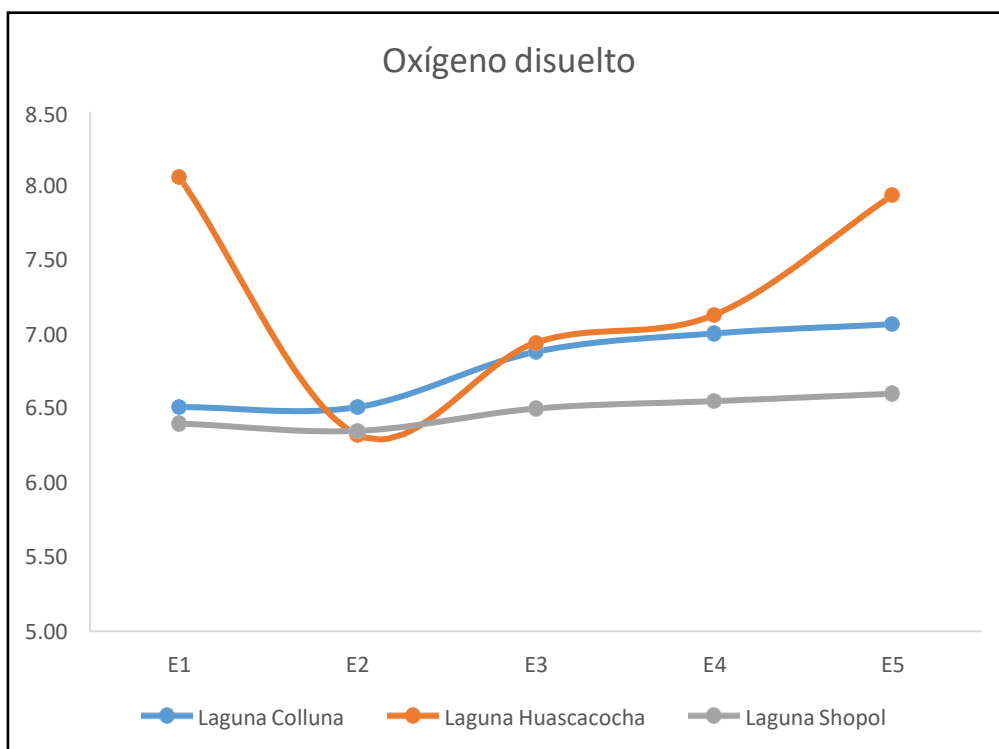


Figura 45. Oxígeno disuelto (mg/l) registrado en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

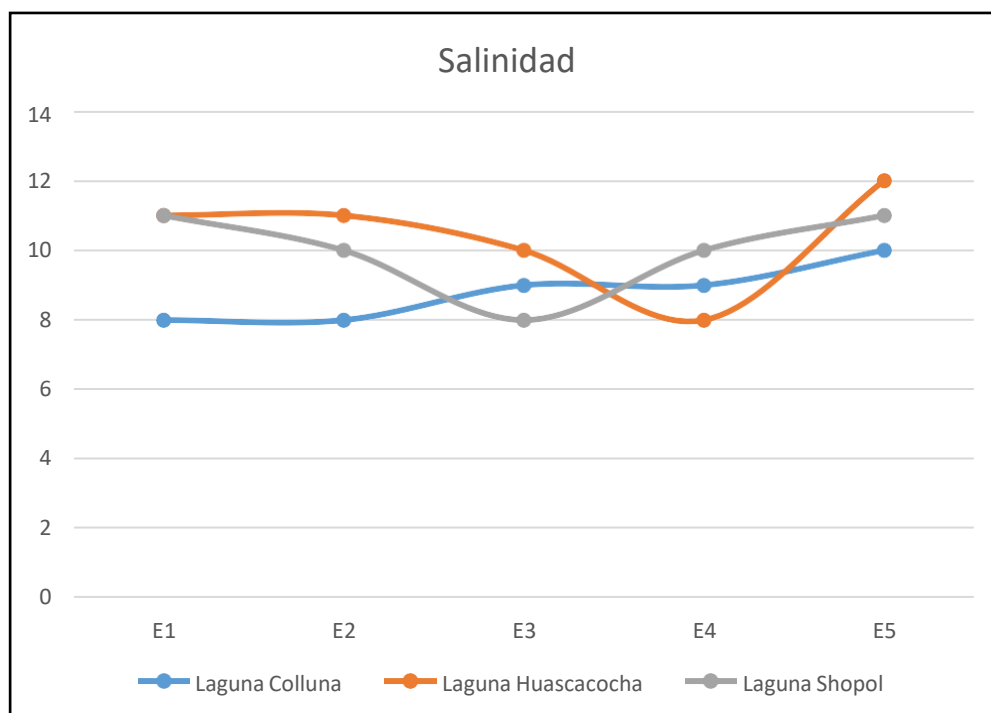


Figura 46. Salinidad (ppm) registrada en las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, Departamento de La Libertad, mayo 2021.

En los cuadros 17, 18 y 19 se presentan la lista de metales totales registrados en el agua superficial de las lagunas Colluna, Huascacocha y Shopol, como se puede observar el comportamiento de estos metales es homogéneo en cada una de las lagunas en mención.

Cuadro 17. Lista de metales pesados registrados en la laguna Culluna, Distrito de Tayabamba, Provincia de Pataz. 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 18. 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 19. 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.

7.5. Parámetros biológicos

7.5.1 Fitoplancton

7.5.1.1 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 20).

Cuadro 20. 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	ZYGNEATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.		X
19	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEATALES	ZYGNEATACEAE	<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>Pseudopediastrium 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>Kamptomena</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	PERIDINIOPSIDACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	X	X

Fuente: Elaboración propia.

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 21).

Cuadro 21. 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	COSCINODISCOPHYCEAE	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>Staurostrum</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>Pseudopediastrium 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	COELOSPHAERIACEAE	<i>Coelomorion</i> sp.	x	
27	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSIDACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	x	
28	OCHROPHYTA	CHRYSTOPHYCEAE	CHROMULINALES	DINOBRYACEAE	<i>Dinobryon</i> sp.	x	
29	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	MERISMOPEDIACEAE	<i>Merismopedia</i> sp.		x

Fuente: Elaboración propia.

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 22).

Cuadro 22. Composición específica de la comunidad fitoplanctónica registrada en la Laguna Shopol, Distrito de Bolívar, 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	X
2	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia linearis</i>	X	
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	COCCONEIDALES	ACHNANTHIDIACEAE	<i>Achnanthyidium</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	

N°	División	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
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 aptogonum</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	COSCONODISCOPHYCEAE	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	STIGONEMATAACEAE	<i>Stigonema</i> sp.	X	
28	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSPHAERIAACEAE	<i>Coelomorona</i> sp.	X	X
29	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	MERISMOPEDIAACEAE	<i>Merismopedia</i> sp.		X
30	MIOZOA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIOPSIDACEAE	<i>Parvodinium</i> sp.	X	
31	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.		X
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.

7.5.1.2 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 47).

En la Figura 12 se puede observar que la clase Desmidiaceae dominó en la E1, registrando una densidad de 556950 cell/L.

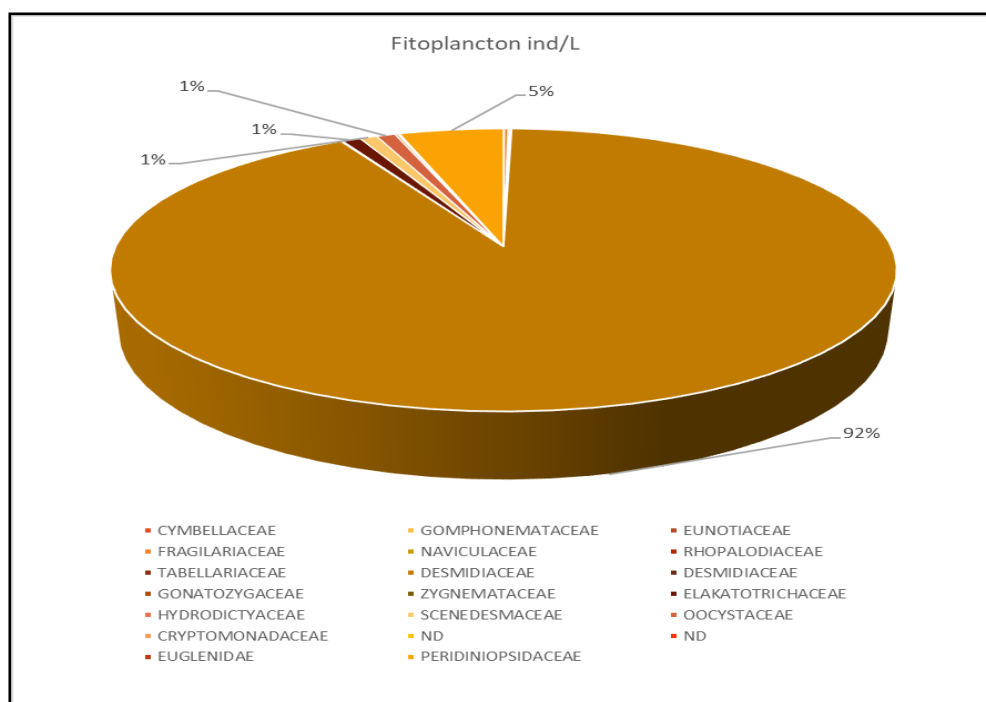


Figura 47. Clases taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

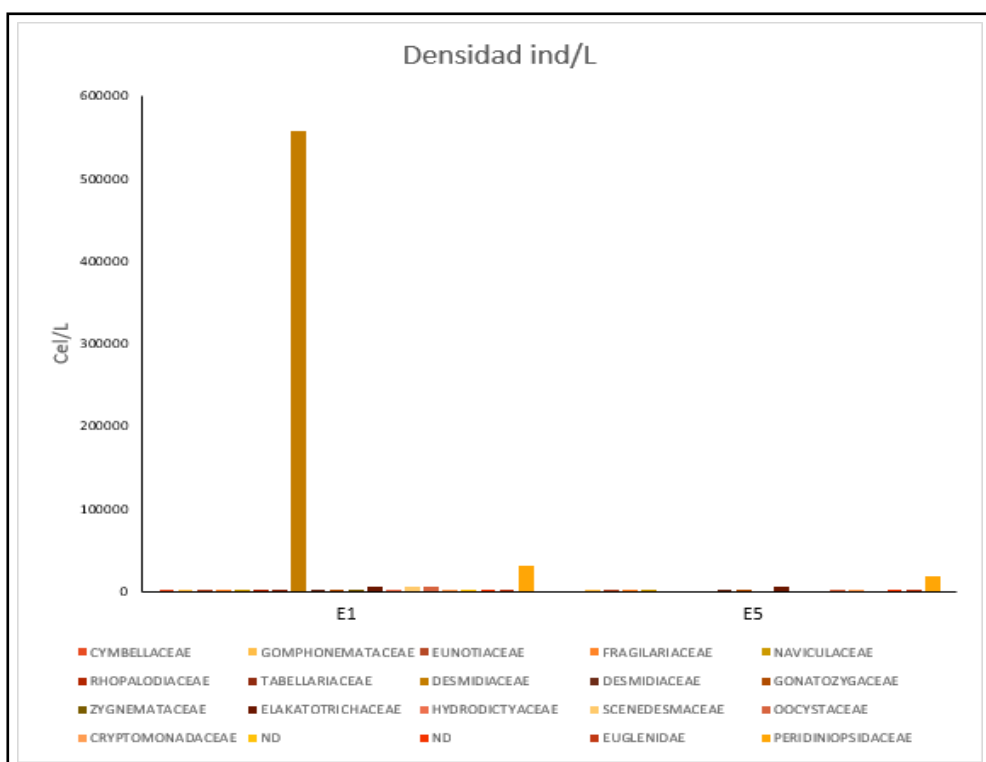


Figura 48. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 23).

CUADRO 23. 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	GOMPHONEMACEAE	<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	ZYGNEMACEAE	<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 49 y 50).

En las Figuras 49 y 50 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.

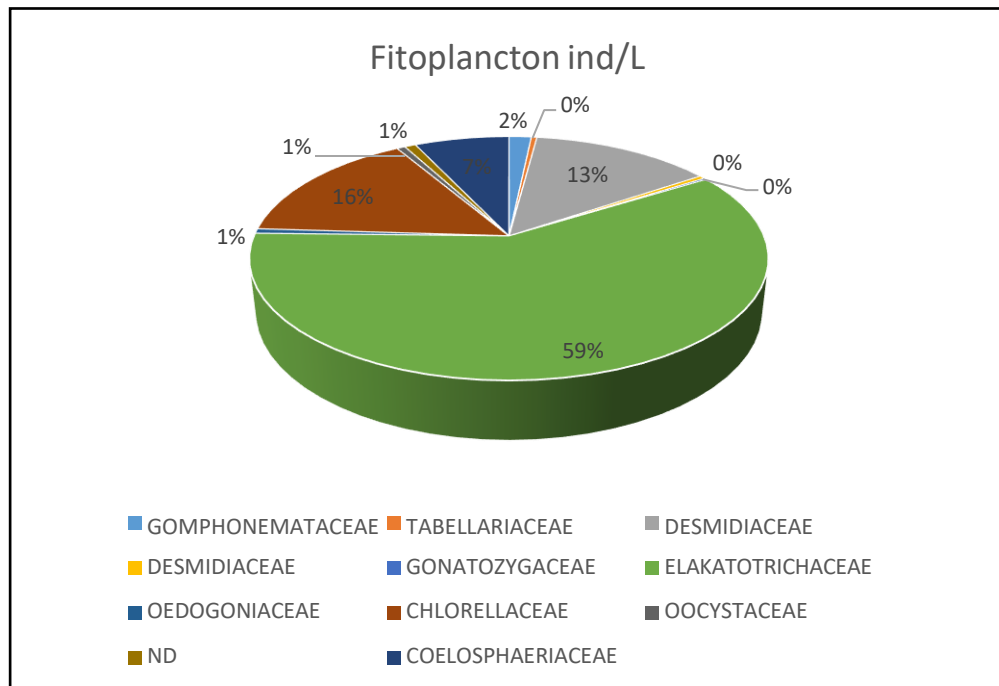


Figura 49. Familias taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

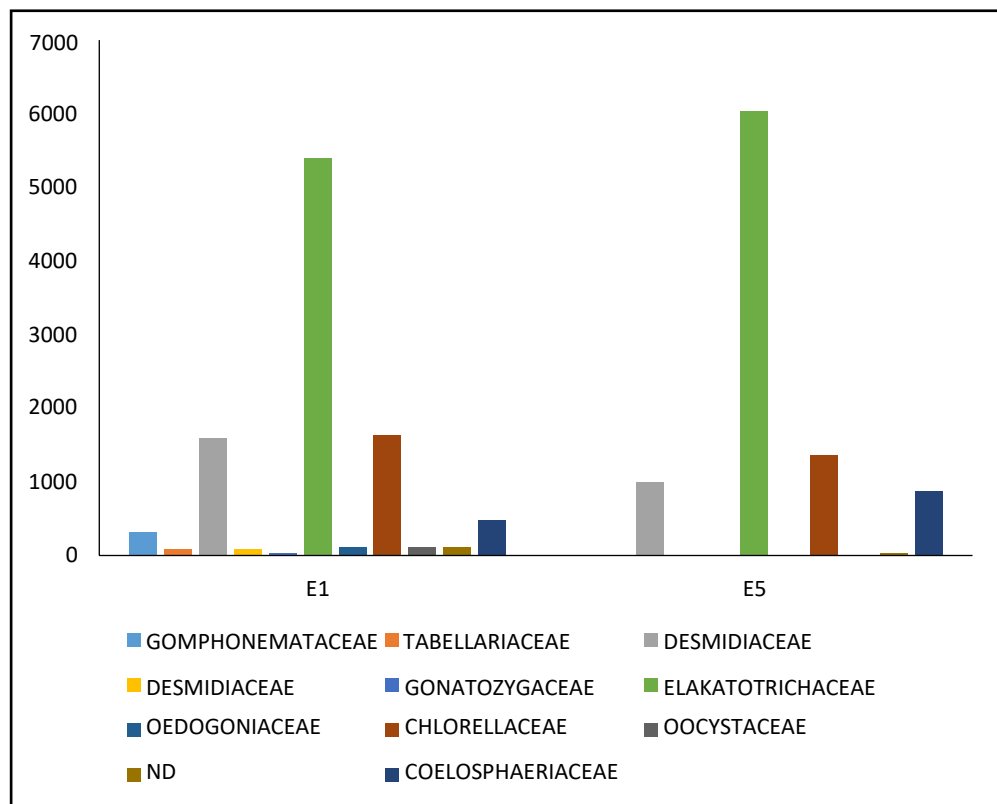


Figura 50. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 24).

CUADRO 24. 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	COELOSPHAERIAACEAE	<i>Coelomorion</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 51 y 52).

En la Figura 15 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.

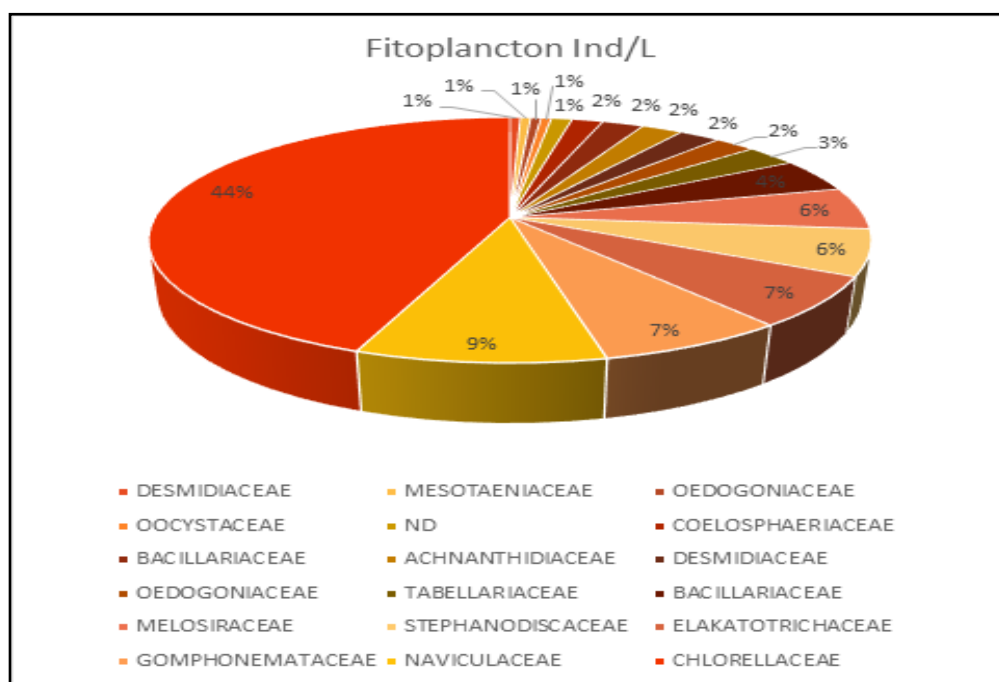


Figura 51. Familias taxonómicas que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

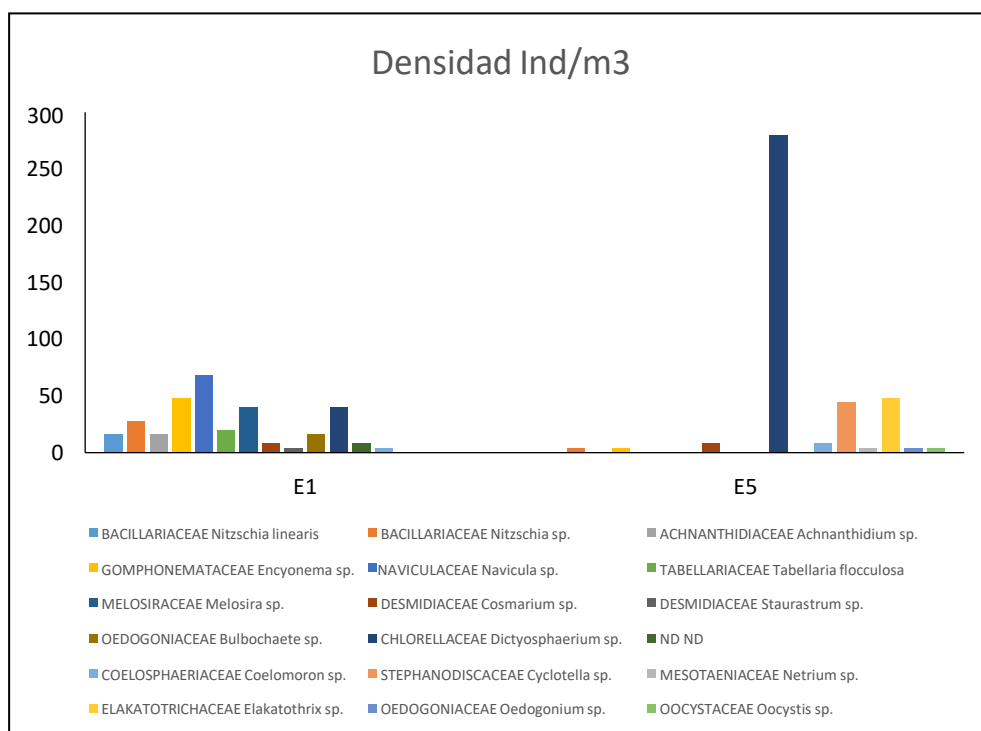


Figura 52. Densidad de las familias que conforman la comunidad fitoplanctónica en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

El análisis cuantitativo determinó que las especies *Dictyosphaerium* sp., *Encyonema* sp., *Navicula* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Melosira* sp., *Cyclotella* sp. y *Elakatothrix* sp. comolas más abundantes, registrándose en ambas estaciones de muestreo. (Cuadro 25).

CUADRO 25. 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</i> sp.	0.28	0.04
3	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	COCCONEIDALES	ACHNANTHIDIACEAE	<i>Achnanthyidium</i> sp.	0.16	
4	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	CYMBELLALES	GOMPHONEMATACEAE	<i>Encyonema</i> sp.	0.48	0.04
5	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	0.68	
6	BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	TABELLARIALES	TABELLARIACEAE	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.2	
7	BACILLARIOPHYTA	COSCIDINODISCOPHYCEAE	MELOSIRALES	MELOSIRACEAE	<i>Melosira</i> sp.	0.4	
8	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.	0.08	0.08
9	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Staurostrum</i> sp.	0.04	
10	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Bulbochaete</i> sp.	0.16	
11	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	CHLORELLACEAE	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	0.4	2.8
12	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	ND	ND	0.08	
13	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	SYNECHOCOCCALES	COELOSPHAERIACEAE	<i>Coelomorion</i> sp.	0.04	0.08
14	BACILLARIOPHYTA	MEDIOPHYCEAE	STEPHANODISCALES	STEPHANODISCACEAE	<i>Cyclotella</i> sp.		0.44
15	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.		0.04
16	CHAROPHYTA	KLEBSORMIDIOPHYCEAE	KLEBSORMIDIALES	ELAKATOTRICHACEAE	<i>Elakatothrix</i> sp.		0.48
17	CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	OEDOGONIALES	OEDOGONIACEAE	<i>Oedogonium</i> sp.		0.04
18	CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	CHLORELLALES	OOCYSTACEAE	<i>Oocystis</i> sp.		0.04

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2 Perifiton

7.5.2.1 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 26).

CUADRO 26. 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>Staurostrum</i> sp.	X	X

N°	División/Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie	E1	E5
22	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Teilingia</i> sp.	X	
23	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	
24	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	ZYGNEMATAACEAE	<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	PERIDINIOPSIDACEAE	<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.

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 27).

CUADRO 85. Composición específica de la comunidad de perifiton registrada en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, 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>Staurostrum</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	ZYGNEATALES	MESOTAENIACEAE	<i>Netrium</i> sp.	X	
10	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEATALES	ZYGNEATACEAE	<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	NOSTOCACEAE	<i>Nostoc</i> sp.	X	
15	CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	MICROCOLEACEAE	<i>Kamptomena</i> sp.	X	X
16	NEMATODA	ND	ND	ND	ND	X	X
17	PROTOZOA	FILOSIA	ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglyphis</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 perifiton distribuidas en 10 clases y 28 familias, registrándose un mayor número de especies (32 sp.) en la E1 (Cuadro 28).

CUADRO 86. Composición específica de la comunidad de perifiton registrada en la Laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, 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>Cymboppleura</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>Staurastrum</i> sp.	X	X
13	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	DESMIDIALES	DESMIDIACEAE	<i>Micrasterias</i> sp.	X	
14	CHAROPHYTA	CONJUGATOPHYCEAE	ZYGNEATALES	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>Pseudopediastrium 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	
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	ZYGNEATALES	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.

7.5.3 Zooplancton

7.5.3.1 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 Nematoda y Tardigrada (Cuadro 29).

CUADRO 29. Composición específica de la comunidad de zooplancton registrada en la Laguna Culluna, Distrito de Patate, 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.

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 30).

CUADRO 30. 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	
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.

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 31).

CUADRO 31. 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
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.

7.5.3.2 Densidad

Laguna Culluna

En la Figura 53 y 54 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 32).

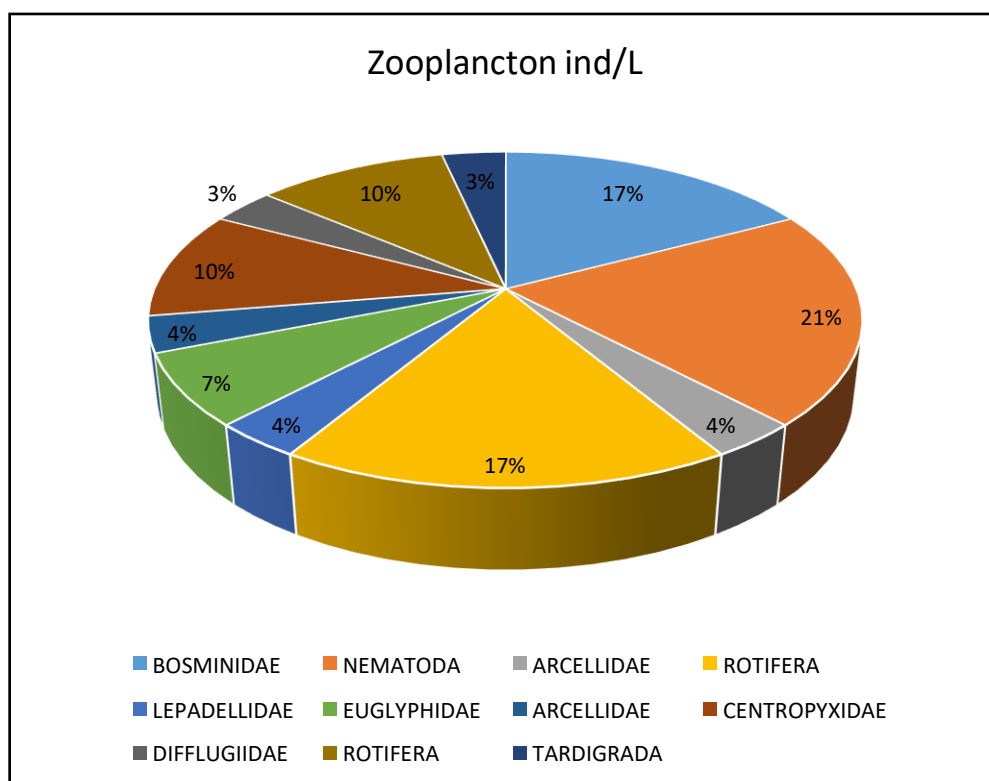


FIGURA 53. Clases taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

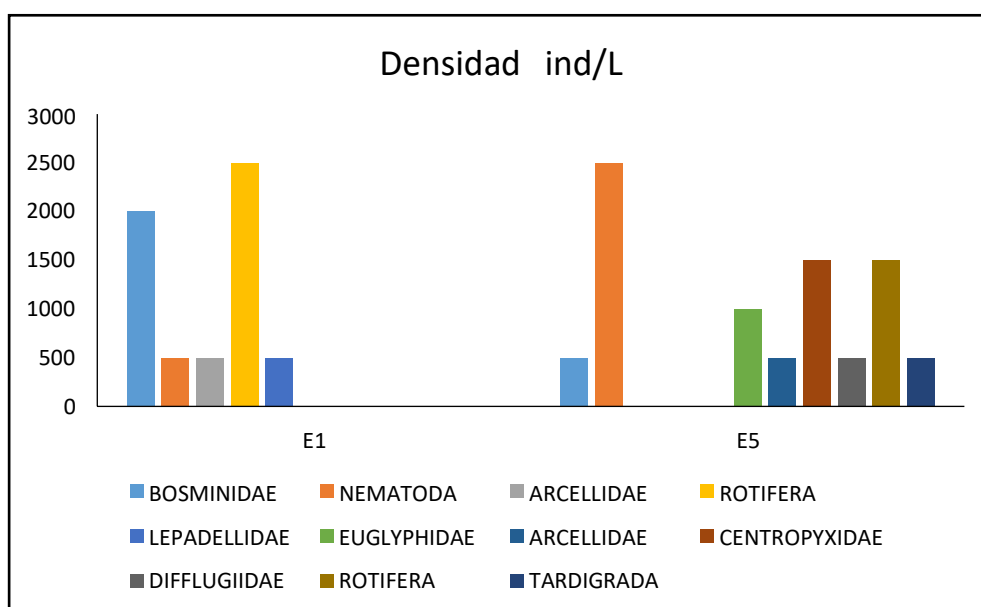


FIGURA 54. Densidad de las familias que conforman la comunidad zooplanctónica en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 32).

CUADRO 32. 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 55).

En la Figura 56 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.

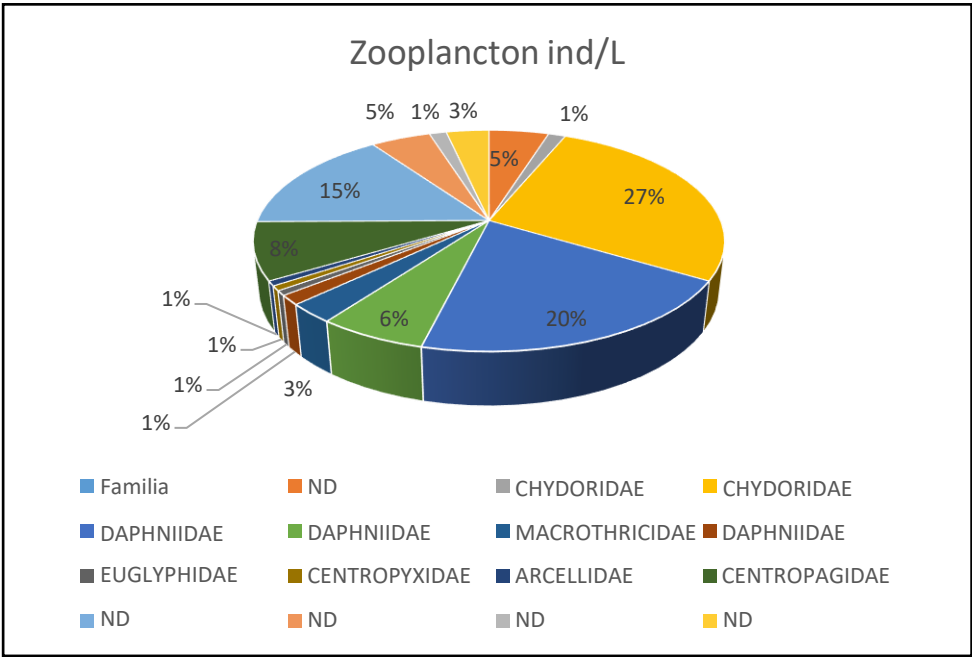


FIGURA 55. Familias taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

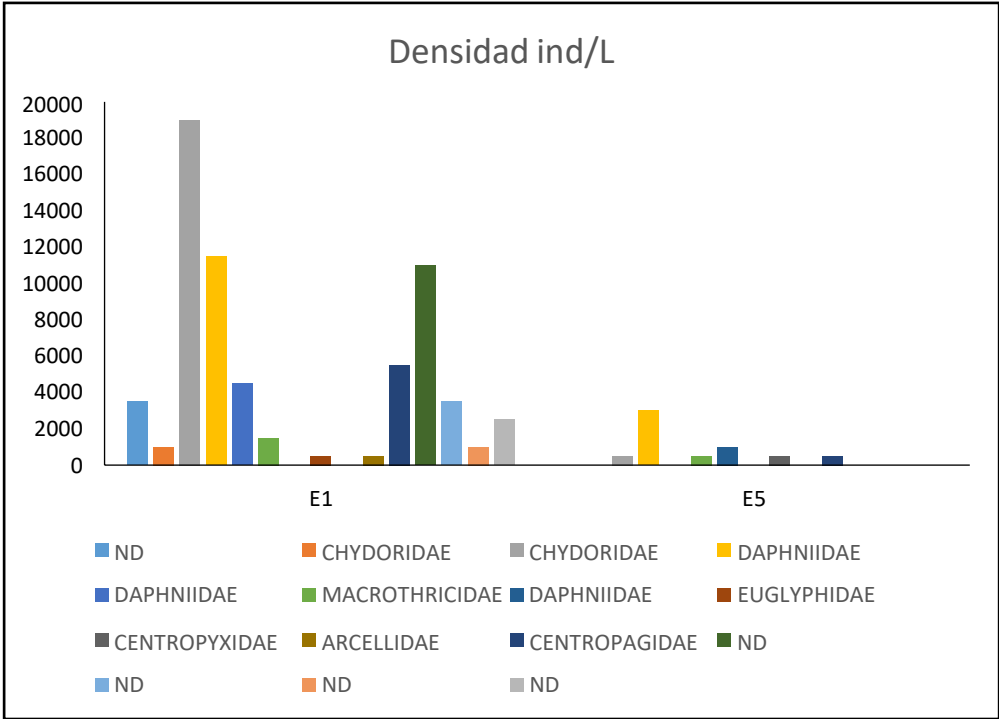


FIGURA 56. Densidad de las familias que conforman la comunidad zooplanctónica en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 33).

CUADRO 33. 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	
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 57).

En la Figura 58 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*, *Quadrullella sp.*, *Assulina sp.*, *Lesquereusia spiralis*, *Euglypha tuberculata*. (Figura 58 y Cuadro 34).

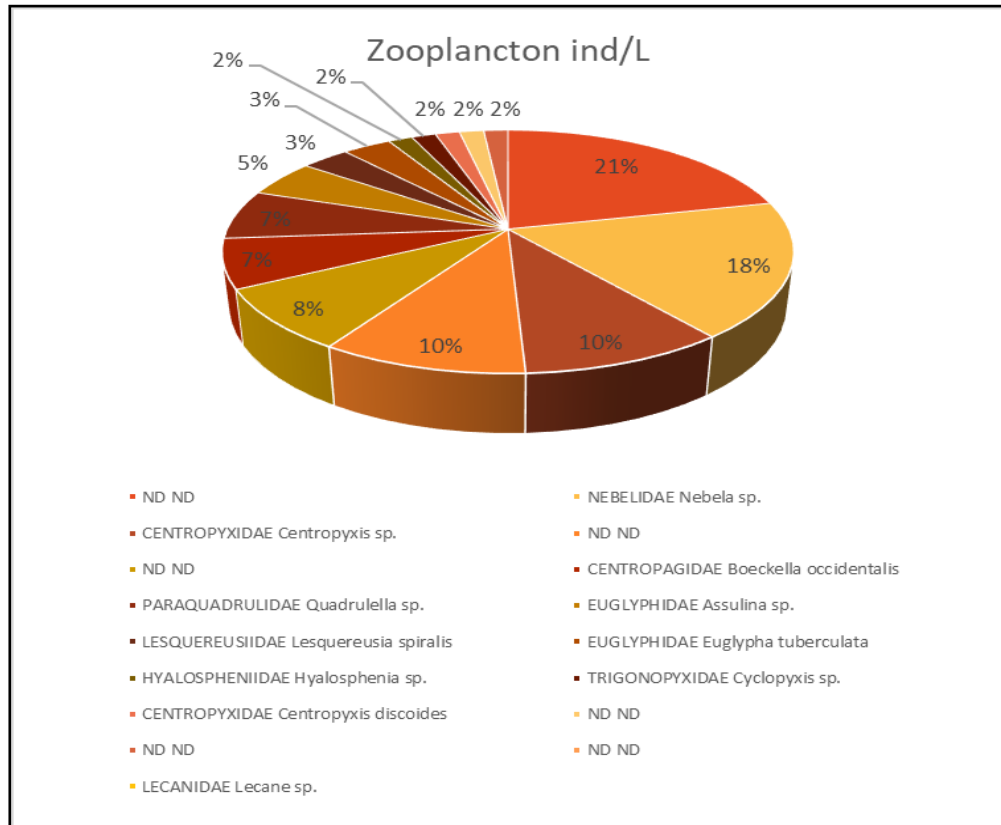


FIGURA 57. Familias taxonómicas que conforman la comunidad zooplancton en la laguna Shopol, Distrito de Bolívar, Departamento de La Libertad.

CUADRO 35. 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.

7.5.4. Macroinvertebrados bentónicos

7.5.4.1. 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 36).

CUADRO 36. 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 37).

CUADRO 37. 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.

7.5.4.2. Densidad

Laguna Culluna

En el Cuadro 38 y Figura 59, 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 38. 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	Dugesidae	Girardia	15	16	10	8
7	Trombidiformes	Hydrachinidae		0	0	5	0

Fuente: Elaboración propia.

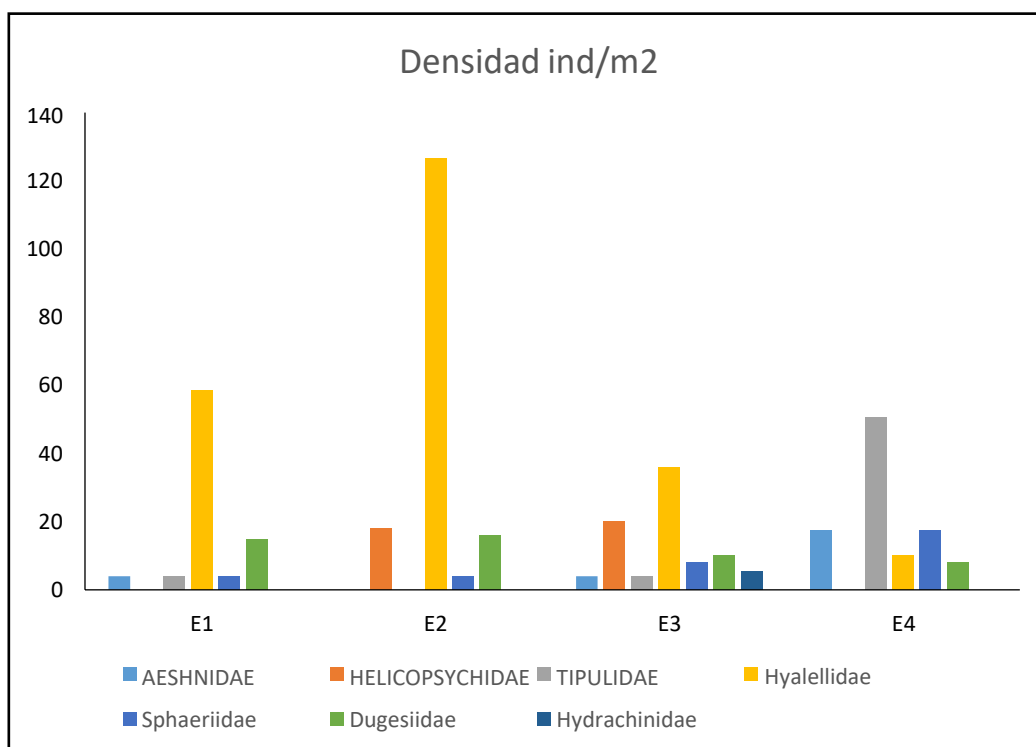


FIGURA 59. Densidad de las familias que conforman la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Culluna, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 59).

Laguna Huascacocha

En la Cuadro 39 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 39. 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

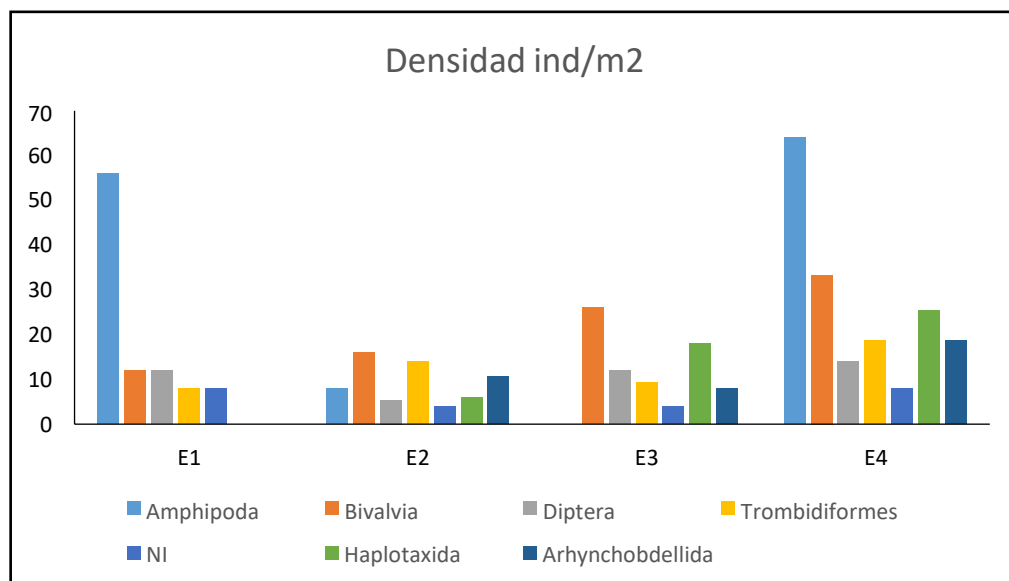


FIGURA 60. Densidad de las familias que conforman la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Huascacocha, Distrito de Pataz, Departamento de La Libertad.

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 60).

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. Ucchupampa. 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.



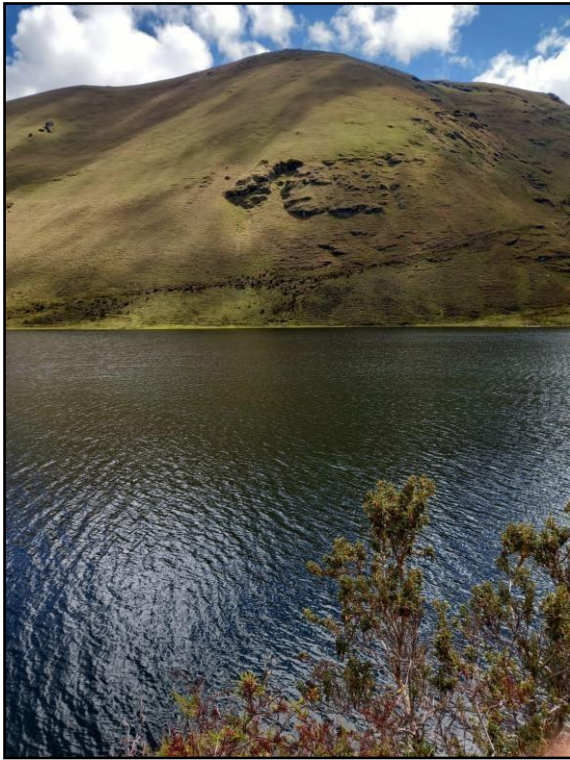


Figura 15. Detalle de la Laguna Huascacocha, Tayabamba, Pataz, La Libertad.



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.

