

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Características bioecológicas de la laguna Llamacocha
y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos
(Ancash, Perú)**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR

TESISTAS:

Bach. BENITES ROQUE, Karen Patricia

Bach. MARTINO AGAPITO, Fiorella Patricia

Blg° Rómulo Eugenio Loayza Aguilar

Asesor

Blg° Acui. Juan Miguel Carhuapoma Garay

Coasesor

NUEVO CHIMBOTE, PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Perú)

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR

Aprobado por los señores miembros del jurado:

Dr. Guillermo Saldaña Rojas
Presidente

Msc. Rómulo Loayza Aguilar
Integrante

Mg. Sabino Zavaleta Aguilar
Integrante

**NUEVO CHIMBOTE, PERÚ
2016**



DEDICATORIA

A DIOS, quien me guía con su luz y verdad y está presente en todos los pasos de mi vida.

A mí Madre, Juana y mi abuelita Tarcila, por dedicarme su vida entera, por estar siempre presentes con ese amor incomparable, sabios consejos, abnegada labor y enseñarme a valorar todas las cosas que se logran en la vida.

A mis hermanos Luis y Antoni, por esa unidad, por su cariño, por ese apoyo incondicional y por ser también mis motivos para seguir adelante.

A mí adorado y hermoso hijo quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y por llegar a ser un ejemplo para él.

A mí esposo por brindarme su cariño y amor, has estado conmigo incluso en los momentos más difíciles, este proyecto no fue fácil, pero tú estuviste motivándome y ayudándome.

Karen Patricia



DEDICATORIA

Las siguientes palabras las expresé de corazón, especialmente para nuestro Creador y Hacedor, al que todo lo puede y en quien busco la verdad, las respuestas y la fuerza que necesito para seguir adelante en todos mis proyectos con firmeza y dedicación, sin flaquear en ningún momento ante el camino elegido, aunque esté presente dificultades y retos.

A mi familia en general, especialmente al ser que me acogió en su vientre, mi madre Mercedes Agapito Alva, ejemplo de madre y amiga, a ella que con perseverancia y tezon supo formar en mí a una persona de bien y luchadora.

A mis hermanos Eduardo, Pamela, Ronald, por su apoyo siempre.

Fiorella Patricia



AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa - Chimbote, que supieron impartir acertadamente sus conocimientos, en aras de formar una sociedad más productiva y competitiva, ya que en base a sus enseñanzas estamos formados para dar pasos decisivos en la vida, y demostrar así nuestra valía como profesionales, especial agradecimiento a nuestro asesor Blg^o Rómulo Eugenio Loayza Aguilar, por su orientación, su apoyo, su paciencia durante el desarrollo de la presente tesis y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación como investigador.

A nuestro querido co-asesor Blg^o acui. Carhuapoma Garay Juan, quien nos brindó su apoyo para el desarrollo del informe .

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Municipalidad de Conchucos, presidida por el alcalde Alex Lara, quien nos brindó las facilidades de estadía y transporte hacia la laguna Llamacocha.

A nuestro compañero de estudios Vereau Laca Santiago, por el apoyo para el desarrollo del trabajo en campo, quien se arriesgó junto a nosotras en este viaje a la ciudad de Conchucos.

A nuestra casa universitaria por facilitarnos el uso de los equipos y materiales durante el tiempo de ejecución del proyecto de tesis.

A todas aquellas personas que supieron valorar nuestros esfuerzos y pulieron nuestros conocimientos. Gracias por las responsabilidades encomendadas y orgullosamente cumplidas.

Benites & Martino

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVOS | 5 |
| Objetivo general | 5 |
| Objetivos específicos | 5 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| 1. Área de estudio..... | 6 |
| 2. Fases de campo y laboratorio | 6 |
| 2.1. Aspectos morfométricos | 6 |
| 2.1.1. Batimetría | 6 |
| 2.1.2. Perfiles..... | 6 |
| 2.1.3. Parámetros morfométricos | 6 |
| 2.2. Aspectos meteorológicos..... | 8 |
| 2.3. Aspectos hidrológicos | 8 |
| 2.3.1. Procedencia del agua y caudal | 8 |
| 2.3.2. Desaguadero..... | 8 |
| 2.4. Aspectos sedimentológicos..... | 9 |
| 2.4.1. Procedimiento para la recolección..... | 9 |
| 2.4.2. Análisis en laboratorio..... | 9 |
| 2.4.3. Materia orgánica del sedimento | 10 |
| 2.5. Parámetros físicos | 10 |
| 2.5.1. Temperatura ambiente | 10 |
| 2.5.2. Temperatura del agua | 10 |
| 2.5.3. Color aparente del agua | 10 |
| 2.5.4. Transparencia del agua | 11 |
| 2.5.5. Sólidos suspendidos totales | 11 |
| 2.6. Parámetros químicos | 12 |
| 2.6.1. Oxígeno disuelto (OD) | 12 |
| 2.6.2. pH..... | 12 |
| 2.6.3. Nitritos (NO ₂) | 12 |
| 2.7. Parámetros biológicos | 13 |
| 2.7.1. Fitoplancton | 13 |
| 2.7.1.1. Colecta en superficie..... | 13 |
| 2.7.1.2. Colecta en profundidad..... | 13 |
| 2.7.2. Zooplancton | 13 |
| 2.7.3. Procedimiento de análisis de las muestras en laboratorio | 13 |
| 2.7.4. Análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton | 14 |
| 2.7.5. Análisis cuantitativo para fitoplancton y zooplancton | 14 |



| | |
|-----------------------------------|----|
| 2.8. Fauna aviar..... | 15 |
| 2.9. Diversidad florística..... | 15 |
| 2.10. Intervención antrópica..... | 15 |
| RESULTADOS..... | 16 |
| DISCUSIÓN..... | 47 |
| CONCLUSIONES..... | 54 |
| RECOMENDACIONES..... | 55 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 56 |
| ANEXOS..... | 63 |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

| | |
|---|----|
| Fig. 1 Escala de color aparente de sedimento..... | 9 |
| Fig. 2 Escala de color aparente de agua. | 10 |
| Fig. 3 Escala de colores para determinar la cantidad de nitritos (NO ₂)..... | 12 |
| Fig. 4 Esquema de barrido en la cámara de Sedgwick-Rafter para el análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton..... | 14 |
| Fig. 5 Recuento en segmentos utilizando la Cámara de Sedgwick-Rafter. | 14 |
| Fig. 6 estaciones y transeptos de muestreo (a), plano de curvas batimétricas de la laguna Llamacocha (b), obtenidas el 21 de agosto del 2014..... | 16 |
| Fig. 7 Detalles del perfil batimétrico de la laguna Llamacocha según transeptos, Conchucos (Áncash, Perú), obtenidos el 21 de agosto del 2014..... | 17 |
| Fig. 8 Fuentes del agua a la laguna Llamacocha. | 19 |
| Fig. 9 Desagüadero de la laguna Llamacocha. | 19 |
| Fig. 10 Isotermas: (a) temperatura superficial, (b) temperatura del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014..... | 20 |
| Fig. 11 Color aparente del agua A: Entrada 1- color verde agua, B: Medio- color verde oscuro, C: salida - verde turquesa. | 21 |
| Fig. 12 Isolíneas de transparencia de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014..... | 22 |
| Fig. 13 Isolíneas de sólidos suspendidos totales (SST) de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014..... | 23 |
| Fig. 14 Isolíneas: (a) oxígeno superficial, (b) oxígeno del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014. | 24 |
| Fig. 15 Isolíneas: (a) pH superficial, (b) pH del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014..... | 25 |
| Fig. 16 Identificación del sedimento según escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984). | 28 |
| Fig. 17 Isolíneas de materia orgánica del fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto del 2014. | 30 |
| Fig. 18 Densidad de fitoplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 31 |
| Fig. 19 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 32 |
| Fig. 20 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton al fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014..... | 33 |
| Fig. 21 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg) de fitoplancton en superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014..... | 34 |
| Fig. 22 Índice de Shannon-Wiener (H ¹) y Simpson (D) para el análisis de diversidad de fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 35 |
| Fig. 23 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg) de fitoplancton al fondo en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014. | 35 |
| Fig. 24 Índice de Shannon-Wiener (H ¹) y Simpson (D) para el análisis de diversidad de fitoplancton al fondo en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 36 |
| Fig. 25 Distribución de grupos taxonómicos de acuerdo al número de organismos de zooplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 38 |
| Fig. 26 Densidad de zooplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 38 |
| Fig. 27 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg), de zooplancton, en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014. | 39 |
| Fig. 28 Índice de Shannon-Wiener (H ¹) y Simpson (D) para el análisis de diversidad de zooplancton en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014..... | 40 |
| Fig. 29 Distribución de la flora ribereña en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014. | 44 |
| Fig. 30 Características del entorno de la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014. | 45 |
| Fig. 31 Campamento minero Magistral. | 46 |
| Fig. 32 Canal de riego Llamacocha. | 46 |
| Fig. 33 Pastoreo de ganado ovino..... | 46 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Código para informar condiciones de nubosidad Laevastu (1971). | 8 |
| Tabla 2 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams, <i>et al.</i> (1984)..... | 9 |
| Tabla 3 Parámetros morfométricos de la laguna Llamacocha, Conchucos (Ancash, Perú), correspondiente a agosto del 2014. | 18 |
| Tabla 4 Caudal del cauce (m ³ /s) del abastecimiento de aguas registrada, en la Laguna Llamacocha, Conchucos en el mes de agosto. | 19 |
| Tabla 5 Registro de valores de transparencia en la laguna Llamacocha (agosto del 2014). | 22 |
| Tabla 6 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST) registrados para cada una de las estaciones en la laguna Llamacocha. | 23 |
| Tabla 7 Valores de los parámetros físico – químicos del agua en superficie y fondo, en la época de verano en la laguna Llamacocha, registrados el 22 de agosto del 2014. | 26 |
| Tabla 8 Composición granulométrica, registrados en la laguna Llamacocha, según escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams <i>et al.</i> (1984)..... | 27 |
| Tabla 9 Color aparente del sedimento registrado en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto del 2014. | 29 |
| Tabla 10 Composición porcentual de materia orgánica (%), registrados para cada uno de los transectos establecidas en la laguna Llamacocha. | 30 |
| Tabla 11 Análisis cualitativo y cuantitativo para fitoplancton en superficie y fondo, registrados en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto del 2014. | 31 |
| Tabla 12 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 32 |
| Tabla 13 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton al fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014..... | 33 |
| Tabla 14 Índices de diversidad del fitoplancton en superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 34 |
| Tabla 15 Índices de diversidad del fitoplancton en fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 36 |
| Tabla 16 Análisis cualitativo y cuantitativo para zooplancton, registrado en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014..... | 37 |
| Tabla 17 Índices de diversidad del zooplancton registrada en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014. | 39 |
| Tabla 18 Registro de fauna aviar en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014..... | 41 |
| Tabla 19 Registro de la diversidad florística en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014..... | 42 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1 Formato de tabla de fitoplancton..... | 64 |
| Anexo 2 Formato de tabla para comunidad fitoplanctónica..... | 64 |
| Anexo 3 Formato de tabla para factores abióticos..... | 64 |



RESUMEN

Con el propósito de conocer el estado ecológico de la laguna Llamacocha ubicada en Conchucos (Ancash, Perú) en el mes de agosto del 2014, se evaluaron los parámetros morfométricos y batimétricos, así como los aspectos físicos (temperatura del agua, color aparente del agua, transparencia, sólidos suspendidos totales), químicos (oxígeno disuelto, pH, nitritos), biológicos (fitoplancton, zooplancton) del agua, así como las características sedimentológicas (composición granulométrica, color, materia orgánica), se registró la diversidad florística y la fauna aviar. La laguna fue dividida en 9 transeptos estableciéndose 15 estaciones. El área de la laguna es de 40.9 ha, la línea de orilla es de 1462 m, longitud máxima de 306 m, ancho máximo 210 m, el volumen 278447 m³ y profundidad media 6.8 m. La temperatura superficial del agua entre 12.2 y 15.5 °C, el color del agua de verde oscuro a verde turquesa, transparencia de 0.80 a 0.95 m y sólidos suspendidos totales entre 0.02 y 0.076 mg/L. El oxígeno disuelto entre 4.6 y 3.7 mg/L, pH entre 7 a 7.7 y nitritos de 0.3 mg/L. Fueron identificadas 31 especies de fitoplancton, la división Bacillariophyta y Chlorophyta fueron las más dominantes en todos los transeptos. En el análisis de zooplancton la densidad total fue de 133.33 org/L, el grupo copépoda fue el taxa dominante, la diversidad Shannon-Wiener (H'), fue menor a 1.00 bits ind⁻¹, indicando condiciones poco propicias a nivel de conservación ecosistémico. El índice de equidad (J'), refleja que la distribución de los individuos entre las especies fue inversa a la dominancia. La granulometría del sedimento está compuesto por el limo y arcilla en la mayoría de los transeptos, y la materia orgánica entre 11.37% y 18.58%. La fauna aviar en su mayoría fueron aves migratorias; en la diversidad florística se encuentran varias especies pero la más abundante fue *Juncus juncus* "junco". En cuanto a la intervención antrópica, o una compañía minera tiene aprobación para instalaciones de una cancha para los relaves, en Collparagra (valle en Conchucos), podría afectar a la laguna Llamacocha por encontrarse en el área de influencia directa de contaminación. Así mismo se aprecia la existencia de un canal de riego agrícola o aumentando los nutrientes, por lo tanto el riesgo de eutrofización del cuerpo de agua, también el desarrollo de la ganadería ovina extensiva el sobrepastoreo impide la regeneración óptima de los pastos naturales de las inmediaciones de la laguna. Considerando las características, la laguna no tiene aptitud para la intensiva, pero si para la acuicultura extensiva, así como presenta condiciones para incorporarla a la oferta recreacional y turística. Indirectamente la laguna puede ser utilizada en la acuicultura a través de estanques, cotas abajo y a mediano o largo plazo las aguas pueden servir para favorecer de agua potable a la población de Conchucos. Como un aporte económico en la población, así mismo proponer como centro de conservación de la fauna, especialmente de aves acuáticas y también puede ser empleada como reserva de fuente de agua y el aprovechamiento que se le puede dar a la laguna va dirigido al ecoturismo por ser un lugar de fácil acceso y además por tener paisajes hermosos.



ABSTRACT

In order to meet the ecological status of the Llamacocha lagoon located in Conchucos (Ancash, Peru) in August 2014, morphometric and bathymetric parameters physical aspects (water temperature, apparent color of the water were evaluated, as well as , transparency, total suspended solids), chemical (dissolved oxygen, pH, nitrite), biological (phytoplankton, zooplankton) water and sedimentological characteristics (grain size, color, organic matter), the diversity of flora and fauna recorded avian. The lagoon was divided into 9 transects established 15 stations. The area of the lake is 40.9 ha, the shore line is 1462 m, maximum length of 306 m, 210 m maximum width, volume 278447 m³ and 6.8 m average depth. The surface water temperature between 12.2 and 15.5 ° C, water color from dark green to green turquoise, transparency of 0.80 to 0.95 m and total suspended solids between 0.02 and 0.076 mg / L. Dissolved oxygen 3.7 mg from 4.6 / L, pH 7 to 7.7 and nitrites 0.3 mg / L. They were identified 31 species of phytoplankton, the Bacillariophyta and Chlorophyta were the most dominant in all transects. In the analysis of zooplankton total density was 133.33 org / L, the copepod group was the dominant taxa, the Shannon-Wiener (H), diversity was less than 1.00 bits ind⁻¹, indicating poor conditions at the level of ecosystem conservation . The equity index (J') reflects the distribution of individuals among species was inverse dominance. Sediment particle size is composed of silt and clay in most transects, and organic matter between 11.37% and 18.58%. The birdlife were mostly migratory birds; floristic diversity in several species but the most abundant *Juncus juncus* was "junk". As for human intervention, or a mining company it has approval for a tennis facility for tailings, in Collparagra (Conchucos valley) could affect the lagoon Llamacocha by would find in the area of direct influence of pollution. Likewise, the existence of a channel agricultural irrigation or increasing nutrient is appreciated, therefore the risk of eutrophication of the water body, also the development of extensive sheep farming overgrazing prevents optimal regeneration of natural pastures nearby the lagoon. Considering the characteristics, the lagoon has no aptitude for intensive, but if for extensive aquaculture and incorporate it presents conditions for recreational and tourism. Indirectly the lagoon can be used in aquaculture through ponds, dimensions down and medium- or long-term water can serve to promote drinking water to the population of Conchucos. As an economic contribution in the population, also proposed as a center for conservation of wildlife, especially waterfowl and can also be used as a backup water source and the use that can be given to the lagoon is addressed to ecotourism be easily accessible and also for having beautiful scenery.



INTRODUCCIÓN

La acuicultura, no obstante ser una actividad con más de 4000 años de historia, inicio su desarrollo a nivel industrial hace apenas 50 años a nivel mundial, considerada desde entonces y hasta nuestros días como una actividad emergente con grandes perspectivas de crecimiento y desarrollo (OESA, 2010). De igual modo la FAO (2011) establece que el crecimiento de la acuicultura mundial (con diferencias entre las regiones y economías) siempre implica la expansión de las áreas cultivadas, granjas de cultivo de mayor tamaño, mayor densidad de individuos en los cultivos y la utilización de recursos alimenticios a menudo producidos fuera del área inmediata. Así mismo, la FAO (2012) reporta que América del Sur ha presentado un crecimiento firme y continuado, en particular en Brasil y el Perú. La dependencia de los sectores pesqueros y acuícola de los servicios ecosistémicos significa que el apoyo a la pesca y la acuicultura sostenibles puede proporcionar incentivos para una mayor administración ecosistémica. Así mismo, Greenfacts (2009), menciona que el uso sostenible de los recursos hídricos, entre ellos la actividad acuícola, supone un reto debido a los muchos factores que intervienen, como el cambio en el clima, la variabilidad natural de los recursos y la presión debida a las actividades humanas.

La acuicultura tiene grandes posibilidades de seguir creciendo debido a la existencia en todo el mundo de cientos de millones de hectáreas de espejos aguas aptas para su desarrollo, de las cuales si se utilizara sólo un 10% se obtendría el doble de la captura por pesca que se extrae actualmente (DINARA, 2010). Las aguas superficiales que forman parte del sistema acuático continental se encuentran distribuidas en ríos, lagos y embalses. Estas aguas pueden provenir de la precipitación, el deshielo o bien proceder de la descarga de los acuíferos. Una parte de estas aguas superficiales puede llegar a explotarse, sumando, por tanto, a las alternativas para el desarrollo de actividades como la acuicultura, turismo, etc (Barcelo, 2008).

A nivel mundial se tiene referencia de estudios correspondientes al empleo de ecosistemas acuáticos con potencial a través de la acuicultura. En Chile, Vila *et al.* (1986), reportan un diagnóstico y evaluación del potencial biológico de ríos, lagos y estuarios. Asimismo, Velasco *et al.* (1999), realizaron el estudio limnológico de seis cuerpos leníticos, lo cual les permitió hacer una valoración de la calidad del agua de los medios estudiados y de su grado de eutrofización, y a la vez suministraron por primera vez información completa de la composición de las comunidades del plancton y macrozoobentos de medios acuáticos de La Rioja, España.

En este mismo contexto, Caridad & Gómez (2005), realizaron el estudio limnológico de lagunas y turberas de montaña en España, con la finalidad de analizar las comunidades fitoplanctónicas y sus relaciones con las variables físico-químicas del agua. Garibotti *et al.* (2009), en Argentina, estudiaron dos lagunas de la Región Pampeana con el objetivo de conocer las condiciones limnológicas de estas y brindar información sobre los microcrustáceos planctónicos que habitan en estos ecosistemas. Montoya & Aguirre (2009), elaboraron el estado del arte de las condiciones limnológicas de lagos de planos inundables (Ciénagas, Colombia), concluyendo que las investigaciones en los lagos de llanura de inundación colombianos se han enfocado principalmente en la caracterización biótica de estos sistemas. No obstante al número elevado de lagos inundables, la información disponible no alcanza ni el 20 % de los ecosistemas, lo que puede indicar carencia de investigaciones y la pérdida de información de los estudios de impacto ambiental y de planes de manejo de humedales.

El Perú es uno de los 15 países con mayor diversidad biológica del mundo, por su gran variedad genética, especies de flora y fauna y ecosistemas continentales y marítimos (MINAM, 2009). En este marco, Von (2012) menciona que el conocimiento sobre la diversidad biológica en el Perú se ha incrementado de manera considerable durante la última década, pero la escasez de infraestructura y tecnologías adecuadas para continuar con dichas investigaciones, además de la necesidad de un mayor apoyo por parte de entidades gubernamentales, son los principales obstáculos que tienen que ser superados para seguir desarrollando el conocimiento de la biodiversidad peruana en ecosistemas acuáticos.



Desde el punto de vista de la política del sector acuícola y pesquero en el Perú, el Programa Nacional de Desarrollo de la Acuicultura (PNDA), establece la Visión del Perú, considerando que durante el periodo 2010- 2021 será un país competitivo y diversificado, económica y socialmente viable y ambientalmente sostenible en el tiempo, que contribuye con la seguridad alimentaria de la población, desarrolla tecnologías de cultivo de nuevas especies y genera aportes importantes en divisas, contando con un sector público y privado dinámico que colabora estrechamente entre sí (Ruiz , 2012).

En el Perú el estudio de las lagunas está relacionado con diversos aspectos ecológicos. Flores *et al.* (2005), por ejemplo realizaron el estudio de la diversidad florística de los alrededores de las lagunas Pomacocha y Habascocha en la ciudad de Junín con el objetivo de conocer la riqueza florística que circunda a estas lagunas, así como llamar la atención de los especialistas a fin de promover su manejo y conservación . Acuy & Pulido (2005), realizaron el censo neotropical de aves acuáticas con la finalidad de conocer las diferentes especies de aves existentes y su relación con los diferentes ecosistemas en lagos, lagunas y humedales en el Perú. También, Barrio (2006), realizó el análisis de la comunidad de aves presentes en las lagunas arrebiatadas y Zona de Páramo Circundante y Santuario Nacional Tabaconas Namballe (San Ignacio, Cajamarca), con la finalidad de determinar si los cuerpos de agua del área a evaluar reúnen los requisitos para ser propuestos como lugares de conservación basados en la convención Ramsar (uso racional de humedales), donde se establece los criterios para ser designados como humedales de importancia, como aves principalmente migratorias. Oblitas *et al.* (1987), realizaron estudios de los índices de diversidad, predominio y algunos factores bióticos de los ríos Puclush, Magdalena y Jequetepeque ubicados en el distrito de Guadalupe (Perú) con la finalidad de tener una idea sobre la productividad primaria.

En otro contexto, el Ministerio de Pesquería (1977), señala que el proceso de selección de los cuerpos de agua loticos con proyecciones hacia la piscicultura intensiva, implica estudios limnológico detallados para conocer el comportamiento preciso de los ambientes. Con este propósito, Fukushima *et al.*(1980), realizaron el estudio limnológico pesquero del lago Pomacochas ubicada en el departamento de Amazonas (Perú) considerando que para el máximo aprovechamiento debe tenerse un conocimiento amplio e integrado del ecosistema acuático en referencia y su conexión con las comunidades terrestre circundantes. Posteriormente, Fukushima & Shimokawa (1987), realizaron el estudio limnológico preliminar de las lagunas: Larga, Cushuro y Collasgón (Huamachuco, La Libertad, considerando que el aprovechamiento adecuado de los cuerpos de agua continentales orientados hacia la producción piscícola es una de las alternativas más importantes. Luján (1999), realizó la determinación de algunos factores físicos, químicos y biológicos de la laguna Llanganuco localizada en Huaraz (Perú), con la finalidad de dar a conocer la innumerable riqueza que posee y su posible aprovechamiento científico y económico. Al mismo tiempo Yataco (1999), realizo el estudio de las interrelaciones de los factores abióticos y bióticos y la influencia en la laguna Llanganuco, con la finalidad de aportar información disponible para los estudios a futuro. Loayza et al. (2006), realizaron el estudio preliminar de los principales factores abióticos de la laguna Sausacocha (Huamachuco, Perú) con la finalidad de generar información para orientar su manejo.

En el Perú, el MINAM (2009) afirma que existe una importante capacidad y gran potencial para el desarrollo de la agricultura, agroindustria, pesquería, acuicultura, industrias hidrocarbúricas y minero-metalúrgicas, turismo, producción de biocombustibles y energías alternativas, sin embargo advierten que en la practica el aprovechamiento debe ser de manera sostenible.

El Perú alberga, especialmente en sus partes más altas, una gran cantidad de lagos y lagunas de régimen permanente o temporal y de gran diversidad de tamaños, los mismos que presentan un gran potencial de aprovechamiento para diversos usos, tales como la agricultura, energía, piscicultura, abastecimiento humano, industrial y minero (Chocano, 2005). Para ello existe la Ley General de Recursos Hídricos N° 29338 en su art. 6° (Principio de sostenibilidad), señala que el Estado peruano promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su



calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran el uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones. No obstante, esta norma en la actualidad no se cumple de acuerdo a ley, debido a la limitada información que sirvan como línea base para el desarrollo de una actividad sostenible o su posible conservación.

El Inventario Nacional de Lagunas realizado por ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) en 1980 muestra que el Perú poseía 12201 lagunas, de las cuales, 3896 eran ubicadas en la vertiente del Pacífico; 7441 en la del Atlántico; 841 en la del Titicaca y 23 en vertientes cerradas. De éstas, 186 lagunas se encontraban en explotación con una capacidad promedio de regulación de 3028 MMC (millones de metros cúbicos), localizándose 105 en la vertiente del Pacífico con una capacidad de regulación de 1379 MMC; 76 en la vertiente del Atlántico con 1604 MMC; 2 en la hoya del Titicaca con 4MMC y 3 en las vertientes cerradas con 41MMC de capacidad de almacenamiento (MINAGRI, 2009). No obstante esta valiosa información, no se ha tenido una política sostenida para continuar con más estudios que permitan disponer al detalle las características de estos cuerpos de agua. Con relación al potencial hídrico continental en el Perú, el MINAGRI (2012), señala que el agua superficial disponible a nivel nacional es abundante y está distribuida en 159 cuencas hidrográficas y 70 intercuenas. A esta información señala anteriormente, se debe añadir que de acuerdo con el inventario de glaciares y lagunas realizados por la Autoridad Nacional de Agua (ANA) en el año 2014, el Perú cuenta con 8355 lagunas de origen glaciar ubicadas 19 cordilleras nevadas del país que cubre una superficie de 916,64 km².

En este mismo contexto, según el inventario de glaciares y lagunas realizados por la Autoridad Nacional de Agua (ANA) en el año 2014, publica los resultados obtenidos correspondiente al inventario de glaciares de 19 cordilleras nevadas del Perú, y muestran un total de 2 679 glaciares con una superficie de 1298,59 km². Las cordilleras de mayor extensión son: La Cordillera Blanca (Andes del Norte), Vilcanota y Vilcabamba (Andes del Centro) con 755, 374 y 355 glaciares y superficies de 527,62; 279,40 y 129,15 km² respectivamente. En general la altitud mínima de los glaciares inventariados se encuentra sobre los 4000 msnm. Las cordilleras nevadas del Perú en los últimos 40 años han registrado una pérdida en superficie de 42,64 %, con respecto a los resultados obtenidos en el inventario del año 1970. Los glaciares pequeños son los más susceptibles a los cambios de superficie; en el último inventario realizado se ha identificado un total de 2341 glaciares (87,38%) con superficie ≤ 1 km² y 338 glaciares (12,62%) con superficie > 1 km².

Alrededor de 600 recursos hídricos han sido evaluados por las Direcciones Regionales de la Producción a nivel nacional, que incluyen ríos y lagunas cuyos resultados indican que pueden ser utilizados con fines acuícolas. PRODUCE (sa), señala que luego de evaluar más de 600 recursos hídricos incluidos ríos y lagunas recomiendan que gran parte de ellos podían ser utilizadas con fines de acuicultura. En este contexto, añaden que el lago Titicaca (localizado en Puno), se han habilitado un total de 13470,29 hectáreas; de las cuales se han otorgado 230.29 ha, principalmente a nivel de subsistencia y a menor escala, lo que convierte al lago en una zona con gran potencial para desarrollar actividades de acuicultura.

Brack (2006) y Mendoza (2013), señalan que la acuicultura en el Perú se desarrolla en base a las ventajas naturales que posee, y podría convertirse en un importante actor en la acuicultura mundial. Añaden los lagos y lagunas, dadas sus cualidades paisajísticas, como las lagunas Sausacocha, Cushuro, la Laguna Negra, El Capuli, no solo son importantes lagunas en la acuicultura, sino también para las actividades turísticas y recreacionales, por ejemplo la laguna de Sausacocha se produce trucha y se brinda algunos servicios de restaurante y venta de trucha, el alquiler de botes de madera para navegar en sus aguas y observar una gran diversidad de aves; además visitar los criaderos flotantes de trucha. Dadas estas peculiaridades, esta laguna es la más importante en el departamento de La Libertad (Municipalidad Provincial Sánchez Carrión, Huamachuco, 2013).



Es de suponer que el número de lagunas en el Perú este creciendo debido al proceso de la deglaciación que se viene acentuando en nuestras cordilleras nevadas tropicales, que representan las áreas más extensas y altas del mundo, (MINAGRI, 2009).

En este contexto PRODUCE (2012), considerando como potencial uso de los recueros hídricos del Perú, a la acuicultura, establece en el Plan Nacional de Acuicultura 2010 – 2021, que las de prioridad alta a realizar estudios ecológicos de cuerpos de agua continentales, y recomienda metodologías y criterios para la determinación de la capacidad de carga productiva para la acuicultura en lagos, lagunas y represas. Es esta estrategia de estudio la que remueve el interés de la presente investigación por abordar el estudio bioecológico de lagunas altoandinas.

En cuanto a los recursos hídricos en el distrito de Conchucos localizado en el departamento de Ancash , este cuenta con aproximadamente 40 lagunas, las que distribuyen sus aguas tanto para la vertiente del Atlántico, así como para el Pacífico a través de los Ríos Llamacocha y Tauli (Municonchucos, 2013). Esta información en la práctica debe estar plenamente articulada a la Ley de Promoción y desarrollo de la Acuicultura y sus modificaciones. N° 27460, que en su art.5, establece que en relación a recursos hídricos ubicados dentro de la jurisdicción de comunidades campesinas y nativas, éstas tendrán la prioridad para su uso con fines de acuicultura, caso contrario o podrán ser otorgados a terceros. La Comunidad Campesina de Conchucos tiene los derechos sobre las tierras superficiales de todo su distrito. La ciudad de Conchucos se considera dentro del área de influencia directa ya que colindan con la quebrada Magistral y el campamento minero Ancash Cobre S.A. La quebrada Magistral cuenta con 26 concesiones mineras y forma parte de la cuenca de la quebrada Challhuacocha, siendo su afluente por la margen derecha y la confluencia con la quebrada Chalhuacocha se ubica a 3525 msnm al verter esta sus aguas a la laguna Llamacocha (Vector Perú 2008).

En la microcuenca de Conchucos se encuentran más de 40 lagunas de las cuales las más importantes son las Lagunas Lechacocha, Labrascocha, Challhuacocha, Mullo Grande y Llamacocha. De este set de lagunas, es de interés a estudiar la Laguna Llamacocha con el propósito de caracterizarla bioecológicamente, y en base a ello establecer su potencial piscícola, turístico, así como conocer su vulnerabilidad ante la contaminación por actividades antropogénicas como la minería localizada cotas arriba de este cuerpo de agua. El estudio se constituiría en la línea base ya que no hay información de algún estudio realizado para su posible proyección de uso acuícola o repoblamiento, uso turístico y otros usos a largo plazo la conservación de biodiversidad. Además desde el punto de vista cultural brindar información a la comunidad de Conchucos y al país. En este contexto se planteó el siguiente problema ¿Cuáles son las características bioecológicas de la Laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos, (Ancash, Perú)?



OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer las características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Perú)

Objetivos específicos

- Describir los aspectos morfométricos (batimetría, perfiles, parámetros morfométricos)
- Describir aspectos físicos (temperatura color aparente, transparencia, sólidos totales suspendidos), químicos (oxígeno disuelto, pH, nitritos) y biológicos del agua (fitoplancton, zooplancton).
- Describir aspectos sedimentarios (composición granulométrica, color y materia orgánica).
- Identificar la fauna aviar y diversidad florística.
- Identificar Intervención antrópica.
- Evaluar condición de la laguna Llamacocha para su posible aprovechamiento a través de alguna actividad económica, que contribuya con el desarrollo social, económico y cultural de las poblaciones aledañas.



MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Laguna Llamacocha localizada en el distrito de Conchucos provincia de Pallasca, ubicada en el nor- este del departamento de Ancash, con coordenadas 8°16'01" S 77°51'00" O, a una altitud de 3 180 m.s.n.m.

La laguna fue dividida en 9 transeptos y en cada transepto se ubicaron de 3 a 2 estaciones representados por las letras (A, B, C). Para el ingreso a la laguna se empleó un bote de goma, el cual se movilizaba en dirección recta guiado por un cabo que estaba atado de orilla a orilla que representaba al transepto. La localización de las estaciones de muestreo, cerca de las orillas y en el centro se hizo mediante un GPS. En cada estación se colectaron las muestras de sedimento y agua, paralelamente se midieron los parámetros físicos, químicos en superficie y fondo.

2. Fases de campo y laboratorio

Se hizo mediante un recorrido por toda su orilla, registrándose puntos a través de GPS Rino 120 (Garmin).

2.1. Aspectos morfométricos

2.1.1. Batimetría

Para el estudio batimétrico de la laguna Llamacocha, primero se trazaron transeptos de orilla a orilla. Luego se instaló un cabo entre punto a punto, y con el apoyo de un bote de goma cada 20 m se lanzó un lastre de 10 kg atado a un cabo graduado cada metro y se registró la profundidad. Los resultados se analizaron con el programa ArcGIS, para obtener un modelo bidimensional de la laguna.

2.1.2. Perfiles

Se elaboraron perfiles batimétricos en base de las curvas del plano batimétrico, en las escalas de 1:1000 para el eje horizontal y 1:500 para el eje vertical, con el fin de hacer destacar los detalles que presenta el fondo.

2.1.3. Parámetros morfométricos

Se determinó en base a los procedimientos y fórmulas establecidas por Fukushima *et al.* (1980):

- Longitud máxima (LM), longitud efectiva máxima (LEM), ancho máximo (AM) y anchura efectiva máxima (AEM).

- Anchura media (Am)

Se calculó mediante la siguiente relación:

$$Am = \frac{\text{Área de la laguna}(m^2)}{LM (m)}$$

- Profundidad media (Pm)

Se calculó mediante la siguiente relación:

$$Am = \frac{\text{Volumen de la laguna} (m^3)}{\text{Área} (m^2)}$$



- Profundidad máxima (PMx)

Se obtuvo de los datos registrados en la batimetría.

- Relación Profundidad Media/Profundidad Máxima (Pm/PMx)

Esta relación se obtuvo por la división de la profundidad media entre la profundidad máxima.

- Relación Profundidad Máxima / Área superficial

Se calculó dividiendo la profundidad máxima entre la raíz cuadrada de la superficie. Se expresa en valores decimales y es una indicación de la profundidad a la extensión horizontal de la laguna.

- Área (A)

Es la determinación de la extensión superficial del espejo de agua en (m²).

- Longitud de la línea de orilla (LO)

Corresponde a la medida del perímetro del cuerpo de agua expresada en (m).

- Desarrollo de la orilla (DO)

$$DO = \frac{LO}{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

Donde:

LO = Longitud de la línea de orilla (m)

A = Área (m²)

- Volumen total de la laguna

Se calculó estrato por estrato.

$$Vi = h/3(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

Dónde:

Vi = Volumen de agua por estrato

h = Profundidad del estrato

A₁ = Área del contorno sumergido superior

A₂ = Área del contorno sumergido inferior

El cálculo final del volumen total (Vt) corresponde a la suma total de los volúmenes parciales:

$$Vt = A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_n$$

- Desarrollo de volumen

Se calculó el grado de acercamiento de la forma del lecho a la forma cónica.

$$Dv = 3 Pm / PMx$$

Dónde:

Pm = profundidad media

PMx = Profundidad máxima



2.2. Aspectos meteorológicos

La nubosidad del cielo se determinó en octavos bajo la escala de Laevastu (1971). Para ello solo fue necesario la observación de la cobertura de cielo por nubes, como se muestra en la tabla 1.

La velocidad del viento se determinó utilizando un anemómetro con $0,1 \text{ m s}^{-1}$ de sensibilidad, estaciones de muestreo: fueron entrada, medio y salida del agua de la laguna.

Tabla 1 Código para informar condiciones de nubosidad (Laevastu 1971).

| N° de Escala | Cobertura de nubes |
|--------------|---|
| 0 | Ninguna |
| 1 | 1 octavo, o sea 1/8 de cielo cubierto |
| 2 | 2 octavo, o sea 2/8 de cielo cubierto |
| 3 | 3 octavo, o sea 3/8 de cielo cubierto |
| 4 | 4 octavo, o sea 4/8 de cielo cubierto |
| 5 | 5 octavo, o sea 5/8 de cielo cubierto |
| 6 | 6 octavo, o sea 6/8 de cielo cubierto |
| 7 | 7 octavo, o sea 7/8 de cielo cubierto |
| 8 | 8 octavo, o sea 8/8 de cielo cubierto |
| 9 | Cielo oscurecido (v.g por niebla) o cantidad de nubes no calculada debido la oscuridad. |

2.3. Aspectos hidrológicos

2.3.1. Procedencia del agua y caudal

Se determinó la procedencia del agua así como su origen, mediante un recorrido por las orillas de la laguna y las zonas aledañas.

Los caudales se determinaron haciendo uso del método del flotador propuesto por Laevastu (1980), basado en la siguiente fórmula:

$$F = 0.9 (L \times A \times P) / T$$

Donde:

0.9 = constante

L = longitud (m)

A = ancho (m)

P = profundidad (m)

T = tiempo (min.)

Los resultados se expresan en m^3 / s

2.3.2. Desaguadero

Para establecer los puntos de descarga de agua de la laguna se realizó un recorrido por sus orillas; y el caudal se determinó haciendo uso del método del flotador propuesto por Laevastu (1980).

2.4. Aspectos sedimentológicos

2.4.1. Procedimiento para la recolección

Para extraer el sedimento en cada estación se utilizó una draga de Ekman, luego se trasvasó la muestra a bolsas de polietileno, previamente rotuladas, finalmente se le agregó una solución de formol al 10%. Las bolsas fueron colocadas en cajas y transportadas al Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Nacional del Santa.

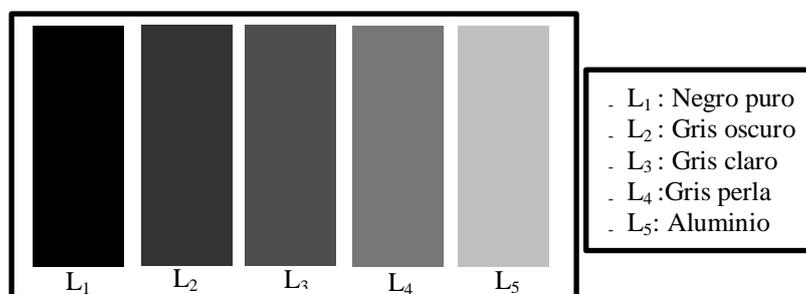
2.4.2. Análisis en laboratorio

Para determinar la composición granulométrica, las muestras fueron vaciadas a unas bandejas plásticas en donde procedió a homogenizarlos para luego tomar submuestras y trasvasarlas a placas Petri, y de este modo observadas en un estereoscopio. La clasificación por tamaño de partícula se realizó de acuerdo a la Escala de tamaño de grano de Udden - Wentworth, modificado de Adams *et al.* (1984), como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams *et al.* (1984).

| CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------|
| Límites de clases (milímetros) | Clases de tamaño | Término para roca | | |
| 256 16 4 2 | G r a v a s | Peñascos | Conglomerado | |
| | | Mataténas | Brecha | |
| | | Guijarros | Rudita | |
| | | Gránulos | Rocas rudáceas | |
| 1 0.05 0.25 0.125 0.0625 | A r e n a s | Arenas muy gruesas | Arenisca | |
| | | Arenas gruesas | Arenita | |
| | | Arenas medianas | | |
| | | Arenas finas | Rocas arenáceas | |
| | | Arenas muy finas | | |
| 0.0312 0.0156 0.0078 0.0039 | L i m o s | Limo grueso | L i m o l i t a | Argilita |
| | | Limo medio | | Rocas argiláceas |
| | | Limo fino | | Lodolita |
| | | Limo muy fino | | Rocas Lodosas |
| | Arcilla | Lutita | Lutita | |

Luego de vaciadas las muestras en bandejas plásticas y homogenizadas, como en el ítem 2.4.2, se procedió a determinar el color del sedimento. Para el cual se utilizó una paleta de colores de los cuales se seleccionaron cinco tipos los más semejantes a las muestras obtenidas, como se muestra en la fig.1.



Fuente: Escala de Munsell (1915)

Fig. 1 Escala de color aparente de sedimento.

2.4.3. Materia orgánica del sedimento

De una porción de la muestra de sedimentos homogenizado se tomaron submuestras en placas Petri para ser secadas en una estufa a 60°C, luego se tritura el sustrato seco utilizando un mortero. Posteriormente se pesaron crisoles vacíos con una balanza analítica sensibilidad ± 0.01 mg en que se les añadió lodo seco triturado; y fueron colocados en una mufla a 450°C por 5 horas, y finalmente se volvieron a pesar. Para realizar el cálculo de porcentaje de materia orgánica, se empleó la siguiente formula:

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Donde:

A= Peso del crisol más sustrato seco antes de la ignición

B= Peso del crisol más cenizas después de la ignición

C= Peso del crisol vacío

2.5. Parámetros físicos

2.5.1. Temperatura ambiente

Se utilizó un termómetro simple de alcohol protegido, con 0.1 °C de sensibilidad, registrando al inicio y al final del muestreo.

2.5.2. Temperatura del agua

Se empleó un termómetro simple de alcohol protegido con 0,1 °C de sensibilidad, registrando valores de la superficie y del fondo de la laguna, Para la extracción del agua se utilizó la botella muestreadora Van Dorn.

2.5.3. Color aparente del agua

Se establecieron 3 puntos para establecer el color: en la zona media de la laguna, después en la entrada y la salida del agua. Se determinó mediante la comparación con patrones, utilizando una escala Forel (1892), como se muestra en la fig. 2.

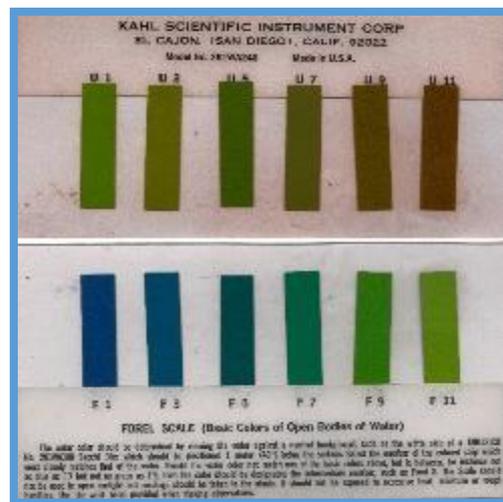


Fig. 2 Escala de color aparente de agua.



2.5.4. Transparencia del agua

Para la medición de este parámetro se utilizó al disco de Secchi de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, atado a una cuerda graduada cada 0.5 m. Para registrar los datos primero se sumergió el disco por el lado sombreado de la embarcación hasta que dejó de verse, momento en que se registra la profundidad. Luego volvió a subir hasta que nuevamente se hizo visible. El valor de la transparencia corresponde al promedio de estas dos medidas. Este procedimiento se repitió en cada estación de muestreo.

2.5.5. Sólidos suspendidos totales

Para este propósito se colectó en botellas plásticas rotuladas de 600 ml de capacidad directamente de la superficie del agua, aproximadamente 500 ml; los que se mantuvieron en una refrigeradora a 4°C hasta llegar al Laboratorio Biología Acuática para su respectivo análisis. Se utilizó el método analítico gravimétrico correspondiente de la APHA-AWWA-WPCF (1992).

Empleando la siguiente fórmula:

$$\text{SST (mg /L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol. de la muestra (ml)}}$$

Donde:

SST = sólidos suspendidos totales en mg/L

A = peso del envase más muestra seca en mg

B = peso del envase en mg.

2.6. Parámetros químicos

2.6.1. Oxígeno disuelto (OD)

El registro de OD se realizó *in situ*, las mediciones se realizaron cuidadosamente para prevenir cualquier cambio en su contenido gaseoso, empleando para ello el método electrométrico, con el uso de un oxímetro de la serie QATKON de sensibilidad ± 0.01 mg/L.

Para la medición de este parámetro en agua superficial se realizó de manera directa, colocando el sensor del oxímetro a 50 cm por debajo de la superficie. Para el caso para agua de fondo se utilizó una botella muestreadora tipo Van Dorn, Para registrar la temperatura a esa profundidad se abrió una de las tapas de la botella y se introdujo el sensor del oxímetro para su respectiva lectura.

2.6.2. pH

La medición de este parámetro se realizó *in situ* empleando para ello el método electrométrico, con el uso de un pHmetro de marca HANNA HI98103 de sensibilidad ± 0.01 .

Para registrar el pH del agua superficial se tomaron muestras de agua directa con el uso de 5 L de capacidad; en tanto que para registrar el pH del agua de fondo se empleó una botella muestreadora tipo Van Dorn. La muestra fue depositada en un vaso se introdujo el sensor del pHmetro para su respectiva lectura.

2.6.3. Nitritos (NO_2)

Para cuantificar los nitritos en agua, se recolectaron solamente muestras de la superficie con un balde de 5 L de capacidad, para su posterior análisis. El procedimiento se utilizó un kit de nitritos marca Nutrafin Test Kit. Se tomó con una pipeta una muestra de agua, hasta 5 ml para llenar el tubo de ensayo después se añadió 5 gotas del reactivo N° 1 y 5 gotas del reactivo N° 2 al tubo de ensayo luego se tapó manteniendo con el dedo y se agito bien para hacer la mezcla. Finalmente se esperó dos minutos para que se desarrolle el color e identificarlo con el color más parecido en la escala de colores, como se muestra en la fig.3.



Fig. 3 Escala de colores para determinar la cantidad de nitritos (NO_2).



2.7. Parámetros biológicos

2.7.1. Fitoplancton

2.7.1.1. Colecta en superficie

La toma de muestras para ensayos cualitativos y cuantitativos de fitoplancton se realizó de manera directa de la superficie del agua.

La localización de la estación de muestreo, se hizo mediante un GPS, luego se enjuagaron las botellas de plástico previamente rotuladas tres veces con agua del lugar, después se sumergió aproximadamente unos 30 cm por debajo de la superficie del agua, llenando hasta 500 ml se agregó Lugol para obtener una solución de 0.7% para su conservación. Las botellas fueron protegidas de la luz y se mantuvieron las muestras en una refrigeradora a 4°C hasta su análisis en laboratorio.

2.7.1.2. Colecta en profundidad

Para la toma de muestras para ensayos cualitativos y cuantitativos de fitoplancton en profundidad a 1m del fondo se utilizó una botella muestreadora Van Dorn, con capacidad de 2 L.

La localización de la estación de muestreo, se hizo mediante un GPS Gramin, luego a través de una manguera se llenó una botella de plástico rotulada, a 500 ml, luego se agregó Lugol para una solución de 0.7% para su conservación. Las muestras fueron protegidas de la luz y se mantuvieron en una refrigeradora a 4°C hasta su análisis en laboratorio.

2.7.2. Zooplancton

Para la toma de muestras de agua para ensayos cualitativos y cuantitativos de zooplancton se realizó en sentido horizontal con una red de malla estándar con diámetro de boca 25 cm y un largo de 70 cm y con una abertura de malla de 20 μ m.

Para coleccionar las muestras se arrastró la red en la superficie, mientras la embarcación avanza lentamente aproximadamente 0.5 nudos, el tiempo de arrastre fue de 2 minutos. Después se procedió a trasvasar el filtrado obtenido en la botella de plástico rotulada a 200 ml, a la que se añadió Lugol para una solución de 0.7% para su conservación. Se protegió las muestras de la luz, las muestras se mantuvieron en una refrigeradora a 4°C hasta su análisis en laboratorio.

2.7.3. Procedimiento de análisis de las muestras en laboratorio

A partir de las muestras tomadas en campo tanto de fitoplancton y zooplancton se llevó a cabo el análisis en laboratorio, empleando probetas de 100 ml, una manguera de venoclisis de 100 cm y un vaso precipitado de 500 ml, se utilizó el método de concentración por sedimentación las muestras a analizar se fijaron previamente.

Las muestras en el laboratorio fueron colocadas sobre una mesa para permitir la precipitación del fitoplancton, por 48 horas, se decantó sobrenadante dejando 100 ml de muestra concentrada en una probeta, nuevamente se decantó dejando 10 ml finalmente se procede a llenar en frasco pequeños para su respectivo análisis en microscopio compuesto.

2.7.4. Análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton

Primero se homogenizó la muestra concentrada, suavemente, luego se tomó una submuestra con una pipeta Pasteur se llenó lentamente una cámara de Sedgwick-Rafter, girando la parte posterior del cubreobjeto, para evitar la formación de burbujas en la esquinas.

Se dejó reposar por cinco minutos para permitir que el plancton se sedimente y posteriormente se procedió al análisis, utilizando a una magnificación inicial de 10X y luego 20X en el microscopio compuesto. La observación se realizó haciendo un barrido en toda la cámara Sedgwick-Rafter, como se muestra en la fig.4.

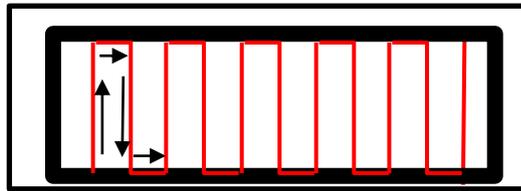


Fig. 4 Esquema de barrido en la cámara de Sedgwick-Rafter para el análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton.

Para el tratamiento de los datos relacionados con la biodiversidad del fitoplancton, zooplancton, se utilizó los siguientes índices: Margalef, Simpson, Shannon-Wiener, Pielou.

2.7.5. Análisis cuantitativo para fitoplancton y zooplancton

Primero se homogenizó la muestra con movimientos giratorios lentos y luego se extrajo una submuestra de la suspensión de microalgas empleando una pipeta Pasteur, seguido se llenó lentamente la cámara de Sedgwick-Rafter, girando la parte posterior del cubreobjeto, para evitar la formación de burbujas en la esquinas, se dejó reposar cinco minutos para permitir que el plancton se sedimente y se procedió a examinar a una magnificación inicial de 10X y luego 20X con microscopio compuesto. Antes de iniciar el recuento, observamos detenidamente toda la extensión de la cámara para comprobar que los organismos encuentren dispersos al azar el recuento de los organismos se realizó en 3 segmentos de la celda de S-R, como se muestra en la fig. 5.

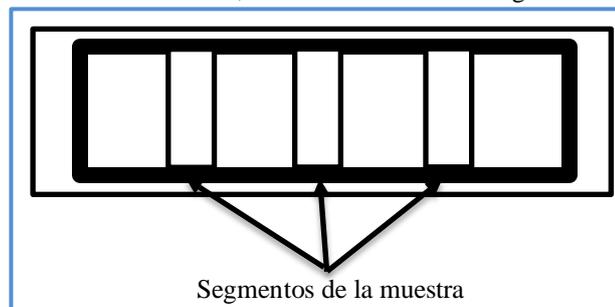


Fig. 5 Recuento en segmentos utilizando la Cámara de Sedgwick-Rafter.



Para calcular la densidad de células en la cámara S-R se utilizó la siguiente formula:

$$D_T = \frac{\text{cél. contadas} \times \text{vol. concentrado}}{\text{vol. muestra de campo} \times \text{vol. agua analizado}}$$

Para el tratamiento de los datos relacionados con la biodiversidad del fitoplancton, zooplancton, se utilizó los siguientes índices: Margalef, Simpson, Shannon-Wiener, Pielou.

2.8. Fauna aviar

Para identificar las especies de aves, se hizo un recorrido por las orillas de la laguna a fin de visualizar aves las diferentes especies se empleó un binocular. Para luego ser identificadas con claves taxonómicas de la página web Naturalist.

2.9. Diversidad florística

Para identificar las especies de plantas se hizo un recorrido por las orillas de la laguna con el propósito de observar y coleccionar las diferentes especies para luego ser identificadas con claves taxonómicas de la página web Naturalist.

2.10. Intervención antrópica

Se hizo el recorrido a todos los alrededores de la laguna capturando diversas fotos de los puntos más resaltantes, topografía circundante, carreteras y las zonas aledañas para describir las actividades relacionadas con la intervención antropogénica.

RESULTADOS

El muestreo de los aspectos meteorológicos, físicos, químicos y biológicos del agua, sedimentológico, de la avifauna y actividades antropogénicas de la laguna Llamacocha se realizó el 21 de agosto del 2014.

2.11. Aspectos morfométricos

2.11.1. Batimetría

En la fig. 6 se muestra las estaciones y transeptos de la laguna Llamacocha, así mismo el plano de curvas batimétricas de la laguna.

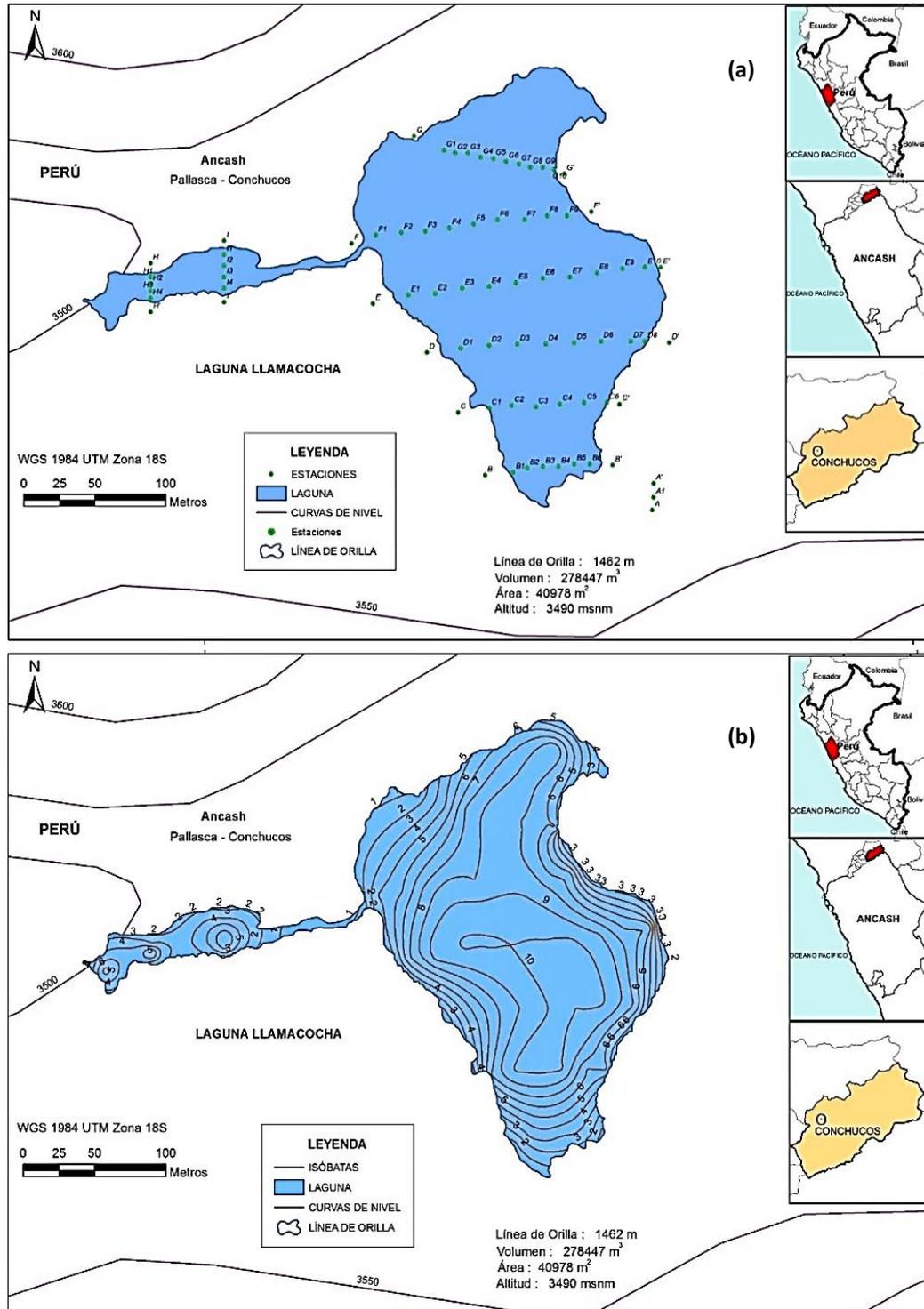


Fig. 6 estaciones y transeptos de muestreo (a), plano de curvas batimétricas de la laguna Llamacocha (b), obtenidas el 21 de agosto del 2014.

2.11.2. Perfiles

Detalles del perfil batimétrico de la cuenca de la laguna Llamacocha, correspondiente a cada uno de los transeptos establecidos, como se puede apreciar en la fig. 7.

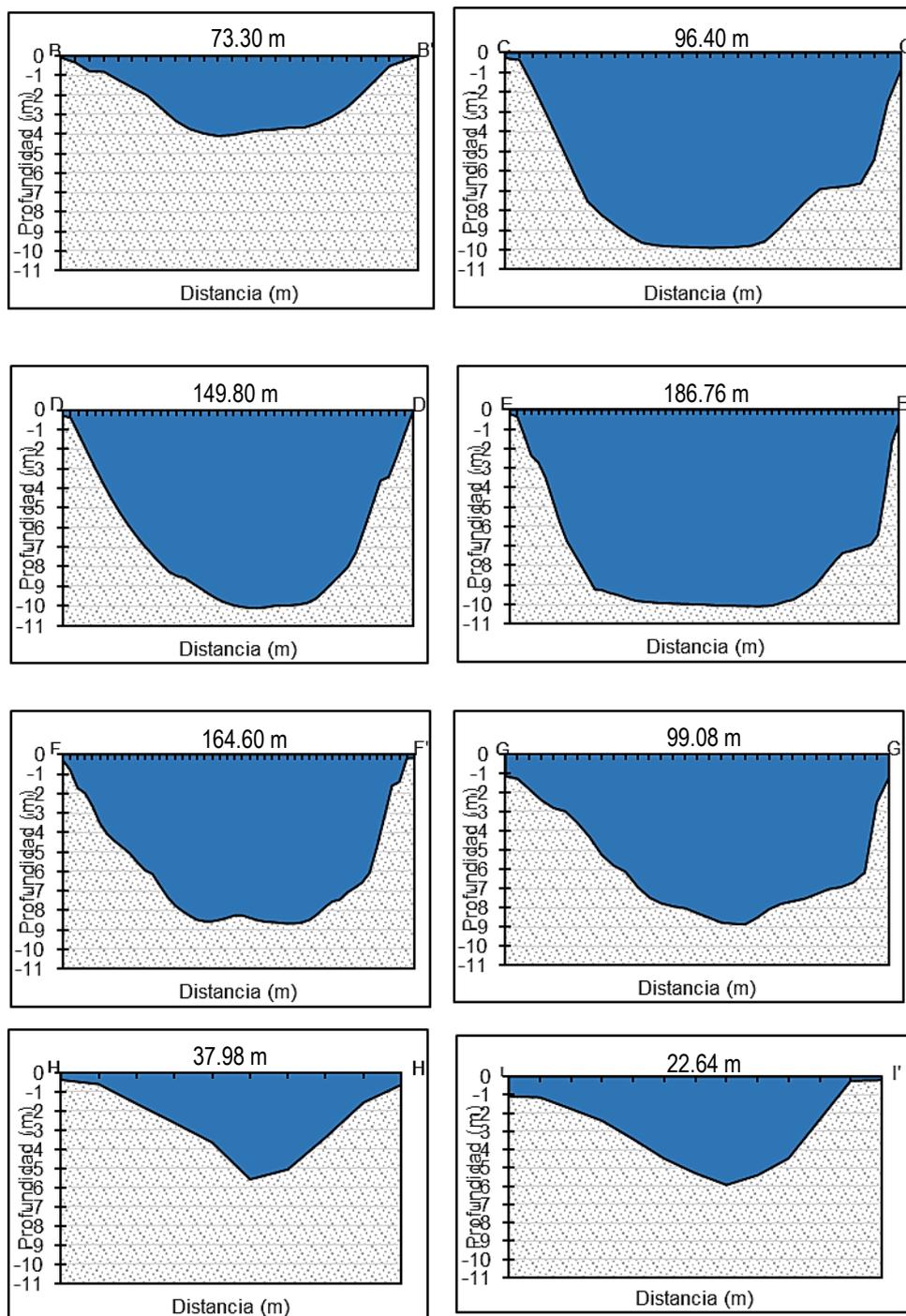


Fig. 7 Detalles del perfil batimétrico de la laguna Llamacocha según transeptos, Conchucos (Áncash, Perú), obtenidos el 21 de agosto del 2014.



2.11.3. Parámetros morfométricos

Se determinaron los parámetros morfométricos establecidos en el estudio de la laguna Llamacocha tal como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3 Parámetros morfométricos de la laguna Llamacocha, Conchucos (Ancash, Perú), correspondiente a agosto del 2014.

| Parámetros morfométricos | |
|--|-----------------------|
| Longitud máxima (LM) | 306 m |
| Longitud efectiva máxima (LEM) | 306 m |
| Ancho máximo (AM) | 210 m |
| Anchura efectiva máxima (AEM) | 210 m |
| Anchura media (Am) | 133.92 m |
| Profundidad media (Pm) | 6.8 m |
| Profundidad máxima (PMx) | 10.5 m |
| Relación profundidad media – Profundidad Máxima (Pm/PMx) | 0.68 |
| Relación profundidad máxima – Área superficial (PMx/A) | 0.05 |
| Área (A) | 40978 m ² |
| Longitud de la línea de orilla (LO) | 1462 m |
| Desarrollo de la orilla (DO) | 12.8 m |
| Volumen total de la laguna (V) | 278447 m ³ |
| Desarrollo de volumen (DV) | 2.04 |

2.12. Aspectos meteorológicos

2.12.1. Nubosidad

El muestreo se realizó, de acuerdo la escala 9 (Laevastu, 1971), con 1/8 de cielo cubierto.

2.12.2. Velocidad del viento

Se registró la velocidad del viento en 3 puntos de muestreo fueron: entrada: 0.1 m/s; medio: 0.1 m/s y salida 0.1 m/s

2.13. Aspectos hidrológicos

2.13.1. Procedencia del agua

La fuente de agua que abastece a la laguna Llamacocha procede de la Quebrada Magistral (S 08° 12'44.25" W 77° 46'11.97") y aportes de la Laguna Challhuacocha (S 08° 14'21.74" W 77° 45'56.17"), tal como se observa en la fig.8. Los caudales de estas dos fuentes se registran en la tabla 4.



Fuente: Google Earth (2014).

Fig. 8 Fuentes del agua a la laguna Llamacocha.

Tabla 4 Caudal (l/s) del abastecimiento de aguas registrada, en la Laguna Llamacocha, Conchucos en el mes de agosto.

| Abastecimiento de agua | Caudal (l/s) |
|------------------------|--------------|
| Entrada 1 | 51.12 |
| Entrada 2 | 22.41 |

2.13.2. Desaguadero

La laguna Llamacocha presenta un desaguadero (fig. 9) ubicado en las coordenadas (S 08° 15'23.72" W 77° 49'28.40"), y el que presento un caudal de 75.52 l/s.



Fuente: Google Earth (2014).

Fig. 9 Desaguadero de la laguna Llamacocha.

2.14. Parámetros físicos

2.14.1. Temperatura ambiental

La temperatura inicial del muestreo (a las 9:15 hora) de 15 °C y se finalizó el muestreo a la 13:20 hora, registrándose una temperatura de 22°C.

2.14.2. Temperatura del agua

En la fig. 10 se reporta la variación de las temperaturas de superficie y fondo de cada estación. Estos valores fluctuaron entre 12.2 y 15.5 °C, con un promedio de $14.4 \pm 3.3^\circ\text{C}$, y entre 11.0 y 13.0°C, con un promedio de $11.5 \pm 2^\circ\text{C}$, para la superficie y fondo, respectivamente, como se observa en la tabla 7.

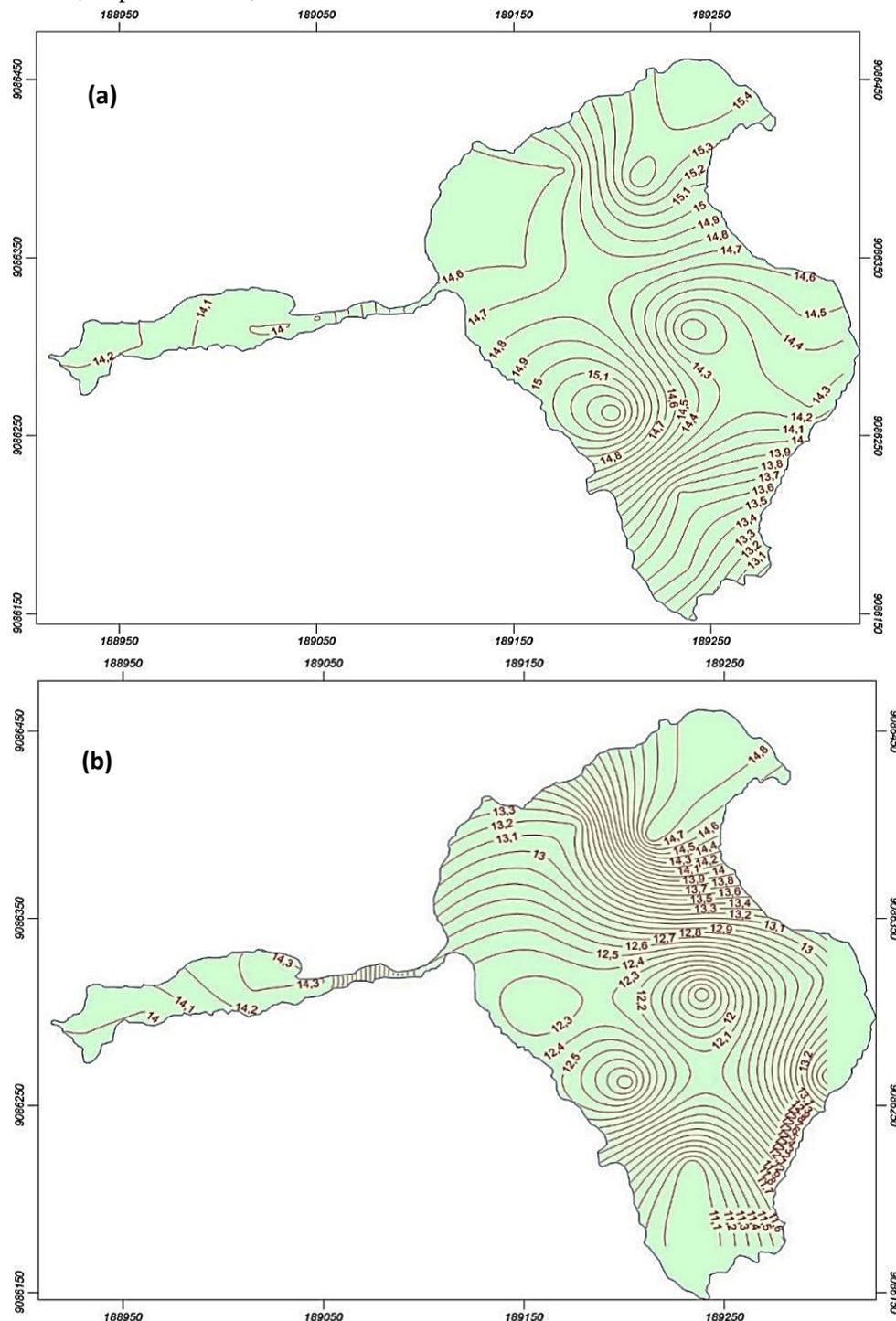


Fig. 10 Isothermas: (a) temperatura superficial, (b) temperatura del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014.

2.14.3. Color aparente del agua

Se observó color verde agua, en el canal de abastecimiento, en la zona media se observó una coloración verde oscuro y en la salida verde turquesa, fig.11.

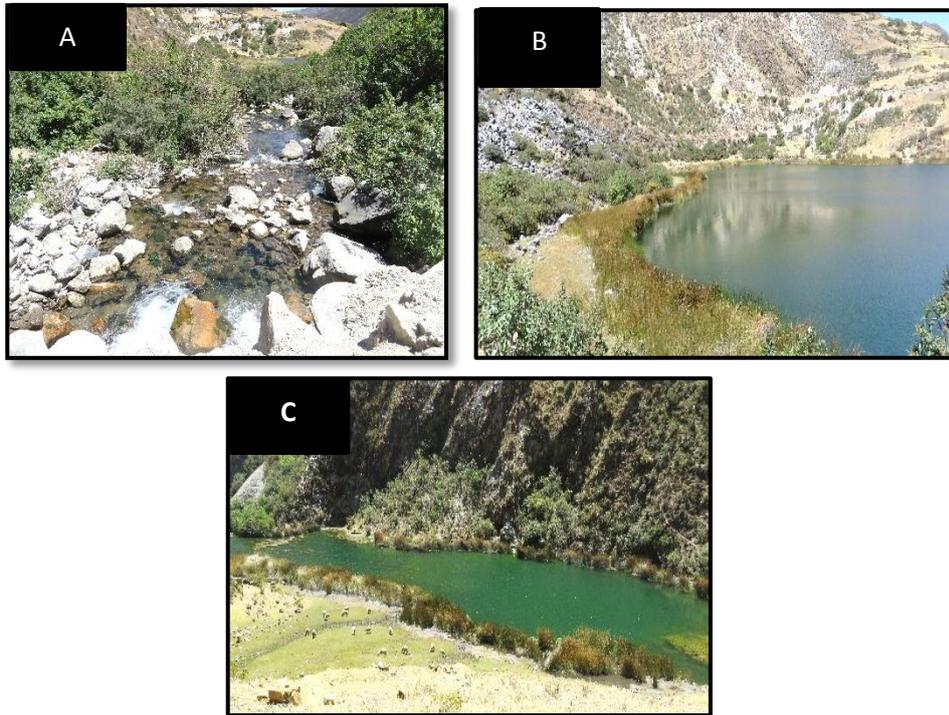


Fig. 11 Color aparente del agua A: Entrada 1- color verde agua, B: Medio- color verde oscuro, C: salida - verde turquesa.

2.14.4. Transparencia

La transparencia del agua, para las condiciones de cielo completamente despejado en promedio fue de 0.80 ± 0.35 m y un máximo valor de 0.95m en las estaciones 4 y 6, tal como se puede apreciar en la tabla 5, En la fig. 12 se representa esta variabilidad.

Tabla 5 Registro de valores de transparencia en la laguna Llamacocha (agosto del 2014).

| Transectos | Transparencia (m) | | |
|----------------|-------------------|-------|-------|
| | A | B | C |
| T ₁ | 0.8 | ----- | ----- |
| T ₂ | 0.9 | ----- | ----- |
| T ₃ | 0.9 | ----- | ----- |
| T ₄ | 1.5 | 1 | |
| T ₅ | 1.5 | 1 | 1.5 |
| T ₆ | 1 | 1.5 | |
| T ₇ | 1 | 0.9 | 0.85 |
| T ₈ | 0.8 | ----- | ----- |
| T ₉ | 0.5 | ----- | ----- |

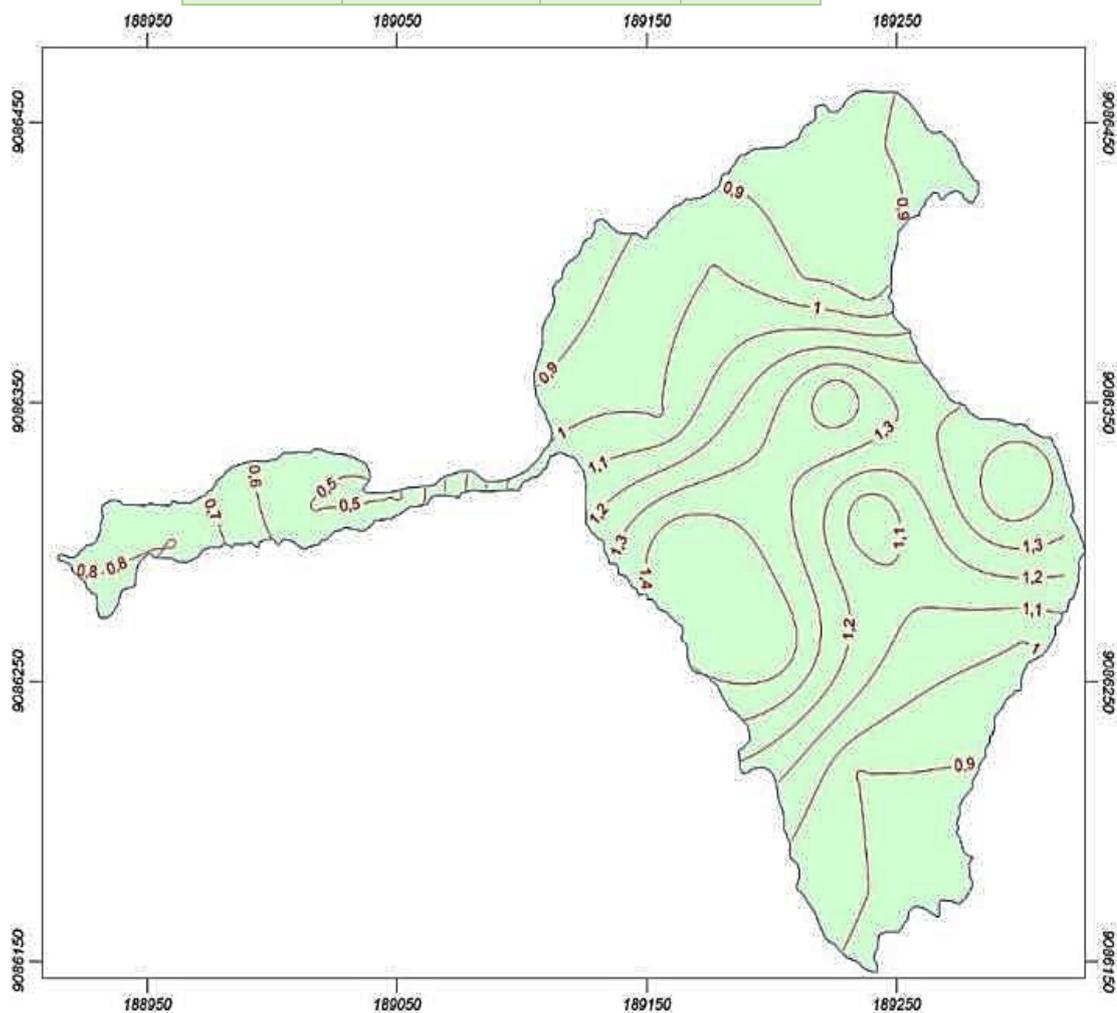


Fig. 12 Islóneas de transparencia de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014.

2.14.5. Sólidos Totales Suspendidos (SST)

Los Sólidos totales suspendidos (SST), de la laguna Llamacocha fluctuaron entre 0.02 y 0.076 mg/l, tal como se puede apreciar en la tabla 6, debiendo indicar que el valor promedio de este factor fue 0.050 ± 0.026 mg/l. Así mismo se determinó las isolíneas correspondientes, como se observa en la fig. 13.

Tabla 6 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST) registrados para cada una de las estaciones en la laguna Llamacocha.

| Transeptos | SST (mg/l) |
|------------|------------|
| 1 | 0.04 |
| 2 | 0.038 |
| 3 | 0.066 |
| 4 | 0.076 |
| 5 | 0.074 |
| 6 | 0.04 |
| 7 | 0.054 |
| 8 | 0.02 |
| 9 | 0.04 |

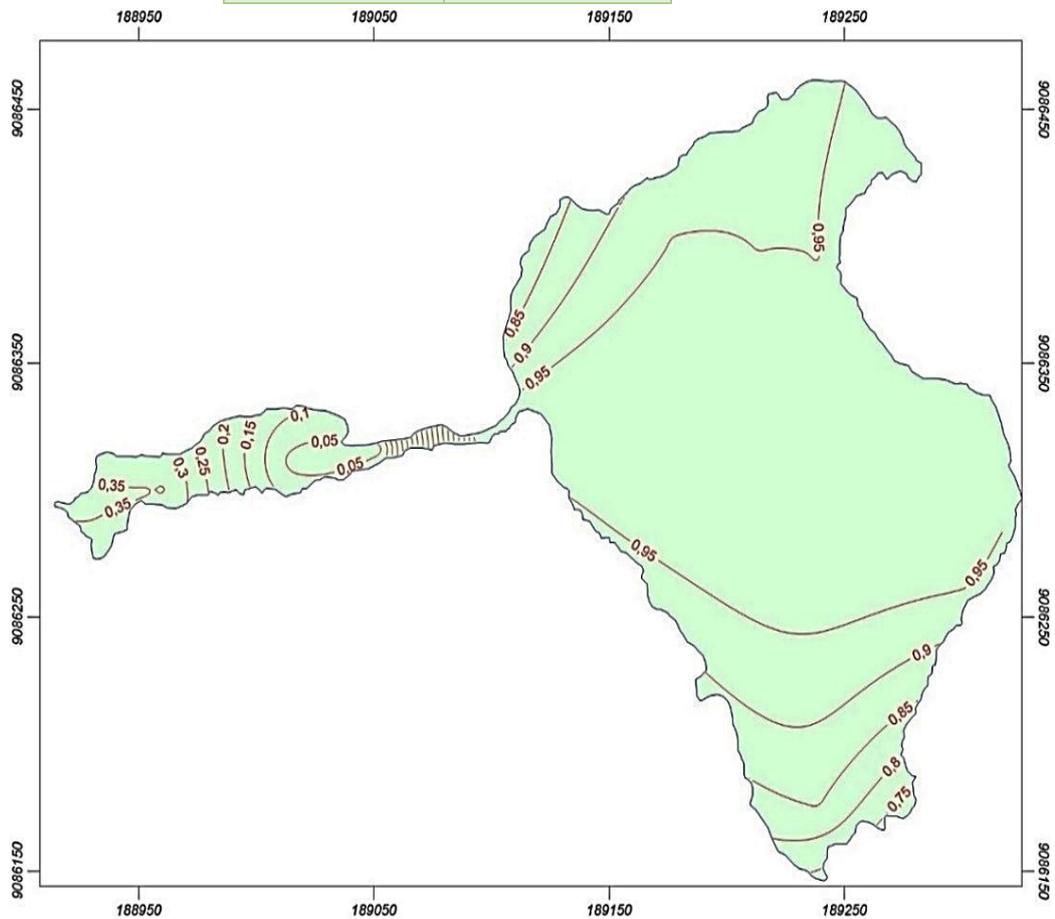


Fig. 13 Isolíneas de sólidos suspendidos totales (SST) de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014.

2.15. Parámetros químicos

2.15.1. Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto en la superficie del agua estuvieron entre 4.6 y 3.7 mg/l (promedio 4.14 ± 0.9 mg/l) y en el fondo entre 3.4 y 4.3 mg/l (promedio 3.7 ± 0.9 mg/l), como se observa en la tabla 7, y su variación tal como se puede apreciar en la fig. 14.

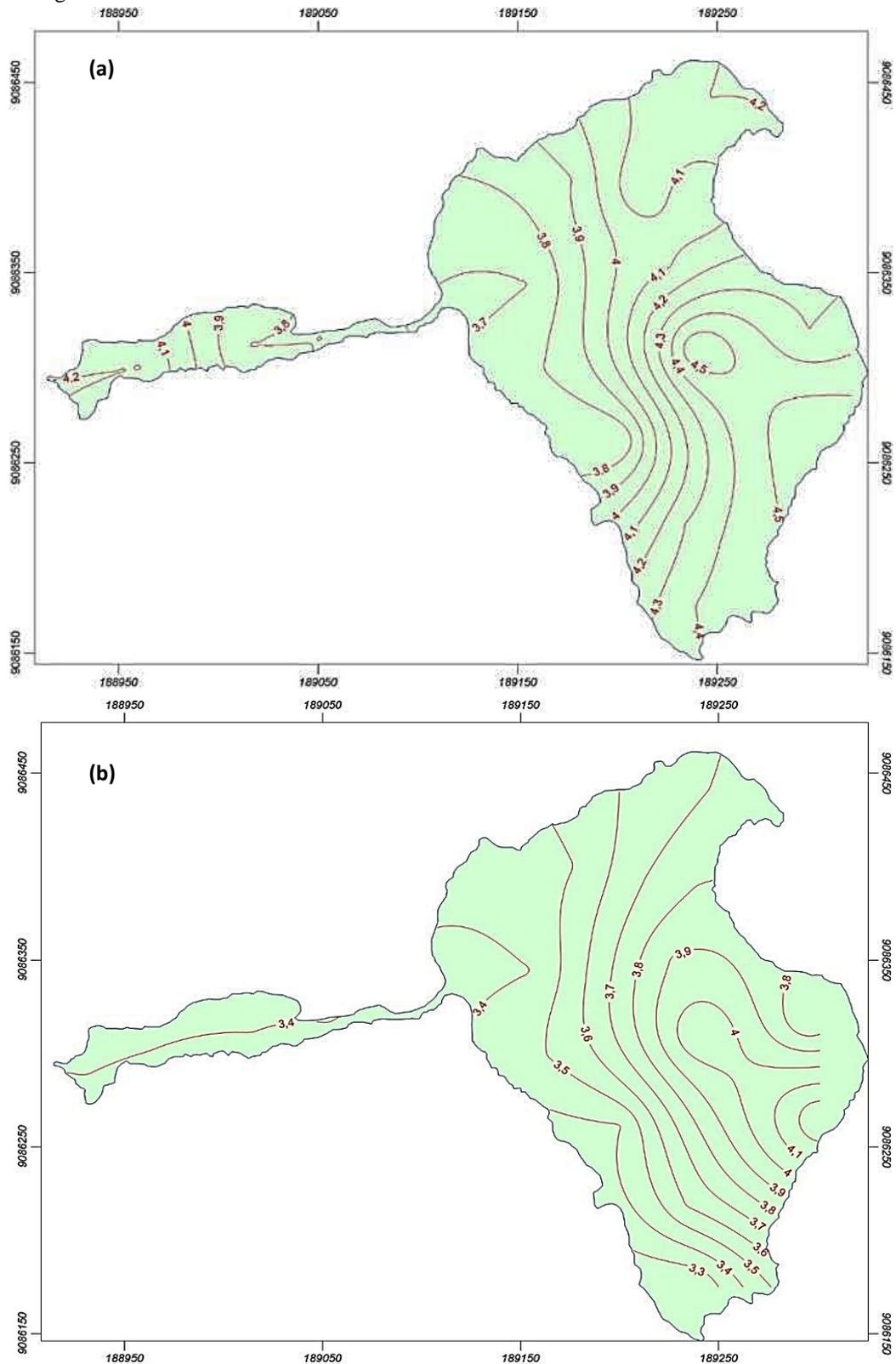


Fig. 14 Isolíneas: (a) oxígeno superficial, (b) oxígeno del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014.

2.15.2. pH

Los valores de pH del agua variaron de 7.0 a 7.7 (promedio 7.6 ± 0.7) y de 7.5 y 7.7 (promedio 7.6 ± 0.2), para la superficie y fondo, como se observa en la tabla 7 respectivamente, presentándose esta variación como se puede apreciar en la fig. 15.

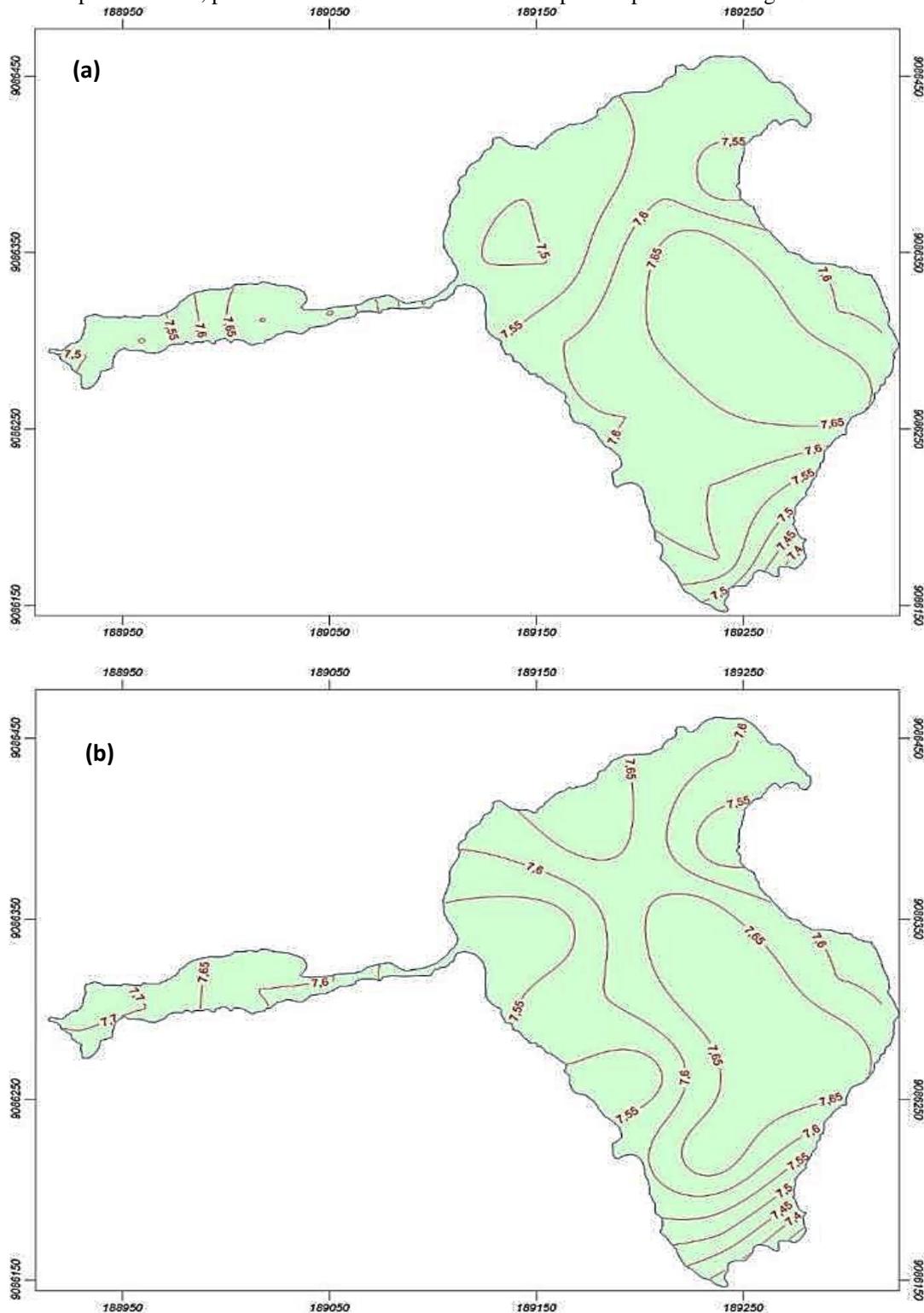


Fig. 15 Isolíneas: (a) pH superficial, (b) pH del fondo de la laguna Llamacocha, registrada en agosto del 2014.

2.15.3. Nitritos

Los valores de nitritos promedio registrados en todas las estaciones fueron de $0.3 \text{ mg/L} \pm 0.1$



Tabla 7 Valores de los parámetros físico – químicos del agua en superficie y fondo, en la época de verano en la laguna Llamacocha, registrados el 22 de agosto del 2014.

| Transectos | Estaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|----------------|-----|------------------|----------------|-----|------------------|----------------|-----|------------------|----------------|-----|------------------|----------------|-----|------------------|----------------|-----|
| | A | | | B | | | | | | C | | | | | | | | |
| | superficie | | | fondo | | | superficie | | | fondo | | | superficie | | | fondo | | |
| | temperatura (°C) | oxigeno (mg/L) | pH |
| T ₁ | 12.2 | 4.5 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| T ₂ | 13.5 | 4.4 | 7.6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| T ₃ | 13.7 | 4.3 | 7.6 | 11.0 | 3.6 | 7.7 | | | | | | | | | | | | |
| T ₄ | 15.5 | 3.7 | 7.6 | 13.0 | 3.4 | 7.5 | 14.3 | 4.6 | 7.7 | 13.7 | 4.3 | 7.7 | | | | | | |
| T ₅ | 14.9 | 3.8 | 7.6 | 12.2 | 3.5 | 7.6 | 14 | 4.6 | 7.7 | 11.5 | 4.1 | 7.7 | 14.5 | 4.3 | 7.6 | 12.8 | 3.7 | 7.6 |
| T ₆ | 14.6 | 3.7 | 7.5 | 12.5 | 3.4 | 7.5 | 14.8 | 4.1 | 7.7 | 13.2 | 3.9 | 7.7 | | | | | | |
| T ₇ | 14.6 | 3.9 | 7.5 | 13.2 | 3.5 | 7.7 | 15.5 | 4.2 | 7.6 | 14.9 | 3.7 | 7.6 | 15.1 | 4.0 | 7.5 | 14.5 | 3.8 | 7.5 |
| T ₈ | 14.2 | 4.2 | 7.5 | 14.0 | 3.4 | 7.7 | | | | | | | | | | | | |
| T ₉ | 14.0 | 3.8 | 7.7 | 14.3 | 3.4 | 7.6 | | | | | | | | | | | | |



2.16. Aspectos sedimentológicos

2.16.1. Composición granulométrica

En la tabla 8, se representa la composición granulométrica del sedimento de la laguna Llamacocha, en donde se observa que el limo fino y en arcilla son los sustratos predominantes, en la fig.16 se presenta gráficamente en la mayoría de las estaciones.

Tabla 8 Composición granulométrica, registrados en la laguna Llamacocha, según escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams *et al.* (1984).

| Transectos | Clase de tamaño de grano | | |
|----------------|--------------------------|----------------|------------|
| | Estaciones | | |
| | A | B | C |
| T ₁ | Guijarros | ----- | ----- |
| T ₂ | Arena fina | ----- | ----- |
| T ₃ | Arena muy fina | ----- | ----- |
| T ₄ | Limo medio | Limo fino | ----- |
| T ₅ | arcilla | arcilla | arcilla |
| T ₆ | Limo fino | Limo muy fino | ----- |
| T ₇ | Arena fina | Arena muy fina | Arena fina |
| T ₈ | Limo fino | ----- | ----- |
| T ₉ | Limo muy fino | ----- | ----- |

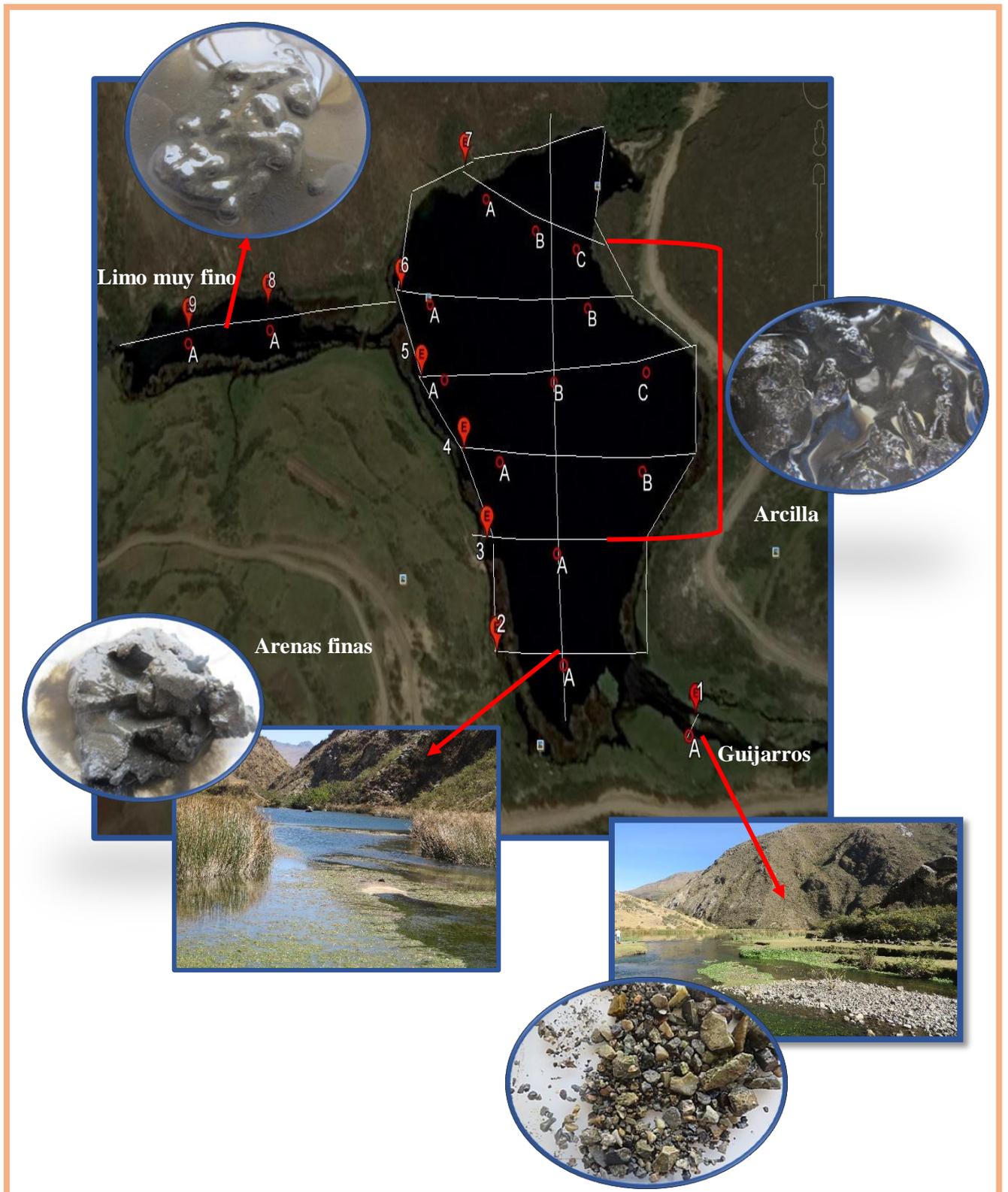


Fig. 16 Identificación del sedimento según escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984).



2.16.2. Color

En la tabla 9, se observa la coloración del sedimento de la laguna Llamacocha, en donde el color gris oscuro es el predominante en la mayoría de las estaciones.

Tabla 9 Color aparente del sedimento registrado en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto del 2014.

| Transectos | Color aparente del sedimento | | |
|----------------|------------------------------|-------------|------------|
| | Estaciones | | |
| | A | B | C |
| T ₁ | ----- | ----- | ----- |
| T ₂ | Gris claro | ----- | ----- |
| T ₃ | Gris oscuro | ----- | ----- |
| T ₄ | Gris oscuro | Gris oscuro | ----- |
| T ₅ | Negro puro | Negro puro | Negro puro |
| T ₆ | Gris oscuro | Gris oscuro | ----- |
| T ₇ | Gris oscuro | Negro puro | Negro puro |
| T ₈ | Gris perla | ----- | ----- |
| T ₉ | Gris perla | ----- | ----- |

2.16.3. Materia orgánica

La materia orgánica en el sedimento de la laguna Llamacocha fluctuó entre 11.37 y 18.58%, tal como puede apreciarse en la tabla 10. Así mismo la representación mediante isolíneas, como se puede apreciar en la fig. 17.

Tabla 10 Composición porcentual de materia orgánica (%) en el sustrato de la laguna Llamacocha, registrados para cada uno de los transeptos (agosto, 2014).

| Transeptos | Materia orgánica (%) |
|----------------|----------------------|
| T ₁ | 14.486 ± 0.1 |
| T ₂ | 18.584 ± 0.1 |
| T ₃ | 18.367 ± 0.1 |
| T ₄ | 12.991 ± 0.1 |
| T ₅ | 15.00 ± 0.1 |
| T ₆ | 12.71 ± 0.1 |
| T ₇ | 11.371 ± 0.1 |
| T ₈ | 12.632 ± 0.1 |
| T ₉ | 17.431 ± 0.1 |

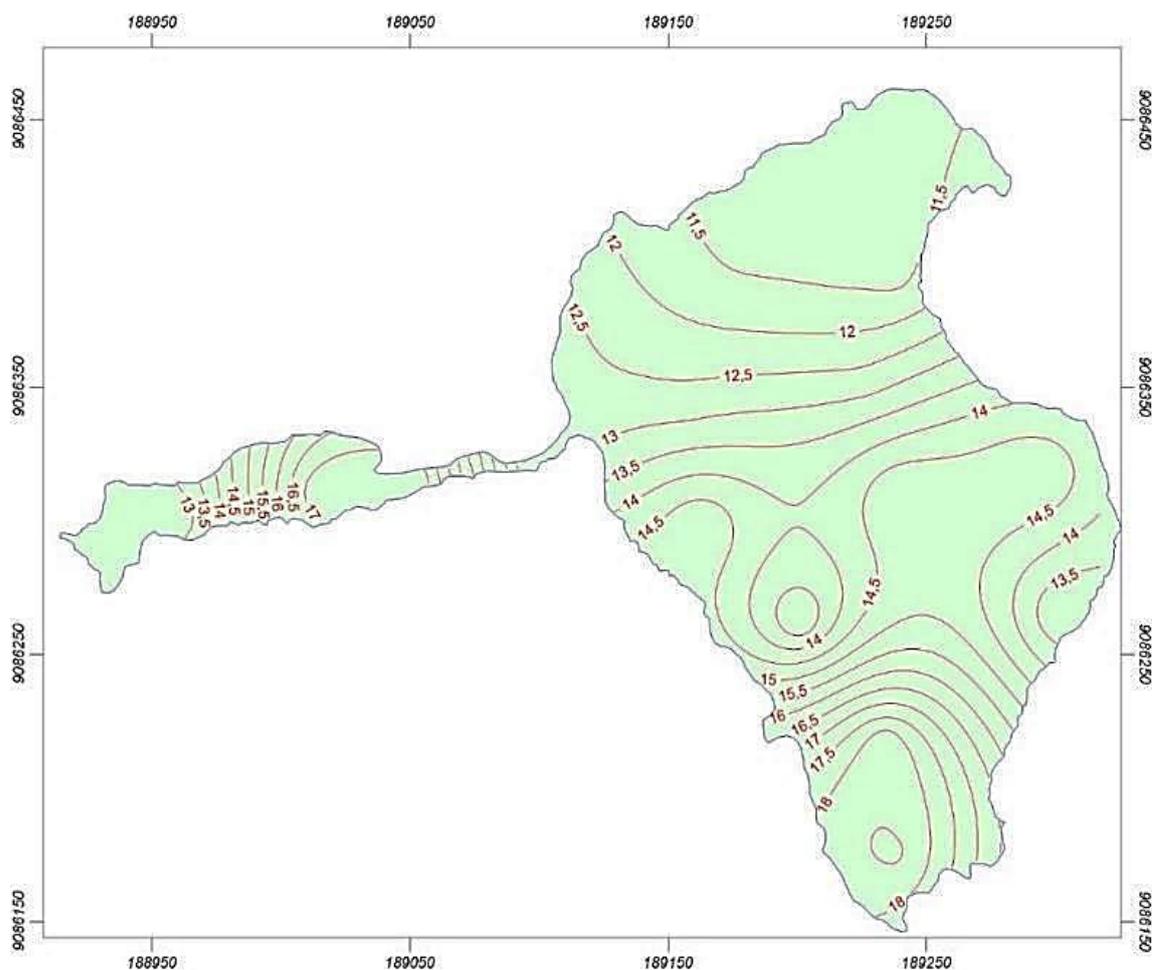


Fig. 17 Isolíneas de materia orgánica del fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto del 2014.

2.17. Parámetros biológicos

2.17.1. Registro de fitoplancton en agua superficial y fondo

Desde el punto de vista de la composición específica, riqueza de especies fluctuó entre 16 a 31 entidades taxonómicas, correspondiendo el mayor valor a la estación B del transecto 6 tal como se puede observar en la tabla 11 y fig. 18 se observa la densidad total (org/L).

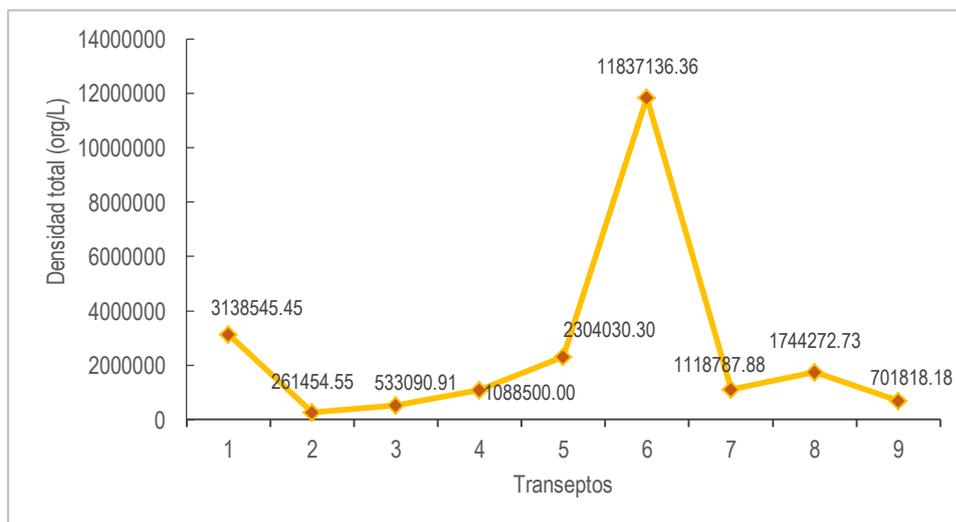


Fig. 18 Densidad de fitoplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

El análisis de las muestras recogidas en los 9 transectos ha permitido determinar especies pertenecientes a 4 divisiones de microalgas: Bacillariophyta con 49 especies, Chlorophyta con 8 especies, Cyanophyta con 1 especie y Dinophyta con 4 especies, como se observa en la tabla 11. Las especies más frecuentes fueron *Amphora ovalis*, *Cymbella cistula*, *Cymbella turgidula*, *Coccooneis* sp, *Diatoma vulgaris*, *Melosira varians*, *Navicula cuspidata*, *Nitzschia angustata*, *Synedra ulna*, aunque la frecuencia también se cumple con una especie no identificada, perteneciente al grupo *Chlorophyta* tal como se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11 Análisis cualitativo y cuantitativo para fitoplancton en superficie y fondo, registrados en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto del 2014.



2.17.1.1. Composición de las especies de fitoplancton en la superficie de la laguna

El grupo de las Bacillariophyta están presentes en todas las estaciones, pero el valor porcentual máximo se encuentran en la estación 6 con 25.65 % y estación 7 con 13.87 %. Las Chlorophyta también están presentes en todas las estaciones, pero el valor porcentual máximo se encuentran en la estación 6 con 60.82% y estación 5 con 15.18 %. Así mismo el grupo Cyanophyta se encuentra más elevado en la estación 7 con 90.91 % y en grupo Dinophyta en la estación 6 con 57.14 %, siendo más de la mitad de la comunidad considerada como se observa en la tabla 12.

Tabla 12 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Grupo taxonómico | Transectos | | | | | | | | | Total |
|------------------|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Bacillariophyta | 12.86 | 9.45 | 7.92 | 7.78 | 11.92 | 25.65 | 13.81 | 3.42 | 7.19 | 100% |
| Chlorophyta | 4.56 | 0.35 | 1.47 | 5.36 | 15.18 | 60.82 | 6.48 | 4.41 | 1.38 | 100% |
| Cyanophyta | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.09 | 0 | 90.91 | 0 | 0 | 100% |
| Dinophyta | 0 | 0 | 0 | 28.57 | 14.29 | 57.14 | 0 | 0 | 0 | 100% |

En general, la comunidad del fitoplancton se caracterizó por la abundancia de las Cyanophyta alcanzando un 90.91 % en el transecto 7, acompañando del grupo Bacillariophyta presentes en los 9 transectos, con porcentajes de dominancia que variaron de 3.42 % a 25.65 %, como también el grupo de Chlorophyta que variaron de 0.35 % a 60.82 %, como se muestra en la fig.19.

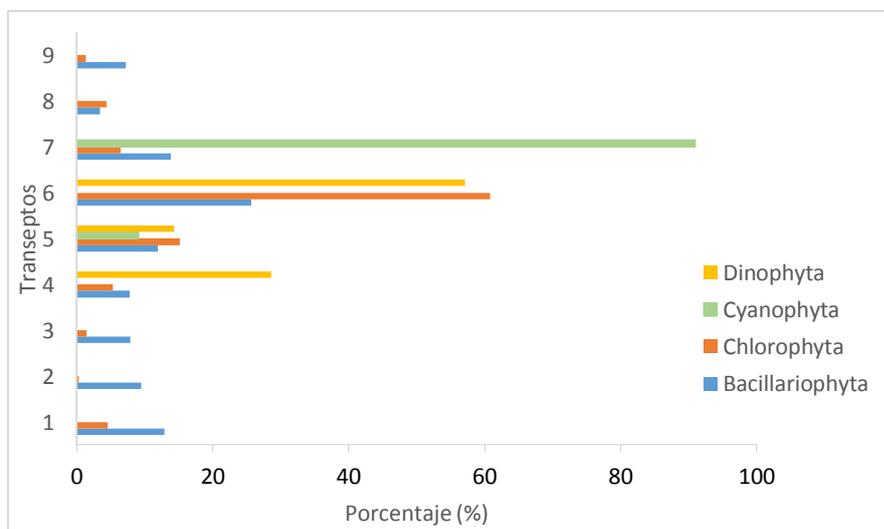


Fig. 19 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.



2.17.1.2. Composición de las especies de fitoplancton al fondo de la laguna

El grupo de las Bacillariophyta fue el frecuente en todos los transeptos, pero el valor porcentual máximo se encuentran en la transepto 5 con 32.68 % y transepto 4 con 17.46 % de la comunidad considerada. Las Chlorophyta también están presentes en todas los transeptos, pero el valor porcentual máximo se encuentran en el transepto 4 con 52.54 %, por lo contrario, en el grupo Cyanophyta se encuentra más elevado en el transepto 7 con 50.00 %, el grupo Dinophyta en el transepto 2 y 4 con 50.00 % como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton al fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Grupo taxonómico | Transeptos | | | | | | | Total |
|------------------|------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Bacillariophyta | 5.07 | 14.93 | 20.70 | 17.46 | 32.68 | 3.94 | 5.21 | 100% |
| Chlorophyta | 0.37 | 6.00 | 30.86 | 52.54 | 2.00 | 4.25 | 3.97 | 100% |
| Cyanophyta | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 100% |
| Dinophyta | 0 | 50 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 100% |

En general, la comunidad del fitoplancton se caracterizó por la abundancia de Bacillariophyta presentes en los 7 transeptos, con porcentajes de dominancia que variaron de 5.07 % a 20.70 %, como también el grupo de Chlorophyta que variaron de 0.37 % a 52.54 %, como se muestra en la fig. 20.

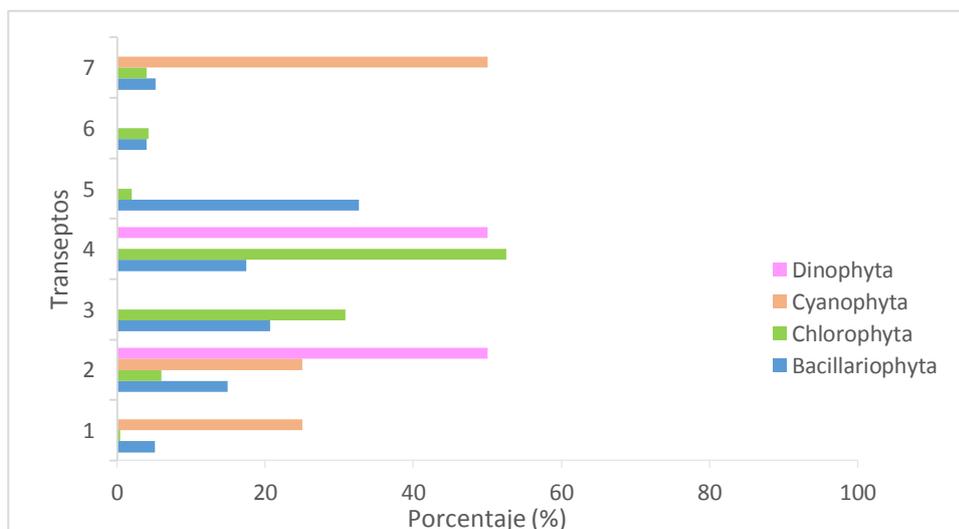


Fig. 20 Distribución porcentual por grupos taxonómicos del fitoplancton al fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

2.17.1.3. Índices de biodiversidad del fitoplancton en superficie

La riqueza específica Margalef (DMg), presentó valores de 1.85, 1.01 y 1.98 en 3 transeptos, mostrando que la riqueza de especies en la comunidad es baja, y en 6 transeptos los valores variaron entre 2.60 a 4.44, considerados moderadamente elevados, como se observa en la fig. 21 y en la tabla 14.

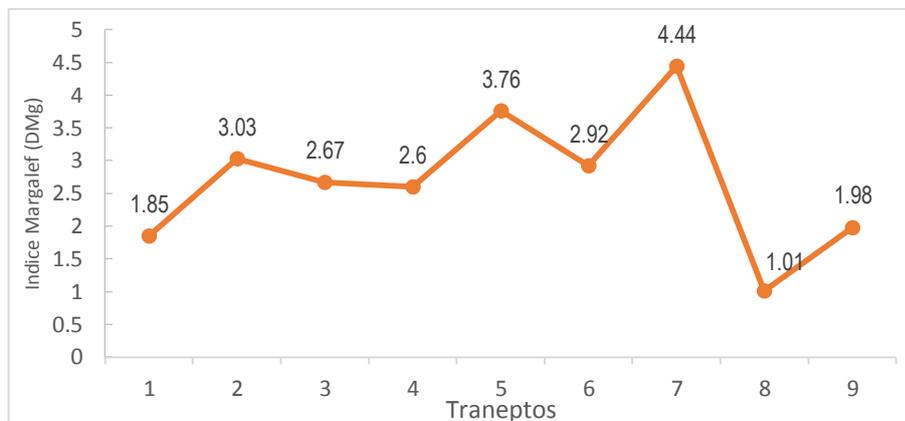


Fig. 21 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg) de fitoplancton en superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014.

Los valores de la dominancia de Simpson (D) son ≤ 0.77 en 8 transeptos como se observa en la tabla 14. En general todos los valores de diversidad de Shannon-Wiener (H') del fitoplancton en casi todos los transeptos se obtuvieron valores ≤ 0.17 bits ind.⁻¹ y finalmente la equidad de Pielou (J'), en casi todos los transeptos los valores son ≤ 0.17 , a excepción de T-6 existiendo un desbalance en la distribución (no equitatividad =0.00) como se observa en la tabla 14.

Tabla 14 Índices de diversidad del fitoplancton en superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Transeptos | Riqueza Margalef (DMg) | Dominancia Simpson (D) | Diversidad Shannon-Wiener H' (bits ind. ⁻¹) | Equidad Pielou (J') |
|------------|------------------------|------------------------|--|---------------------|
| T-1 | 1.85 | 0.12 | 0.02 | 0.03 |
| T-2 | 3.03 | 0.77 | 0.17 | 0.17 |
| T-3 | 2.67 | 0.21 | 0.04 | 0.05 |
| T-4 | 2.60 | 0.07 | 0.01 | 0.01 |
| T-5 | 3.76 | 0.04 | 0.01 | 0.01 |
| T-6 | 2.92 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| T-7 | 4.44 | 0.11 | 0.02 | 0.02 |
| T-8 | 1.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 |
| T-9 | 1.98 | 0.20 | 0.04 | 0.05 |

La diversidad de Shannon-Wiener (H') del fitoplancton en su mayoría fueron valores bajos ≤ 0.04 bits ind.⁻¹ considerado como perturbación crítica. Por otro lado la dominancia de Simpson (D) es ≤ 0.21 . Sin embargo se registró una dominancia mayor de 0.77 en el transecto T-2, en la fig. 22.

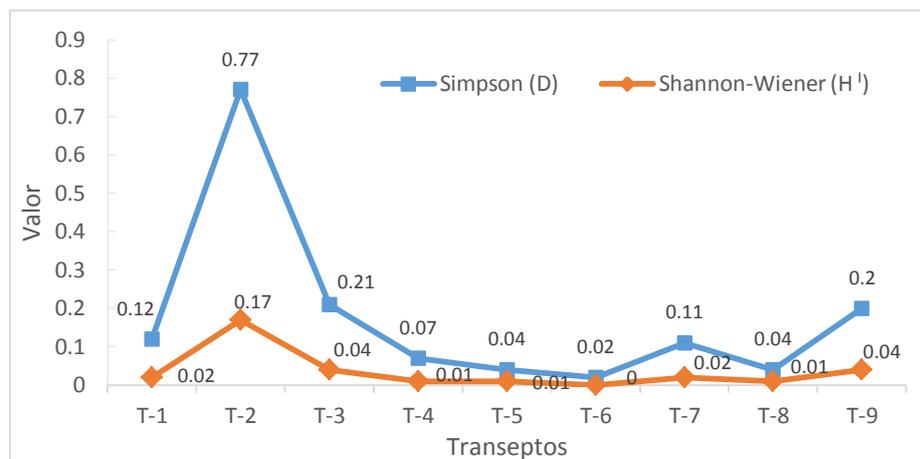


Fig. 22 Índice de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D) para el análisis de diversidad de fitoplancton en la superficie de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

2.17.1.4. Índices de biodiversidad del fitoplancton en fondo

La riqueza específica Margalef (DMg), presentó valores que variaron entre 2.16 a 4.35 en los 9 transectos, como se observa en la fig. 23 y en la tabla 15.

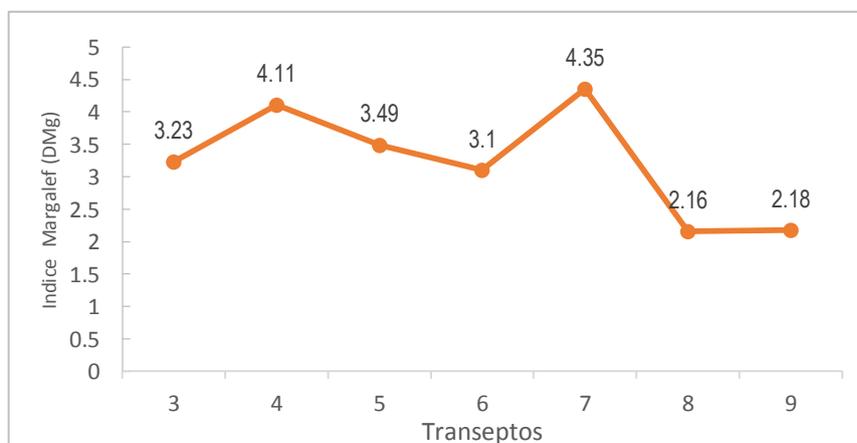


Fig. 23 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg) de fitoplancton al fondo en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014.

Se reflejó la prevalencia de bajos valores de la dominancia de Simpson (D), con valores ≤ 1.24 en 6 transeptos como se observa en la tabla 15. En general todos los valores de diversidad (H') del fitoplancton en casi todos los transeptos se obtuvieron valores ≤ 0.30 bits ind.⁻¹ y finalmente la equidad de Pielou (J'), en todos los transeptos los valores son ≤ 0.29 existiendo un desbalance en la distribución (no equitatividad), como se observa en la tabla 15.

Tabla 15 Índices de diversidad del fitoplancton en fondo de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Transeptos | Riqueza Margalef (DMg) | Dominancia Simpson (D) | Diversidad Shannon-Wiener H' (bits ind. ⁻¹) | Equidad Pielou (J') |
|------------|------------------------|------------------------|---|-------------------------|
| T-3 | 3.23 | 1.00 | 0.30 | 0.29 |
| T-4 | 4.11 | 0.31 | 0.06 | 0.06 |
| T-5 | 3.49 | 0.10 | 0.02 | 0.02 |
| T-6 | 3.10 | 0.05 | 0.01 | 0.01 |
| T-7 | 4.35 | 0.21 | 0.04 | 0.04 |
| T-8 | 2.16 | 0.15 | 0.03 | 0.04 |
| T-9 | 2.18 | 0.19 | 0.03 | 0.05 |

La diversidad de Shannon-Wiener (H') del fitoplancton en su mayoría fueron valores bajos ≤ 0.06 bits ind.⁻¹, considerado como perturbación crítica. Por tanto la dominancia de Simpson (D) es ≤ 0.31 . Por otro lado se registró una dominancia mayor de 1.24 en el transecto T-3 esto significa una dominancia máxima, en consecuencia la diversidad de Shannon-Wiener (H') disminuyó a 0.30 bits ind.⁻¹, por tanto la distribución no es equitativa en el T-3 tal como se puede apreciar en la fig. 24.

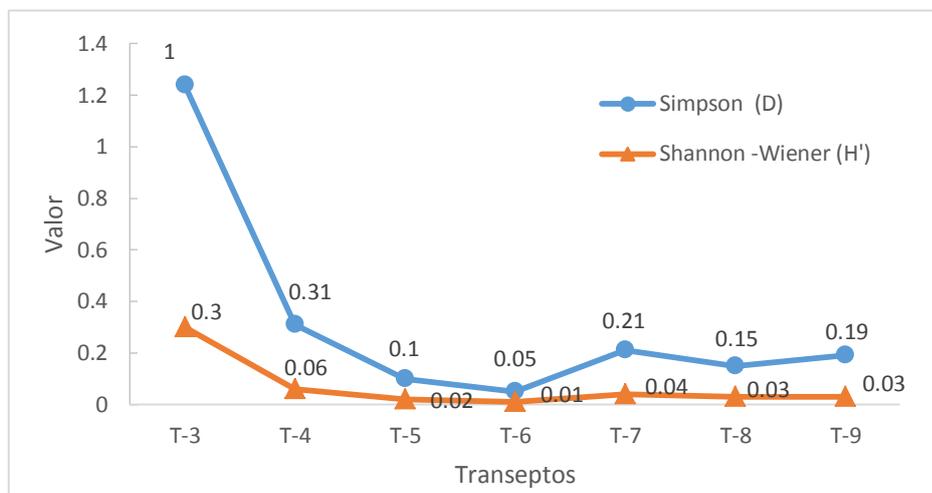


Fig. 24 Índice de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D) para el análisis de diversidad de fitoplancton al fondo en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

**2.17.2. Registro de zooplancton**

El número total de especies de zooplancton registrados es de 4 en el T₁, y el número de individuos más alto con 8 individuos en el T₁, y la especie más frecuente Nauplius de *cyclooides* correspondiente al día de muestreo en el mes de agosto, como se observa en la tabla 16.

Tabla 16 Análisis cualitativo y cuantitativo para zooplancton, registrado en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Grupo taxonómico | Transecto | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|----------|----|------------|-----|----|----------|-------|------------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 A | 2 A | 3 A | 4 A B | | 5 A B C | | | 6 A B | | 7 A B C | | | 8 A | 9 A |
| Ostracoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cypridae</i> | 1 | 4 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Cladocero | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Daphnia</i> sp. | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Daphnia pulex</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Copepoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nauplius de <i>cyclooides</i> | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| <i>ciclope</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>diaptomus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Protozoa | | | | | | | | | | | | | | | |
| protozoario sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Rotifero | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| S | 4 | 4 | 2 | 0 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 |
| N | 8 | 7 | 2 | 0 | 3 | 4 | 6 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| Densidad total (org l⁻¹) | 133.33 | 116.67 | 33.33 | 0 | 50 | 66.67 | 100 | 50 | 50 | 33.33 | 33.33 | 83.33 | 16.67 | 83.33 | 83.33 |

La distribución de los grupos taxonómicos se observa en la fig. 25, que el grupo copépoda tiene 21 organismos, seguido el grupo Ostracoda con 16 organismos, superando a los demás grupos en número.

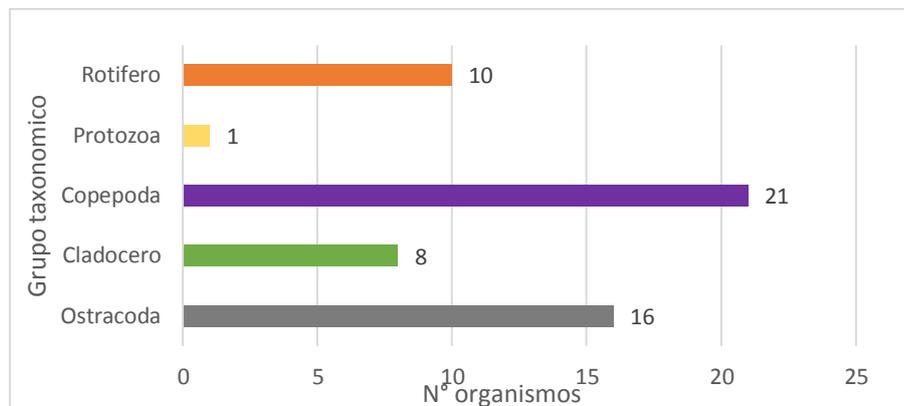


Fig. 25 Distribución de grupos taxonómicos de acuerdo al número de organismos de zooplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

Así mismo se observa en la fig. 26 la densidad de zooplancton con un mayor registro de $183.34 \text{ org L}^{-1}$ el transecto 5, y 33.33 org L^{-1} en el transecto 3, determinándose la intervención de los principales factores como transparencia, caudal y la abundancia de fitoplancton.

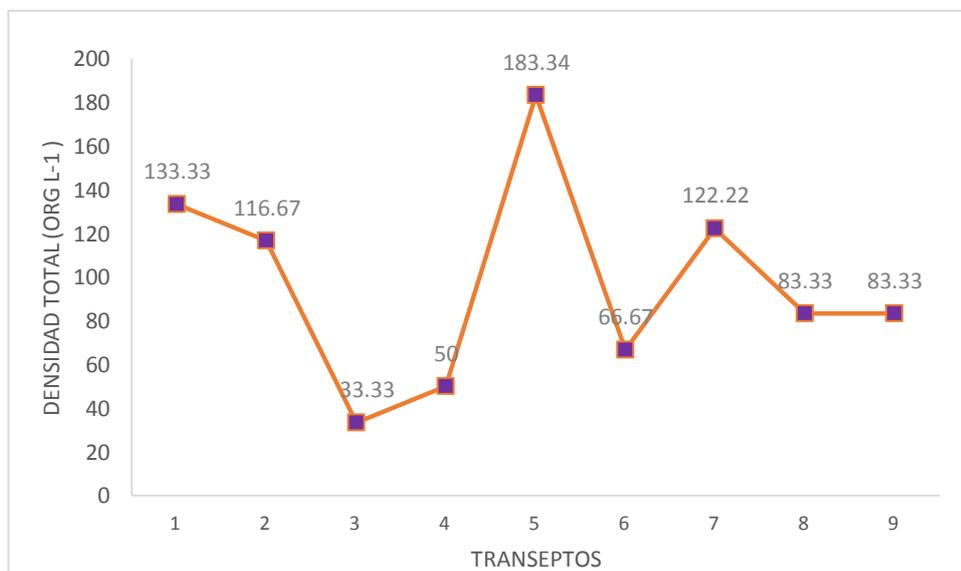


Fig. 26 Densidad de zooplancton de la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

2.17.2.1. Índices de biodiversidad de Zooplancton por transeptos

La riqueza específica Margalef (DMg) para el zooplancton, presentó valores de 1.44, 1.54, 1.44 1.86 y 1.24 en 5 transeptos, mostrando zonas de baja biodiversidad en dichos transeptos y en los 4 transeptos restantes los valores variaron entre 2.47 a 3.27, considerándose zonas con una media biodiversidad, como se observa en la tabla 17 y fig. 27.

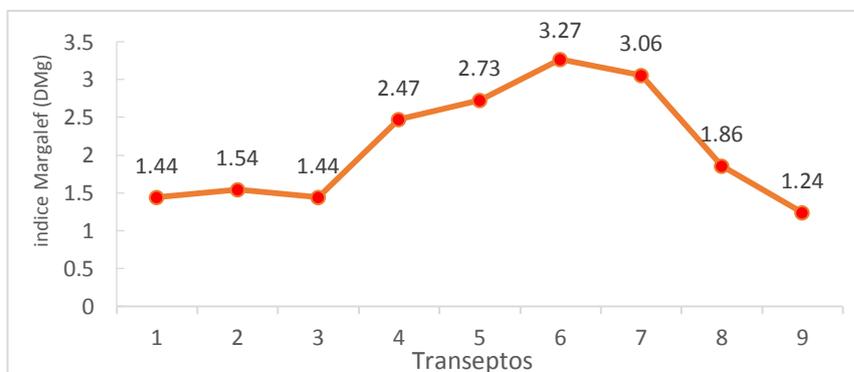


Fig. 27 Índice de Riqueza específica de Margalef (DMg), de zooplancton, en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014.

Se reflejó valores relativamente altos de la dominancia de Simpson (D) los cuales fueron >1.00 en 8 transeptos, a excepción del T-4 con un mínimo valor de 0.92, indicando que existe una completa dominancia de la comunidad, tal como se observa en la tabla 17. La diversidad Shannon-Wiener (H¹) del zooplancton, fue < 1bits ind⁻¹, indicando una perturbación crítica a nivel de conservación ecosistemico, como se muestra en la tabla 17. En general, la mayoría de los valores de diversidad fueron bajos que van desde 0.44 a 0.72. Por otro lado, los valores de la equidad de Pielou (J'), se observa que los valores en 9 transeptos van desde 0.83 a 0.96, indicando que existe ausencia de uniformidad, a excepción del T-3 con una valor de 1.00, indicando que las especies son igualmente abundantes, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17 Índices de diversidad del zooplancton registrada en la laguna Llamacocha (Conchucos) en época de verano, registrada en agosto de 2014.

| Transeptos | Riqueza Margalef (DMg) | Dominancia Simpson (D) | Diversidad Shannon-Wiener H' (bits ind. ⁻¹) | Equidad Pielou (J') |
|------------|------------------------|------------------------|---|---------------------|
| T-1 | 1.44 | 1.00 | 0.72 | 0.95 |
| T-2 | 1.54 | 0.98 | 0.61 | 0.83 |
| T-3 | 1.44 | 1.00 | 0.50 | 1.00 |
| T-4 | 2.47 | 0.92 | 0.44 | 0.92 |
| T-5 | 2.73 | 0.99 | 0.70 | 0.86 |
| T-6 | 3.27 | 0.97 | 0.72 | 0.96 |
| T-7 | 3.06 | 0.98 | 0.72 | 0.95 |
| T-8 | 1.86 | 1.00 | 0.72 | 0.96 |
| T-9 | 1.24 | 1.00 | 0.64 | 0.96 |



Estos valores de diversidad Shannon-Wiener (H') reflejaron un número relativamente < 1.00 bits ind.⁻¹ por transepto, indicando una perturbación crítica y en la dominancia de Simpson (D) es >1.00 , evidenciando una completa dominancia de la comunidad zooplanctónica, como se aprecia en la fig. 28.

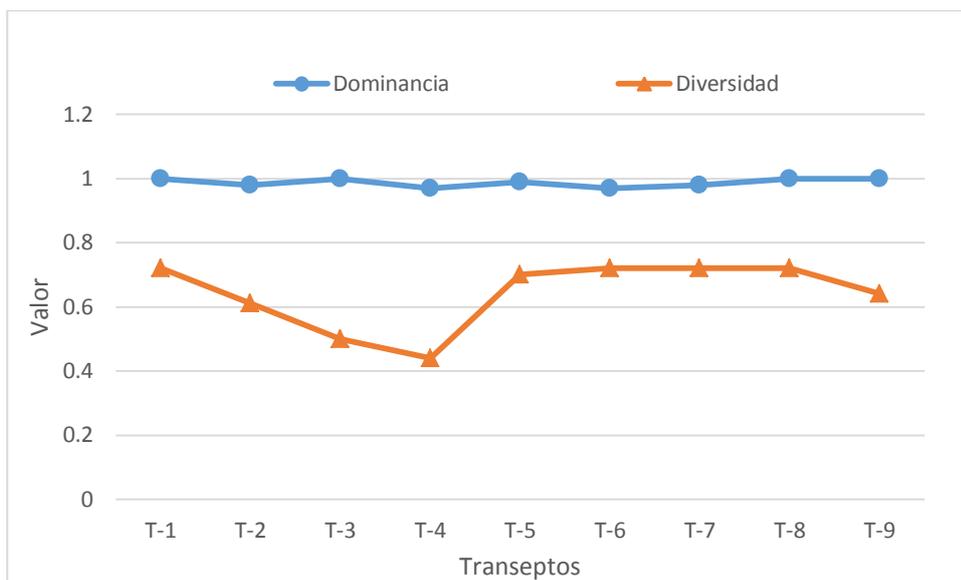


Fig. 28 Índice de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D) para el análisis de diversidad de zooplancton en la laguna Llamacocha (Conchucos) en la época de verano, registrada en agosto de 2014.

2.17.3. Fauna aviar

El presente estudio es un primer intento por documentar de manera sencilla la avifauna de la laguna. Se registraron en su mayoría aves migratorias, citándose por primera vez para Conchucos, tal como se puede apreciar en la tabla 18.

Tabla 18 Registro de fauna aviar en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014.

| Nombre científico | Nombre común | Abundancia | Características | Imagen |
|-----------------------------------|---------------------------|------------|---|---|
| <i>Plegadis ridgwayi</i> | “ ibis de la Puna” | ++ | Migratoria. El pico curvo es pardo hasta rojizo, las patas son negruscas y el ojo tiene color rojo. |  |
| <i>Larus serranus</i> | “gaviota andina” | +++ | Migratoria. Adulto de color blanco con el manto y la parte de la ala superior gris perla, presenta una mancha auricular fusca cerca de los ojos. |  |
| <i>Oxyura ferruginea</i> | “pato zambullidor grande” | ++++ | Migratoria. Macho: Pico celeste azulado y un plumaje de color castaño con la cabeza y el corto cuello negros. Hembra: Plumaje de color pardusca jaspeada de blancuzco u ocre, con la garganta y una notable faja subocular blancuzca. |  |
| <i>Cinclodes fuscus rivularis</i> | “remolinera común” | ++++ | Migratoria. color pardo grisáceo, pico oscuro ligeramente curvo, línea superciliar beige y garganta blanquecina. |  |

Escala de abundancia

| | |
|----------------|------|
| Escaso | + |
| Poco abundante | ++ |
| Abundante | +++ |
| Muy abundante | ++++ |

2.17.4. Diversidad florística

Las especies registradas son empleadas por los pobladores con diferentes fines, entre los cuales destaca el uso para leña, especialmente las que tienen hábito arbustivo o arbóreo y los de uso alimenticio para el hombre como es el caso del berro; sin embargo, no se ha observado actividades de sobreexplotación que pongan en peligro el estado de conservación de la flora silvestre, tal como se puede apreciar en la tabla 19.

Tabla 19 Registro de la diversidad florística en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014.

| Nombre científico | Nombre común | Abundancia | Característica | Imagen |
|-------------------------------|-----------------|------------|--|---|
| <i>Ceratophyllum demersum</i> | “cola de zorro” | ++++ | Es una planta libre sumergida. Su tamaño puede llegar hasta 1 metro de altura y unos 4 cm de diámetro de cada tallo. La profundidad a la que se encuentra es de 35 cm. Se encontraron en la zona de entrada de agua. |  |
| <i>Nasturtium officinale</i> | “berro” | ++++ | Planta acuática flotante libre, se encontró en las orillas de la laguna. Presenta una altura de 10 y 50 cm. |  |
| <i>Cassia acutifolia</i> | “motuy” | ++++ | Es un arbusto leguminoso de flores amarillas, con una altura de 2 m, crece alrededor de la laguna, zona litoral. |  |
| <i>Cestrum zitrone</i> | ----- | +++ | Es un arbusto de unos 3 m de alto, tallo ramificado desde la base, hojas percioladas alternas con bordes enteros de flores blancas. Se encontraron en los alrededores de la laguna. |  |

| | | | | |
|----------------------------|-----------------|------|---|--|
| <i>Sambucus peruviana</i> | “sauco o rayan” | +++ | Es un arbusto normalmente de 3 a 6 m de altura de pequeñas hojas y de flores de diferentes colores. Se encuentra al borde de la laguna. |  |
| <i>Cestrum auriculatum</i> | hierba santa | +++ | Arbusto de unos 3 m de alto aproximadamente, tallo ramificado desde la base hojas pecioladas, fruto baya azul oscuro. Se encontraron en los alrededores de la laguna. |  |
| <i>Juncus juncus</i> | “junco” | ++++ | Su tamaño habitual es de 90 cm de altura. Son plantas anfibias o palustres, presentan hojas cilíndrica, alargada, recta y flexible, la flor es compuesta, pequeña y de color pardo y el fruto es ovalado de color marrón. |  |
| <i>Vernera pygmaea</i> | ----- | +++ | Se encontraron adheridas al fango en el borde de la laguna. |  |

Escala de abundancia

| | |
|----------------|------|
| Escaso | + |
| Poco abundante | ++ |
| Abundante | +++ |
| Muy abundante | ++++ |

2.17.4.1. Distribución de la flora ribereña

En todo el contorno de la laguna la especie de flora ribereña, en mayor abundancia el *Juncus juncus* "junco" de modo particular en los extremos y en la salida. Las plantas como *Cassia sp.* "El motuy", *Cestrum zitrone* y *Sambucus peruviana* "el sauco o rayan", se encuentra en su mayoría en el río que abastece de agua a la laguna Llamacocha, como se puede apreciar en la fig. 29.

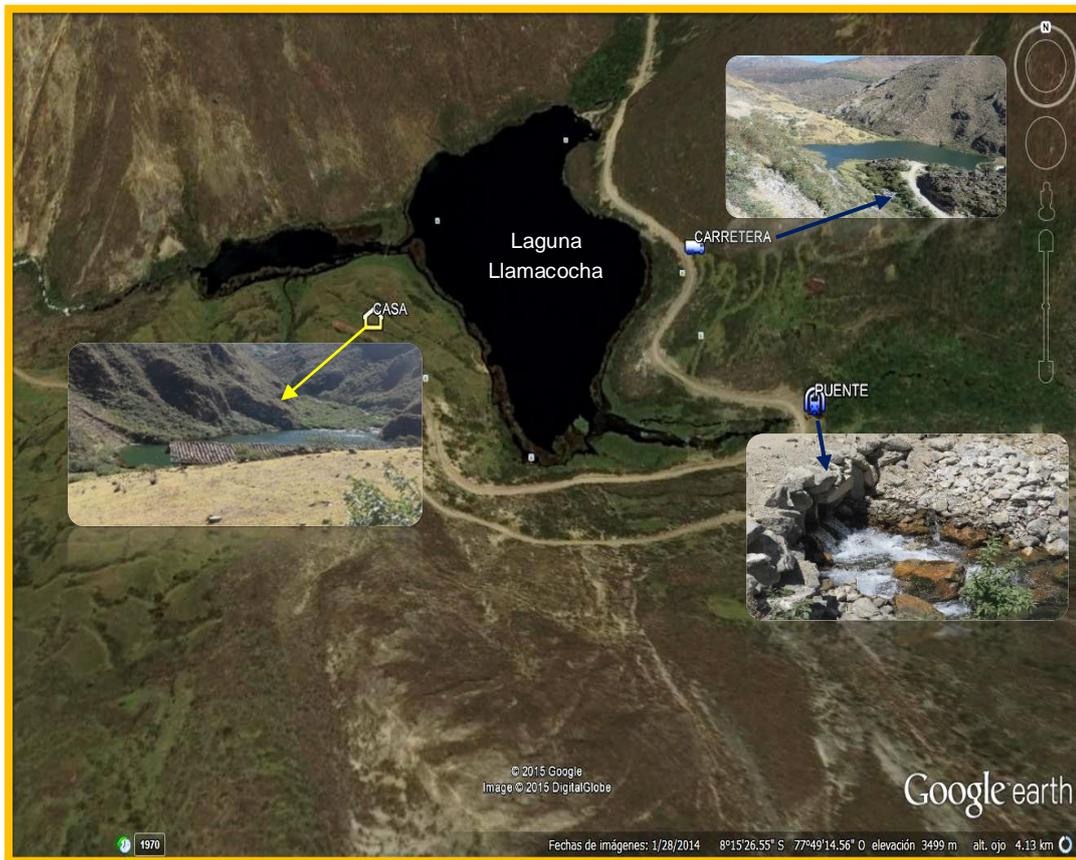


(Mapa tomado de Google Earth).

Fig. 29 Distribución de la flora ribereña en la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014.

2.17.5. Intervención antrópica

Se realizó un recorrido en todo el entorno de la laguna, del cual se pudo observar la existencia de carretera (trocha), indicándonos que es una zona de fácil acceso, empleados frecuentemente por la compañía minera Milpo, siendo la única vía de acceso para sus trabajadores a la quebrada Magistral. También la existencia de un puente que es parte de carretera que se encuentra ubicado en la entrada de agua. También existe una infraestructura abandonada que fue utilizada para el alevinaje de truchas en la misma laguna, como se puede apreciar en la fig. 30.



(Mapa tomado de Google Earth).

Fig. 30 Características del entorno de la laguna Llamacocha (Conchucos), registrada en agosto de 2014.

2.17.5.1. Minería

Viene desarrollando la exploración de yacimientos de minerales en la quebrada magistral por la Compañía Minera Milpo. El proyecto minero Magistral está enfocado a la explotación de cobre y molibdeno, cuenta con 13150 ha, de terrenos áridos entre los 3900 y 4400 m.s.n.m., como se aprecia en la fig. 31. la minería está realizando las instalaciones según la Asamblea General del 1 de Junio 2014 aprobó por unanimidad la ubicación de los relaves en Collparagra (valle en conchucos), y su proximidad a realizar sus actividades correspondientes.



Fig. 31 Campamento minero Magistral.

2.17.5.2. Canal de riego Llamacocha

Del desaguadero de la laguna de Challuacocha en su recorrido aguas abajo el río ha formado un pantano de aproximadamente 1000 m de longitud por 200 m. de ancho llamado "Muyo Grande", allí es donde se encuentra el canal de riego y el agua que discurre de ella llega a la laguna Llamacocha y su caudal es de 48.36 l/s, como se aprecia en la fig. 32.

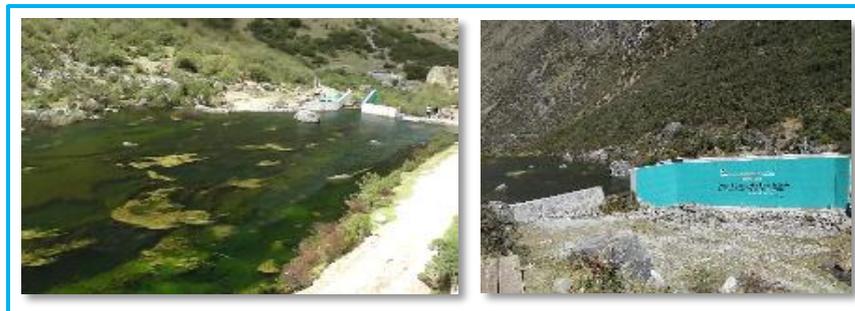


Fig. 32 Canal de riego Llamacocha.

2.17.5.3. Pastoreo

La ganadería es la principal actividad económica de Conchucos, observándose en gran cantidad de rebaños de ovejas y vacas que eran alimentados con los pastos que crecen alrededor de la laguna Llamacocha, lo que podría originar problemas como el de eutrofización, tal como se aprecia en la fig. 33.



Fig. 33 Pastoreo de ganado ovino.

DISCUSIÓN

En el Perú la Cordillera de los Andes aloja en sus zonas altas, un conjunto de depósitos naturales de agua, de régimen permanente o temporal y de distintas capacidades de almacenamiento, denominados lagos y lagunas (MINAGRI, 2009). En cuanto a la región Ancash, es pródiga en recursos hídricos, disponiendo de fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, subterráneas y una gran reserva en los glaciares de la Cordillera Blanca (Gobierno Regional de Ancash, 2008). En este contexto geográfico, Conchucos uno de los pocos distritos del departamento de Ancash que tienen una gran cantidad de lagunas, la mayor parte de ellas de un volumen considerable de agua, que permite mantener el caudal de los ríos en forma constante, por lo cual es de interés la investigación de estos cuerpos de aguas ya que como tales va contribuyen con el desarrollo cultural, económico y social de la comunidad, a través del aporte de información de línea base para posteriores estudios aplicados a estos ecosistemas.

Por otro lado, Loayza *et al.* (2007) realizó un estudio preliminar de los principales factores abióticos de la laguna Sausacocha (Huamachuco, Perú) en donde hace mención que los cuerpos de aguas lenticos de zonas altoandinas del Perú presentan patrones de comportamiento en función al periodo fluvial predominante, como son la época de sequía y época de lluvias. El de la laguna Llamacocha (Conchucos, Perú) ubicada a 3498 msnm de altitud fue realizado en la época de verano se registró nubosidad y velocidad del viento como se puede apreciar en la ítem 2.14. dichos resultados son preliminares porque SENAMHI (2014) especifica que entre los 3 000 y 3 500 msnm de altitud, predominan condiciones de sequedad, con lluvias de menor frecuencia en comparación al valle y condiciones térmicas semifrías en estos sectores, las precipitaciones ocurren en verano y son fundamentalmente orográficas. Además la influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente Peruana y el anticiclón Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas del Perú (MINAGRI, 2009).

La fuente de agua que abastece a la laguna Llamacocha procede de la Quebrada Magistral y desaguadero de la Laguna Challhuacocha como se puede apreciar en la fig. 8. Vergara (2011a) detalla que el abastecimiento de la laguna Llamacocha procede de la laguna de Challhuacocha discurriendo en forma sinuosa sobre un lecho pedregoso formando a su paso pequeños meandros, chorrillos, lagunillas y un pantano de aproximadamente 1000 m de longitud por 200 m de ancho llamado "Muyo Grande", a poca distancia de éste se forma otro de 350 m de longitud por 100 m de ancho. La laguna Llamacocha recibe aguas de la quebrada de Magistral en donde hace muchos años se formó una laguna artificial. Así mismo la laguna Llamacocha tiene un desaguadero (fig. 9). De modo similar, Vergara (2011b) señala que del desaguadero de la laguna Llamacocha pasa a la "Laguna San Lorenzo" para luego en forma torrentosa discurrir por Contadera, Muermo y Cumbal hasta llegar a Mosquito-Playa atravesando el pueblo cerca a la Plaza de Armas luego de cruzar el pueblo se une al río Tauli incrementado su caudal con el nombre ya de río Conchucos hasta formar el río Tablachaca, y después el río Santa hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Es decir que la laguna Llamacocha recibe aportes de otros cuerpos de aguas provenientes de las alturas donde nacen los nevados y manantiales de volumen casi permanente y escurrimientos continentales durante la época de lluvias.

Según el Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas, realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2014, la laguna Llamacocha tiene un área de 41 169.84 m², volumen 284 110.86 m³ y profundidad promedio de 11.10 m. En comparación con los datos obtenidos en el presente estudio el área 40978 m², volumen 278447 m³, y profundidad promedio de 10 m tal como se puede apreciar en la tabla 3, la variación es mínima. La velocidad del caudal, en la primera y segunda entrada de agua registrados con 51.12 y 22.41 l/s (tabla 4) pueden ser considerados volúmenes de agua regulares. El abastecimiento actual de agua potable para la ciudad de Conchucos proviene de un Puquial, lo que a largo plazo sería insuficiente, ya que los bofedales de parte alta vienen siendo drenados y canalizados para fines agropecuarios. En este contexto, a futuro la laguna Llamacocha podría constituirse en alternativa para el abastecimiento de agua, por su cercanía a la ciudad de Conchucos.

El color aparente de la laguna Llamacocha observado de color verde agua, verde oscuro y verde turquesa (fig. 11) es muy parecido al que se reporta para la laguna de Llanganuco localizada en el nevado Huascarán (Lujan, 1999). Así en la laguna Pomacanchi (Cusco) presenta un color azul verdoso, la laguna Lorisgota (Puno) presenta una coloración verdosa (Mendoza, 2010). Hay que hacer notar que las coloraciones se asemejan ya que es por la presencia de la productividad primaria causante de que el agua se vea verde o también sea por el reflejo de las radiaciones del espectro.



El muestreo realizado en la laguna Llamacocha ubicada a 3180 m.s.n.m. fue una sola vez en todo el año del 2014 en la época de verano, en donde se registró la temperatura del agua, pH, nitrito, oxígeno en superficie y en fondo, los valores de la transparencia registrados en el presente estudio fue de 0.80 m, se puede apreciar en la tabla 5 comparado con lo que registró Mendoza (2010) en la laguna Pomacanchi, Departamento de Cusco ubicada a 3680 m.s.n.m. la transparencia promedio fue de 3 m. En efecto la diferencia que existe con la laguna Pomacanchi probablemente que sea una laguna de tipo oligotrófico ya que su transparencia es mayor con respecto a la laguna Llamacocha ya que la radiación de luz no penetra a más profundidad porque es posible que contenga más cantidad de partículas suspendida. Hernández (2003) explica que la transparencia es una medida del grado de eutrofización de un cuerpo de agua, los valores pueden variar dependiendo del aumento de sólidos y de la cantidad de fitoplancton reducen la penetración de la luz en el agua.

Campos (2000) registro en los lagos Caburgua y Maihue, la temperatura de 13.6°C, pH de 7.2 y oxígeno disuelto de 4.7 mg/L. Además, Toro *et al.* (2010) en el estudio limnológico de la Laguna Negra se muestrearon en la superficie y la otra a un metro de profundidad, se tomaron parámetros fisicoquímicos pH de 7.07, oxígeno disuelto de 5.92 mg/L, temperatura del agua de 10.4°C. En comparación con resultados de la laguna Llamacocha la temperatura del agua es de 14.4°C, oxígeno de 4.14mg/L y pH de 7.6. Por lo tanto existe una leve variación con los valores presentados anteriormente ya que estas lagunas se encuentran en la misma altitud que la laguna Llamacocha.

Paralelamente en el lugar del monitoreo se registró la temperatura ambiente de 15°C, como se muestra en el ítem 2.16.1., siendo la temperatura máxima anual presenta variaciones entre 10°C a 24°C en el sector comprendido entre los 2800 y 3700 msnm (Villanueva, 2011). Es decir los valores de temperaturas registradas oscilan en el rango normal. Además en la laguna Llamacocha la temperatura entre los estratos para superficie es de 14.4 °C y de fondo es 11.5 °C, oxígeno disuelto en superficie es de 4.14 mg/L y de fondo es 3.7 mg/L, se puede apreciar en la tabla 7. Así como, Mariano (2000) realizó la evaluación limnológica de la laguna Tranca Grande (Junín) registro la temperatura promedio de las aguas, la superficie 11.2°C hasta el fondo 9.96°C y el oxígeno disuelto varió de 7.0 a 7.6 mg/l con una profundidad promedio de 24.4 m. En efecto la diferencia que existe es probablemente la profundidad y la altitud ya que la laguna Llamacocha tiene una profundidad promedio de 10 m y se encuentra a 3498 msnm y con respecto al oxígeno se encuentra disminuido por ser una laguna eutrófica tal como se puede apreciar en la tabla 7. Según Sánchez (2015) en estas lagunas las relaciones entre la profundidad y la superficie, la altitud y la posición geográfica respecto a otros ambientes, así como el régimen climático local, determinan su carácter oligotrófico, eutrófico o hipertrófico. De igual modo, Fornerón *et al.* (2010) las variaciones significativas en la temperatura y el pH del agua las cuales se relacionarían con la profundidad y los sedimentos suspendidos y particulados de la laguna.

El pH promedio registrado en el presente estudio es de 7.6 tanto en superficie y fondo se puede apreciar en la tabla 7, siendo ligeramente básicas. Ramos, *et al.* (2006), en lo que concierne a pH los valores encontrados en general en los cuerpos de aguas fríos oscila entre 6.0 y 8.0. Por otro lado, los valores de nitritos registrados en todas las estaciones es de 0.3 mg/L, se pueden apreciar en el ítem 2.17.3, indicando que la concentración de nitritos en el agua superficial está un poco elevada. Así mismo Kiersch *et al.* (2002) el estudio que realizó en la laguna Mica en Ecuador, concluye que una laguna puede ser clasificada como eutrófica, por poseer concentraciones promedio de fosfatos 0.06 mg/l y nitritos 0.6 mg/l presentando problemas de eutrofización debidos a la entrada permanente de aguas con alto contenido de nutrientes provenientes de la agricultura intensiva. Podemos decir que la laguna Llamacocha se encuentra en proceso de eutrofización, posiblemente esto se debe a que se recibe agua proveniente de un canal de riego para la agricultura elevando los niveles de nitritos en dicho cuerpo de agua.

En relación con los sólidos suspendidos totales (SST), estos sólidos corresponden a arcillas, limos materia orgánica finamente dividida o incluso plancton y otros microorganismos (Hernández, 2003). Dicho esto, en la laguna Llamacocha el valor promedio de SST es de 0.050 mg/L se pueden apreciar en la tabla 6. En comparación con el estudio de Mendoza (2010) en la Laguna Loriscota (Puno) el valor promedio registrado de SST fue de 487.10 mg/l indicando que sus condiciones NO óptimas. De igual manera Benavides, *et al* (2007), realizó la evaluación de la calidad del agua en las principales lagunas del estado de Chihuahua (México), en donde se encuentran la laguna de Patos y la laguna de Bustillos, siendo los valores promedios registrados de SST fue de 597 y 526 mg/l respectivamente siendo la laguna de patos y la laguna de bustillos las que presentan los valores más altos en este parámetro. Lo que significa que la laguna Llamacocha se encuentra en el rango permitido por la normatividad según los estándares de calidad ambiental de agua (ECA de agua) establecidos para la conservación del



ambiente se establece una concentración de 25 mg/l o menor de sólidos suspendidos para conservar la calidad del agua (Ley General del Ambiente, N°28617).

Los porcentajes de materia orgánica (M.O.) encontradas en el lodo de la laguna fluctuaron entre 11.37 % y 18.58 %, tal como se puede apreciar en la tabla 10, son variados no hay homogeneidad. Así mismo, Huamán (2002) en el estudio laguna de Paca, Junín en su composición sedimentológica es limo arenoso con altos valores de materia orgánica mayores de 13,6% en proporciones que no pueden asimilarse naturalmente mediante la resiliencia, porque la acumulación rápida de estos materiales supera la capacidad autodepuradora del mismo, al no poder realizar los ciclos biogeoquímicos con la rapidez necesaria, lo que ocasiona una perturbación del medio original. Comparado Mendoza (2010) en la Laguna Punrún (Pasco) el valor promedio registrado de M.O. fue de 1.02 % se encuentra en condiciones óptimas. De manera que la laguna Llamacocha el porcentaje de M.O. se encuentra elevado. Así mismo Ramírez (2004) describe que los sedimentos lacustres se dividen en dos categorías aquellos con porcentaje de M.O. mayor del 10%, clasificados como sedimentos orgánicos y los que presentan porcentajes menores del 10% designado como sedimentos minerales. Claramente, por su valor promedio de M.O. de 14.84 % el sedimento de la laguna Llamacocha se ajusta al primer tipo, nos explica Espinoza & Morales (2008) que este sedimento es ocupado por una comunidad muy pobre en especies e individuos, que subsisten del flujo de materia orgánica producida en la misma cuenca (autóctona) y del afluente que lo alimenta (alóctona).

La composición granulométrica del sedimento en un sistema lacustre es un factor de importancia en la determinación de los patrones de distribución de organismos y estructura de comunidades de macroinvertebrados bentónicos, muchas veces los porcentajes de las fracciones de arena, limo y arcilla constituyen variables explicativas más eficientes que las físicas y químicas tradicionalmente (Espinoza & Morales, 2008). Así mismo por la importancia que tiene este parámetro se realizó la composición granulométrica del sedimento en la laguna Llamacocha, en donde se observó que limo fino y arcilla se presenta en la mayoría de las estaciones tal como se puede apreciar en la tabla 8. Comparada, con la caracterización sedimentológica que Guerrero, *et al.* (2014) realizó en la laguna el Suero en Venezuela está compuesto por sedimentos mezcla de arena muy fina con limo fino y gravas muy finas que se agrupan dentro de la textura arena lodosa ligeramente gravosa, las tallas granulométricas se distribuyen en gravas 2.43%, arenas 80.87% y lodo esencialmente limos 16,73%. De igual modo, Ramírez & Noreña (2004) en el análisis del sedimento mostró una textura del tipo franco arenosa en la que la arena representó un 72% del total, el limo un 18% y la arcilla un 10%. Así mismo, Parra & Espinosa (2008) Los altos contenidos de limos y arcillas (48 a 88 %) se deben en parte a la acción que ejercen las raíces de las plantas como trampas de sedimentos suspendidos estas raíces reducen la perturbación física provocada por la corriente, permitiendo una alta tasa de sedimentación. Por lo tanto, la diferencia que existe es que la composición granulométrica de la laguna Llamacocha no fue evaluada por porcentajes, dificultando la interpretación con respecto a las cantidades presentes en el sedimento.

El plancton es una comunidad acuática constituida por organismos vegetales fotosintéticos (fitoplancton), representados principalmente por microalgas, las cuales forman parte de varios grupos (algas verdes, rojas, diatomeas, fito flagelados, cianobacterias). La mayoría vive sin movimiento, en la zona fótica, suspendidos y a merced de los movimientos del agua. (Samanez, 2014). En este contexto Chang (2009) menciona que existen factores de gran importancia para el proceso fotosintético tales como la iluminación; la radiación solar penetra en las aguas, hasta determinadas profundidades, dependiendo de los materiales que se encuentran en suspensión y del ángulo de incidencia del rayo luminoso.

En este sentido, Linares *et al.* (2007a) las diatomeas son consideradas también como buenas indicadoras del nivel trófico de las lagunas en las que se desarrollan, debido a su rápido crecimiento, *Navicula*, *Pinnularia* y *Diatoma* son especies de amplia distribución en los ambientes dulceacuícolas. En tanto Salvador (2011) detalla que las especies de los géneros *Cymbella* y *Navicula* son característicos de lagos eutróficos. Donato (2011) las especies de *Melosira*, se multiplican rápidamente cuando hay un aumento en la concentración de fósforo disponible, son buenas indicadoras de las concentraciones del fósforo en las lagunas. Las especies mencionadas anteriormente por los autores han sido encontradas comunes en el presente trabajo especialmente la presencia de *Melosira varians* en cantidades elevadas, como se puede apreciar en la tabla 11. Por lo contrario Velasco *et al.* (1999), explica que la abundancia de *Cocconeis* está relacionada con bajos niveles de fosforo. Por lo que se explica que en la laguna Llamacocha este género *Cocconeis* no fue muy significativo a comparación de *M. varians* hubo una mayor abundancia indicándonos la presencia de fosforo. Hay que tener en cuenta, lo que menciona Caridad & Gómez (2005) que la composición de la flora epipélicas viene determinada por la



composición química del agua, íntimamente ligada a la naturaleza física y química del sedimento, variables que determinan la dominancia en ellos de las diatomeas, clorofíceas, euglenofíceas o cianofíceas.

Así mismo, Astocóndor (2001) la composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica de laguna tranca grande (Junín, Perú) identificó un total de 51 especies, comparando con el presente estudio se asemeja a Bort *et al.* (2005) en las Lagunas de Ruidera las más representativas clase Bacillariophyceae alcanzó el 21% y Chlorophyceae el 27% así mismo se observa una riqueza similar a Chocano (2005) en la laguna Aguascancha (Pasco, Perú) y Alba *et al.* (2011) las algas planctónicas de la laguna de Fúquene en Colombia, principalmente en su estado trófico se observó la clase Bacillariophyceae alcanzó el 21%. En cuanto a la composición de fitoplancton en agua superficial y fondo en la laguna Llamacocha se identificaron 31 especies, tal como se puede apreciar en la tabla 12 y 13, las divisiones algales identificados en la laguna es en general característico de otros lagos como se menciona anteriormente.

Por una parte, Iannacone, *et al.* (2013a) menciona que las microalgas son componentes del fitoplancton han sido utilizadas como indicadores de calidad del agua por su sensibilidad como tolerancia a cambios ambientales y a sus ciclos vitales reducidos. En relación a lo anterior, Ramírez & Noreña (2004) es muy importante el estudio de la biomasa y composición de especies de microalgas para comprender la complejidad de su estructura ecológica. Por ello, Mirande & Tracanna (2009) las mediciones de biodiversidad frecuentemente aparecen como indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas. Para el presente estudio se calculó el índice de riqueza Margalef, índice de dominancia Simpson, índice de diversidad Shannon-Wiener que mide los niveles de conservación y la equidad de Pielou, que refleja la distribución de los individuos entre las especies, tal como se puede apreciar en la tabla 14 y 15.

La riqueza es propia de ambientes aun no muy contaminados, ya que un endurecimiento de las condiciones propicia la dominancia y disminuye la diversidad (Bort *et al.* 2005). La riqueza de Margalef en superficie el valor promedio fue de 2.69 y en fondo con 3.23, la laguna Llamacocha es de baja riqueza por lo que se considera un ambiente alterado tal como se puede apreciar en la tabla 14 y 15. De igual manera, Fontúrbel (2005a) en cuanto a los datos de fitoplancton registrados en el lago Titicaca (Bolivia), es posible apreciar que en los lugares más contaminados existe una menor diversidad de fitoplancton con 1.55 bits ind.⁻¹, indicando el avance del proceso eutrófico de un nivel inicial a intermedio, o incluso de intermedio ha avanzado del proceso eutrófico. Existiendo una diferencia en el presente estudio la diversidad de Shannon-Wiener en superficie fue menor a 0.04 bits ind.⁻¹ y en fondo menor a 0.06 bits ind.⁻¹, indicándonos el proceso eutrófico de la laguna, como se puede observar en la fig. 22 y 24 por lo que se considera un ambiente perturbado no mucha diversidad. Además Fontúrbel (2005b) la eutrofización es un proceso mayormente de origen antrópico los cuales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en los lagos, ocasionando una degradación del medioambiente que muchas veces, es irreversible. Podemos decir que la biomasa de fitoplancton va a depender de parámetros físicoquímicos del agua, los valores que registramos superan los límites permisibles de oligotrofia lo que influencia en el deterioro de la calidad del agua.

El otro constituyente de esta comunidad es el zooplancton, representado por organismos animales invertebrados, cuya característica distintiva es su tamaño, mayormente microscópico, con movilidad limitada y dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua, se encuentran en lagunas, lagos, bofedales, embalses y estanques (Samanéz, 2014). El zooplancton ha sido empleado como indicador de calidad de agua debido a su sensibilidad o tolerancia a residuos orgánicos químicos (Iannacone, *et al.* 2013b).

En este sentido, Linares, *et al.* (2007b) las lagunas de alta montaña son unos medios de enorme singularidad y fragilidad, ya que son particularmente sensibles a los cambios ambientales y pueden funcionar como sistemas de alarma temprana para el control de la eutrofización. De igual modo, De los Ríos & Soto (2009) nos explica que lagos grandes tienden a ser oligotróficos, con bajas concentraciones de iones, baja biomasa zooplanctónica y baja riqueza de especies zooplanctónicas, mientras que los lagos chicos y las lagunas tienden a ser mesotróficos o eutróficos, con valores relativamente moderados en cuanto a sus concentraciones de iones y a la biomasa zooplanctónica y al número de especies zooplanctónicas. Por lo que podemos decir que la laguna Llamacocha es considerado como pequeña, y con respecto al número especies zooplanctónicas se identificaron 8 se pueden observar en la tabla 16 y 17 considerados como resultados preliminares ya que se requiere de una implementación de un programa para la captura de datos, dicho esto consideramos que la laguna esta proceso de eutrofización



ya que también los parámetros químico nos indican lo mismo existiendo una relación directa a la biomasa de zooplancton.

Por otro lado, se registraron 4 tipos de aves que habitan comúnmente en la laguna Llamacocha todas estas aves son migratorias tal como se puede observar en la tabla 18. Así mismo Villanueva (2011) en la cuenca del Río Santa la distribución de la fauna está directamente relacionada con la altitud y las comunidades vegetales existentes, destacan en la parte media, baja y alta de la cuenca especies como huaco, garza blanca grande, gaviota peruana, gaviota andina, pato cordillerano, lechuza, golondrina, gorrión, etc. dentro del Parque Nacional Huascarán se presentan en una gran diversidad identificándose 137 especies de avifauna. Es decir que las diferentes especies que registramos en el presente estudio las podemos encontrar en distintos lugares que cumplan con las condiciones necesarias para su sobrevivencia.

Paralelamente, también se identificaron 8 especies de flora pertenecientes a la laguna Llamacocha tal como se puede observar en la tabla 19. Cano *et al.* (2010) la diversidad florística está determinada por su diversidad de ecosistemas con gran influencia altitudinal. Entonces podemos decir que la riqueza florística de la laguna de Llamacocha y alrededores muestra patrones generales similares a los encontrados en otros sitios andinos localizados arriba de los 3000 m de altitud. Además *Schoenoplectus californicus* sp. "Totora" también es un indicador del avance y la degradación acelerada de los ecosistemas acuáticos del lago Titicaca, ya que esta especie es responsable de gran parte de la capacidad de resiliencia del lago tiene un metabolismo capaz de absorber y filtrar los contaminantes del agua aumentando la capacidad de compensar los daños, aunque no de manera ilimitada. En el contorno de la laguna en estudio se pudo observar una amplia distribución de junco o totora adheridos a un suelo pantanoso siendo de utilidad. Así mismo Kiersch, *et al.* (2002), en el estudio de lagos altoandinos concluyo que el crecimiento de grandes cantidades de *Ceratophyllum demersum* sirve como indicador de zonas contaminadas con altas cargas de nutrientes, esta especie alcanza un máximo de biomasa en los lagos mesotróficos o eutróficos. En efecto en la laguna Llamacocha se registró *C. demersum* encontrándose muy abundante en todo la laguna formando una alfombra verde en el fondo además no se ha observado actividades de sobreexplotación que pongan en peligro el buen estado de conservación de la flora ribereña.

Según Caipo (2015) la sierra peruana está conformada por una extensa zona de accidentada geografía y, por ello, de muy variadas características templados bosques andinos, a más de 1.200 msnm de potencial agrícola; pastizales en el altiplano, a más de 3,000 m, propicios para la ganadería, este territorio rico en recursos minerales como oro, cobre, zinc, plata, muchos de ellos en explotación industrial de importante magnitud. La laguna de Llamacocha y alrededores tienen una larga data de uso de la tierra, principalmente para el pastoreo de ganados vacuno y ovino, siendo la ganadería bovina de crianza extensiva la principal actividad económica de la zona tal como se puede apreciar en la fig. 27 siendo la ganadería la principal actividad económica en la zona de estudio, constituye a la vez la amenaza más importante para el ecosistema de la laguna, dado que el ganado vacuno se convierte en el principal competidor por la disponibilidad de alimento para especies silvestres; además, el sobrepastoreo impide la regeneración óptima de los pastos naturales.

Por otro lado, Raffo & Wust (2007), menciona que actualmente Puno es un lugar muy apreciado por el turismo, como destino en sí mismo como punto de paso hacia Bolivia, es riquísima en paisajes, en testimonios arqueológicos, en expresiones de cultura viva; el lago Titicaca es sin duda uno de los mayores patrimonios naturales con que cuenta la humanidad sus aguas desde siempre han significado para el hombre una fuente de recursos, ya que, al calentarse durante el día, crean diversos hábitats. La laguna Llamacocha de igual modo presenta un hermoso paisaje natural, es de fácil acceso se encuentra a 30 minutos del pueblo, siendo un potencial para el turismo.

Así mismo Vergara (2011c) en Conchucos se cultiva los tubérculos como papa, oca, y mashua; gramíneas como trigo, cebada, maíz, kiwicha y la quinua, las principales legumbres son arveja, haba, lenteja, etc. junto con la ganadería son las principales actividades económicas posee grandes extensiones de tierras de cultivo, variedad de suelos, fuentes de agua y también realizan la actividad minera por ello se creó el canal de riego Llamacocha con la finalidad de ser utilizada para la agricultura ocasionando impactos. Un aspecto poco considerado hasta hoy, son los impactos que los canales ocasionan. El represamiento de las aguas por ser una barrera para los movimientos migratorios de algunos peces (Chocano, 2005). Así mismo, Garcés & Guerra (1999) señala como consecuencia la reducción la calidad del agua y aumentar los niveles de nutrientes en el agua de riego, produciendo el



florecimiento de las algas, la proliferación de las malezas acuáticas y la eutroficación de los canales de riego y vías acuáticas, aguas abajo. Efectivamente esto se pudo observar la coloración verde producto de la gran cantidad plantas acuáticas sumergidas tal como se puede apreciar en la fig. 26. En este sentido Habit & Parra (2001) menciona que el uso de agua para riego produce modificaciones del caudal, así como alteraciones en la morfología y sedimentología del cauce además genera aumentos en la concentración de sales en solución en el agua, tanto en lo que se refiere al agua superficial como a la subterránea. Claramente se pudo observar que el agua era retenida en este punto y que al pasar el caudal del río era en menor cantidad. Dicho todo esto es muy importante ya que esta agua es la que abastece a la laguna Llamacocha y va a depender de la calidad de agua que esta ingresando al cuerpo de agua.

Herrera (2006) sostiene que si las fuentes de agua dulce vienen acompañadas de contaminantes o de un exceso de nutrientes, los procesos que favorecen el buen funcionamiento del ecosistema se podrán ver alterados y será necesaria alguna acción de manejo. Greenfacts (2009), considera que los principales contaminantes son, por ejemplo, la materia orgánica y los organismos patógenos contenidos en las aguas residuales, los fertilizantes y pesticidas procedentes de las tierras agrícolas, la lluvia ácida provocada por la contaminación del aire, y los metales pesados liberados por las actividades mineras e industriales. También Salvador (2011), señala que los peligros más inmediatos sobre las lagunas es la contaminación debido a la actividad minera. La Ley General del Ambiente, N°28611 en su art 90, del recurso agua continental, En el Perú se establece que el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible del aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de sus entorno. En tal sentido, RENAMA (2011) realizó el estudio de impacto ambiental del proyecto minero Conga donde hace un enfoque ecosistémico, hidrogeológico, biológico y paisajístico, concluyendo que este proyecto es inviable en todos los enfoques mencionados debido al impacto que se generará sobre la flora y fauna terrestre es irreversible, y no se garantiza el manejo y su conservación en la zona, pues no se asegura un manejo integral de los hábitats ni de sus nichos ecológicos así mismo habrá alteración del relieve local y calidad paisajística que son impactos significativos.

De igual modo, Benavides *et al.* (2007) a lo largo de la historia la minería ha sido una actividad fundamental para el desarrollo de la economía peruana; en la actualidad, la minería es la columna vertebral de la economía del Perú, nuestro país ha logrado un sitio importante en la producción minera mundial, ubicándose entre los primeros países productores de plata, cobre, zinc, estaño, plomo y oro. Según el Gobierno Regional de Ancash, (2008) posee una gran diversidad ecológica de un total de 101 zonas de vida ecosistemas, pero existe un alto grado de contaminación de los ecosistemas por el mal uso de los recursos naturales, residuos sólidos, explotación minera, uso indiscriminado de agroquímicos, quema de bosques, etc. Anteriormente en los años los años 90, la actividad minera estaba paralizada y sólo se encontraba en explotación la mina Anancocha en donde se extraía cobre, ubicada sobre la Laguna de Llamacocha probablemente que durante el tiempo de explotación sus relaves pudieron llegar a la laguna ya que el esta laguna recibe aguas de la quebrada de Magistral en donde se ubica dicha minera. Efectivamente según el relato que da Blas (2015) construyeron una represa que era utilizada para extracción de minerales esta agua contenía metales de cobre en solución acuosa, con coprecipitación de plomo, zinc, cobalto que finalmente terminó desbordándose y las aguas llegaron a llenar la laguna Llamacocha, siendo en épocas sin control ambiental luego del evento sucedido se paralizaron las actividades mineras en dicho lugar. Dicho esto, efectivamente la minera se encuentra sobre la Laguna de Llamacocha, claramente se pudo verificar con utilización del Google Earth, por esto lo consideramos como área de influencia directa de contaminación ya que esta laguna recibe aguas provenientes de la quebrada de Magistral. Sin embargo, Vergara (2011d) En la actualidad existen varios proyectos mineros en la zona que se encuentran en etapa de exploración y están en constante negociación con la comunidad, siendo una de las más importantes la Mina de Magistral.

Siendo Ancash un territorio rico en recursos minerales entonces estamos a la mira de las empresas mineras, para realizar estas actividades de extracción de cobre se requiere de agua que serán almacenadas en presas. Y por este motivo Villanueva (2011) estima que a partir del año 2025-2030, la escasez del agua agravará los conflictos sociales en las cuencas del Santa, Huarmey, Fortaleza, Conchucos y otros, principalmente entre las regiones de la Libertad y Ancash (Chavimochic y Chincas) por el uso del agua con fines poblacional, agrícola, energético, industrial, minero, acuícola, etc. Como ya se mencionó anteriormente Conchucos depende de la agricultura, la ganadería y la minería siendo un grave problema si se diera la escasez de agua siendo la fuente principal de dichas actividades.



La importancia del desarrollo del trabajo en la ciudad de conchucos, es conocer la riqueza y diversidad que nos puede proporcionar un cuerpo de agua, en este caso la laguna Llamacocha, aprovechando de manera sostenible y equilibrada el uso de esta; existe la posibilidad al uso ecoturístico de la laguna, pero para ello es necesario contar primero con información científica de base para diseñar planes de manejo ecoturístico apropiado. Así mismo brindarle a la población una alternativa de crecimiento económico para el beneficio de las familias cochucanas. Esperemos tomen mayor interés por parte de los gobiernos regionales y municipales, apoyando futuros estudios de la diversidad de lagunas en nuestro país y su uso potencial, en beneficio de la comunidad (Benites & Martino).



CONCLUSIONES

- La morfometría registro un área de 40978 m², línea de orilla 1462 m, longitud máxima de 306 m, ancho máximo 210 m, volumen 278447 m³, profundidad máxima 10.5 m, y el desarrollo de volumen fue de 2.04, describe la forma del fondo del lago, que es de tipo convexo y tiene forma de "U", es decir, la forma de plato ya que es un lago poco profundo con grandes áreas.
- Los parámetros físicos: temperatura del agua en superficie y fondo fluctuaron entre 12.2 y 15.5 °C, (promedio de 14.4 ± 3.3°C) y entre 11.0 y 13.0°C, (promedio de 11.5 ± 2°C), respectivamente. El agua de color verde turquesa, transparencia de 0.80 a 0.95 m y sólidos suspendidos totales entre 0.02 y 0.076 mg/L. La transparencia el valor promedio fue de 0.80 ± 0.35 m y un máximo valor de 0.95m. Parámetros químicos: concentraciones de OD en el agua en la superficie estuvieron entre 4.6 y 3.7 mg/l (promedio 4.14 ± 0.9 mg/l) y en el fondo entre 3.4 y 4.3 mg/l (promedio 3.7 ± 0.9 mg/l). El pH entre 7.0 a 7.7 (promedio 7.6 ± 0.7) y de 7.5 y 7.7 (promedio 7.6 ± 0.2), para la superficie y fondo. Los valores de nitritos registrados en todas las estaciones fueron de 0.3 mg/l.
- Fueron identificadas 31 especies de fitoplancton, el grupo Chlorophyta fue la más dominante en todos los transectos tanto en superficie y en fondo. En el análisis de zooplancton la densidad total fue de 133.33 org l⁻¹, el grupo Copepoda fue el taxa dominante; la dominancia de Simpson (D) fueron > 1.00 en 8 transectos, a excepción del T-4 con un mínimo valor de 0.92, indicando que existe una completa dominancia de nauplios de *Ciclopoides* en la comunidad, en este sentido la diversidad Shannon-Wiener (H¹) fue < 1.00 bits ind⁻¹ indicando una perturbación crítica a nivel de conservación ecosistémico.
- La composición granulométrica del sedimento el limo y la arcilla presentes en la mayoría de los transectos y la materia orgánica del sedimento presentó altos valores entre 11.37% y 18.58% clasificados como sedimentos orgánicos, en estas proporciones ocasionan perturbación del medio original.
- Las especies registradas de flora, *Nasturtium officinale* "berro", *Cassia acutifolia* "motuy", *Cestrum zitrone*, *Sambucus peruviana* "sauco o rayan", *Cestrum auriculatum* "hierba santa", *Juncus juncus* "junco", *Werneria pygmaea*, *Ceratophyllum demersum* "cola de zorro". También se registraron cuatro tipos de aves migratorias, *Plegadis ridgwayi* "ibis de la Puna", *Larus serranus* "gaviota andina", *Oxyura ferruginea* Pato zambullidor Grande", *Cinclodes fuscus rivularis*, "remolinera común".
- En cuanto a la intervención antrópica, la minería tiene la aprobación para las instalaciones de los relaves en Collparagra (valle en Conchucos) a iniciar sus actividades correspondientes podría afectar a la laguna Llamacocha por encontrarse en el área de influencia directa de contaminación, así mismo la existencia de un canal de riego con fines agrícolas, ocasionando la reducción de la calidad de agua y aumentando los niveles de nutrientes, por lo tanto la eutrofización del cuerpo de agua, también el desarrollo de la ganadería ovina extensiva el sobrepastoreo impide la regeneración óptima de los pastos naturales.
- Considerando las características, la laguna no tiene aptitud para la intensiva, pero si para la acuicultura extensiva, así como presenta condiciones para incorporarla a la oferta recreacional y turística. Indirectamente la laguna puede ser utilizada en la acuicultura a través de estanques, cotas abajo y a mediano o largo plazo las aguas pueden servir para favorecer de agua potable a la población de Conchucos. Como un aporte económico en la población, así mismo proponer como centro de conservación de la fauna, especialmente de aves acuáticas y también puede ser empleada como reserva de fuente de agua y el aprovechamiento que se le puede dar a la laguna va dirigido al ecoturismo por ser un lugar de fácil acceso y además por tener paisajes hermosos.



RECOMENDACIONES

- Para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna Llamacocha, no fue muy amplia porque faltó la medición a media agua y faltaron análisis de nutrientes y se sugiere incluir en otros estudios posteriores para obtener datos completos para una mejor interpretación.
- Realizar muestreos dos veces por año, coincidentes con las épocas lluviosa y seca para obtener mayor información en las variaciones de los parámetros fisicoquímicos y biológicos.
- Realizar posteriores investigaciones en la laguna Llamacocha sobre su estado y desarrollo de los procesos eutróficos o alteraciones de cuerpo de agua por actividades mineras.
- Realizar charlas que intenten motivar una mayor atención de las autoridades gubernamentales y locales, a fin de promover acciones efectivas para proponer el estudio de cuerpos de aguas continentales lenticos para el aporte de información de línea base sirviendo para el desarrollo cultural y social de las comunidades.
- Promover el ecoturismo en los planes de gobierno de Conchucos y el uso de la laguna como fuente de agua potable para la población aledaña, previo análisis de metales pesados correspondiente, ya que existe la preocupación por probable contaminación minera.
- Incluir en los planes de enseñanza, a nivel primaria y secundaria, los temas de los recursos hídricos de la zona de Conchucos, para que tengan valor e importancia en la vida de sus habitantes.

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Acosta, C. 2009. Estudio de la cuenca altoandina del río cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona, España. Disponible en: <http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf>. [Consultado 02/02/2015].
- Acuy, M. & V. Pulido. 2006. Perú: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2005 [en línea]. En López-Lanús B. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2005; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <<http://www.wetlands.org/LatinAmerica/Sp/index.aspx>>. [Consultado 09/11/13].
- Alba, A., Jiménez D., López W. & S. Duque. 2011. Revisión de los estudios de las algas planctónicas de la laguna de Fúquene (Boyacá, Colombia). Universidad Nacional de Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones. 148p. Disponible en: <http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20140328105227ih66_1_p147_156.pdf>. [Consultado 02/02/2015].
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edic. Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.
- Astocóndor M. 2000. Evaluación limnológica de la laguna Tranca Grande del distrito de Apata (Jauja, Junín). Tesis Mag. Sc., Lima, Perú. 114 p. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bivirtualdata/publicaciones/magistri/n1_2006/a04.pdf>. [Consultado 02/02/2015].
- Autoridad Nacional del Agua. 2014. Inventario nacional de glaciares y lagunas. 08/05/2015. Disponible en: <<http://www.ana.gob.pe/media/981568/lagunas.pdf>>. [Consultado 22/04/2013].
- Barcelo, D. 2008. Aguas continentales Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. España. Disponible en: <<http://www.segemar.gov.ar/biblioteca/emin/ISBN9788400086640Barcelo.pdf>>. [Consultado 11/03/2015].
- Barrio, J. 2006. Análisis de la comunidad de aves presente en las Lagunas Arrebeatiadas y Zona de Páramo Circundante, Santuario Nacional Tabacona Namballe. Universidad Nacional Agraria la Molina. Disponible en: <http://www.paramo.org/files/recursos/Informecampo_aves_Arrebeatiadas.pdf>. [Consultado 18/02/2015].
- Benavides, A., Moreno, M., Sosa, M., Puga, S., Soto, R. & T. Lebgue. 2007. Evaluación de la calidad del agua en las principales lagunas del estado de Chihuahua. VI congreso internacional y XII nacional de ciencias ambientales. 1-5 pp. Disponible en: <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/CHIHUAHUA/docs/101-120.pdf>. [Consultado 02/02/2015].
- Benavides, R. 2012. La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú. Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Disponible en: <http://www.mzweb.com.br/bvn/La_Mineria_Responsable_y_sus_Aportes_al_Desarrollo_del_Peru_Por_Roque_Benavides_Ganoza.pdf>. [Consultado 23/06/2013].
- Blas, D. 2015. Actividad Minera en Conchucos, Ancash. Disponible en: <<http://centrosocialconchucano.blogspot.com/>>. [Consultado 02/02/2015].
- Bortl, S., Rojo, C., Rodrigo, M. & N. Maidana. 2005. El fitoplancton de Lagunas de Ruidera (Parque Natural, Ciudad Real, España). Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia. Limnetica, 24(1-2):.33-46. Disponible en: <http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne24/L24a033_fitoplancton_Ruidera.pdf>. [Consultado 10/03/2015].



- Brack, A. 2006. Potencia en acuicultura. Disponible en: <<http://www.comexper u.org. pe/archivos%5Crevista%5CDiciembre06%5Cportada.pdf>>. [Consultado 12/11/2013].
- Caipo. 2015. Inversiones en Perú. 04/02/2015. Disponible en: <<http://www.kpmg.com/PE/es/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Inversiones-en-Peru2015.pdf>>. [Consultado 04/02/2015].
- Campos H. 2000. Estudios limnológicos de los lagos Caburgua y Maihue. Facultad de ciencias. Universidad Austral de Chile. Disponible en: <documentos.dga.cl/LGO589.pdf>. [Consultado 11/02/2015].
- Cano, A., Mendoza, W., Castillo, S., Morales, M., La Torre M., Aponte, H., Delgado, A., Valencia, N. & N. Vega. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. Rev. Peru. Biol. 17(1).1-10p. Disponible en: <<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v17n1/pdf/a11v17n1.pdf>>. [Consultado 11/02/2015].
- Caridad, A& J. Gómez .2005. Ecología del fitoplancton de lagunas y turberas de las sierras Segundera y Cabrera y de la Cordillera Cantábrica. Armengol, J .XIII Congreso de la asociación española de limnología. Barcelona. España.14p.
- Cebrián, F. & G. Juárez. 2010. El Aprovechamiento Turístico De Los Recursos Naturales En Loreto (Perú). Congreso Internacional 1810-2010: 200 años de Iberoamérica -1873.Disponible en: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/53/13/25/PDF/AT13_Cebrian-Juarez.pdf>. [Consultado 25/09/2013].
- Chang, J.2009. Limnología. Escuela superior politécnica litoral. Facultad de ingeniería marítima y ciencias del mar. Guayaquil. Ecuador. Cap3. 6p.Disponible en: <<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6194/9/Capitulo%203%20Factores%20que%20influyen%20en%20los%20lagos.pdf>>. [Consultado 12/03/2015].
- Chocano, L. 2005. Las Zonas Altoandinas Peruanas y su ictiofauna endémica. Revista Digital Universitaria .6 (8): 2 p .Disponible en: <<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art82/int82.htm>>. [Consultado 03/10/13].
- De los Ríos P. & D. Soto. 2009. Estudios limnológicos en lagos y lagunas del parque nacional Torres del Paine (51° s, Chile). Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Católica de Temuco. Anales Instituto Patagonia, Chile. 37(1). 63-71 pp. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v74n1/1519-6984-bjb-74-01-008.pdf>. [Consultado 12/02/2015].
- DINARA. 2010. Manual básico de piscicultura en estanques. Proyecto FAO. Uruguay.Disponible en: <http://www.dinara.gub.uy/web_dinara/images/stories/new/manual.pdf>. [Consultado 02/06/2014].
- Donato, J., Duque, S. & L. Mora. 2011. Estructura y dinámica del fitoplancton de la laguna de Fuquene (Cundinamarca, Colombia). Laboratorio de morfología vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.acefyn.org.co/revista/Volumen_16/62/113-144.pdf>. [Consultado 23/10/2015].
- Espinoza, N. & F. Morales. 2008. Macroinvertebrados bentónicos de la laguna las Peonías, estado Zulia, Venezuela. Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Boletín del centro de investigaciones biológicas 42(3). 345-363 pp. Disponible en: <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/viewFile/126/126>. [Consultado 23/10/2015].
- FAO.2011.Desarrollo De La Acuicultura. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. Vol 5.
- FAO.2012.El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>>. [Consultado 19/10/13].



- Flores, M; J. Alegría & A. Granda. 2005. Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Rev. Perú. biol.* 12(1): 131p. [Consultado 20/02/15].
- Fornerón C., Piccolo M. & M. Carbone. 2010. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET). Bahía Blanca. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo. Disponible en: <<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/huellas/n14a02forneron.pdf>>. [Consultado 20/02/15].
- Fontúrbel, F. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titicaca (Bolivia). *Ecología Aplicada* N° 4 (1,2). Lima, Perú. Disponible en: <<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a18v4n1-2.pdf>>. [Consultado 20/02/15].
- Fukushima, N., Z. Culquichicon & J. Becerra. 1980. Estudio limnológico pesquero del lago Pomacochas (distrito La Florida, provincia Bogará, departamento Amazonas). Proyecto desarrollo de zonas fronterizas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 110 pp.
- Fukushima, M & L. Shimokawa. 1987. Estudio limnológico preliminar de las lagunas: Larga, Cushuro y Collasgón (Huamachuco – La Libertad) Set. 1986- Mar. 1987. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 114p.
- Garcés, C. & J. Guerra. 1999. Consideraciones sobre impacto ambiental por efecto de las obras de regadío en el distrito de riego Chancay-Lambayeque, Perú. Disponible en: <http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/7.pdf>. [Consultado 19/02/15].
- Garibotti, E; P. Cervellini; & M. Piccolo. 2009. Microcrustáceos planctónicos y características limnológicas de dos lagunas pampeanas (Buenos Aires, Argentina). *Revista Limnetica*, 28 (1): 93p.
- Greenfacts (organización de información científica ambiental). 2009. Recursos hídricos. Resumen del 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Disponible en: <<http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>>. [Consultado 25/10/13]. [Consultado 20/09/13].
- Gobierno Regional de Ancash, 2008. Plan estratégico regional agrario 2009-2015 Región Ancash. Huaraz. 20/01/15. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencioplanes_estrategicos_regionales/ancash.pdf>. [Consultado 20/01/15].
- Guerrero, O. Mattié, E. Segnini R., Sánchez, J. Cuevas, R. & G. Mavo. 2014. Caracterización sedimentológica y tasa de sedimentación de los humedales altoandinos de la cuenca La Mucuy-La Coromoto. Municipio Santos Marquina, estado Mérida. Venezuela. *Geominas* 42(64). 14 pp. Disponible en: <https://www.academia.edu/8516937/Caracterizaci%C3%B3n_sedimentol%C3%B3gica_y_tasa_de_sedimentaci%C3%B3n_de_los_humedales_altoandinos_de_la_cuenca_La_Mucuy-La_Coromoto._Municipio_Santos_Marquina_estado_M%C3%A9rida._Venezuela>. [Consultado 26/02/15].
- Habit, E. & O. Parra. 2001. Impacto ambiental de los canales de riego sobre la fauna de peces. Vol. 17 (3), 52 - 60 p. Disponible en: <http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/2001/3_Habit_Parra.pdf>. [Consultado 26/02/15].
- Hernández, B. 2003. Calidad fisicoquímica del agua en el parque nacional laguna del tigre, peten. Departamento de análisis inorgánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. 114 pp. Disponible en: <http://www.maya-ethnobotany.org/FLAAR-Reports-Mayan-ethnobotany-Iconography-epigraphy-publications-books-articles-PowerPoint-presentations-course/3_Tikal-Peten-Guatemala_water-monitoring-report-through-parameters-physicochemical-Mirtha-Cano.pdf>. [Consultado 23/02/15].
- Herrera, J. 2006. Lagunas Costeras De Yucatán (Se, México): Investigación, Diagnóstico Y Manejo. *ECOTROPICOS* 19(2):94-108.



- Huamán, P., Mariano. M., Chanco, M. & H. Montoya. 2002. Estructura del macrobentos de la laguna de Paca, Junín. Rev. peru. biol. Vol. 9 (1). Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v09_n1/estruc_macro.htm>. [Consultado 26/02/15].
- Iannacone, J., Alvarino, L., Jiménez, R. & G. Argota. 2013. Diversidad del plancton y macrozoobentos como indicador alternativo de calidad de agua del río Lurín en el distrito de Cieneguilla, Lima-Perú. The Biologist 11(1). 1-17 p. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologist/v11_n1/pdf/a7v11n1.pdf>. [Consultado 12/02/15].
- Kiersch, B., Mühleck, R. & G. Gunkel. (2002). Las macrófitas de algunos lagos alto-andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. Departamento de Manejo de la Calidad de Agua. Universidad Técnica de Berlin. Rev. Biol. Trop. Vol. 52 (4). 829-837 p.
- Ley General del Ambiente, N°28611 Art 1, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de contaminación ambiental. Publicado 31/07/08 - Ministerio del Ambiente. Disponible en: www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/. [Consultado 26/02/15].
- La Ley General del Ambiente, N°28611 Art 90, del recurso agua continental. Publicado 13/05/08 - Ministerio del Ambiente.
- Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica N° 26839. Artículo 3. Publicado 17/06/97 - Ministerio de Agricultura.
- Ley de recursos hídricos .N° 29338, art.6 Principio de sostenibilidad. Publicado 29/03/09 por Autoridad Nacional del Agua (ANA) -Ministerio de la Agricultura.
- Ley de promoción y desarrollo de la Acuicultura y sus modificaciones. N° 27460 Título I Disposiciones Generales .Art.5.Publicado 25/05/01 por el Instituto tecnológico de la producción ITP- Ministerio de la producción.
- Linares, J., Olofsson, L. & P. Sanchez. 2007. Comunidades de diatomeas epipélicas en las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). Limnetica. 26 (1). 99-113 p. Disponible en: <http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne26/L26a099_Diatomeas_Sierra_Nevada.pdf>. [Consultado 26/02/15].
- Loayza, R., J.Cano, L.Chang, C. Gómez, J.Pisfil, A. Bazán, E.Cano, M.Pachamoro, Y. Gonzales, H. Córdoba & A.Escobar. 2007. Estudio preliminar de los principales factores abióticos de la laguna Sausacocha (Huamachuco, Perú).Boletín de Lima .N° 148.87p.
- Lujan, H. 1999.Determinacion de algunos factores físico químico y biológico de la Laguna Llanganuco, Huaraz. Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.
- Mariano M. 2000. Evaluación limnológica de la laguna Tranca Grande del distrito de Apata (Jauja, Junín). Tesis Mag. En recursos acuáticos con mención en ecología acuática. Lima, Perú. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fsisbib.unmsm.edu.pe%2Fbibvirtualdata%2Fpublicaciones%2Fmagistri%2Fn1_2006%2Fa04.pdf&ei=2-pjVfG1KZHbsATb7ILgAw&usq=AFQjCN Gq_PVqY5T37WVrfW7hfNhmPps8Rw&bvm=bv.93990622,d.cWc>. [Consultado 26/02/15].
- Mendoza, D. 2010. Evaluación de recursos hídricos en las regiones de Pasco, Ayacucho, Cuzco, Puno y Ucayali. Ministerio de la Producción. Disponible en: <[http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informe-final_lagunas\(1\).pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informe-final_lagunas(1).pdf)>. [Consultado 16/03/15].



- Mendoza, D. 2013. Informe: Situación del Extensionismo Acuícola en el Perú, Dirección de Extracción y Producción Pesquera para Consumo Humano Directo, Dirección de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú.3p.
- Ministerio de la agricultura (MINAGRI). Autoridad nacional del agua (ANA). 2012. Recursos Hídricos en el Perú. Ley N° 29338. Cap. III Estado Situacional De Los Recursos Hídricos. 2da Edic.45p.
- Ministerio de Pesquería. 1977. Estudios para la Determinación del Potencial Piscícola en el Departamento de San Martín .Informe Bienal. Trujillo-Perú.55p.
- MINAGRI. Ministerio de agricultura 2009. Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Disponible en:<http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf>. [Consultado 28/09/13].
- MINAM. Ministerio del ambiente. 2009 .Política Nacional Del Ambiente. Disponible en: <http://www.up.edu.pe/carrera/economia/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/politica_nacional_del_ambiente.pdf>. [Consultado 28/09/13].
- MINAM. 2011. Inventario y evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas. 1^{era} edición. Impreso en NEGMANN SAC. Lima, Perú. 12p. Disponible en:<http://www.mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/inventario_y_evaluacion_rpnyc_0.pdf>. [Consultado 28/09/13].
- Miranda V. & B. Tracanna. 2009. Estructura y controles abióticos del fitoplancton en humedales de altura. Ecología Austral 19.119-128 p. Disponible en: <<http://www.ecologiaaustral.com.ar/files/28de3e7283.pdf>>. [Consultado 18/03/15].
- Montoya, Y & N. Aguirre .2009. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables. Revista Gestión y Ambiente. 12 (3): 93p.
- Municipalidad Distrital de Conchucos. Disponible en :<http://www.municonchucos.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=2>. [Consultado 07/10/13]. [Consultado 10/02/15].
- Oblitas, L., M. Fukushima & L. Shimokawa. 1987. Indices de diversidad ecológica de la comunidad algológica de fondo del río Jequetepeque y sus principales afluentes diciembre 1985 diciembre 1986. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- OESA (Observatorio español de acuicultura). 2010. Evaluación de las actividades de Investigación y Desarrollo tecnológico en Acuicultura en el periodo 1998-2010.España. Disponible en: <http://www.racua.org/uploads/media/evaluacion_oesa_01.pdf>. [Consultado 18/03/15].
- Parra, J. & L. Espinosa. 2008. Distribución de metales pesados (Pb, Cd Y Zn) en perfiles de sedimento asociado a *Rhizophora mangle* en el río Sevilla - ciénaga grande de Santa Marta, Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost. 37(1). 95-110 p. Disponible en: <<http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v37n1/v37n1a06.pdf>>. [Consultado 16/09/13].
- Plan estratégico de desarrollo Huamachuco al 2018. Municipalidad Provincial Sánchez Carrión. Perú. Disponible en :<<http://www.munihuamachuco.gob.pe/docs/ped.pdf>>. [Consultado 25/10/13].
- PRODUCE. Situación Actual de la acuicultura en el Perú. Disponible en:<<http://www.produce.gob.pe>>. [Consultado 28/09/13].
- PRODUCE. 2009. Plan Nacional de Desarrollo Acuícola. Disponible en:<http://portal.andina.com.pe/EDPFiles/EDPWEBPAGE_plan-acuicola.pdf>. [Consultado 10/10/13].
- PRODUCE. 2012. Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura (C+DT+i) 2013-2021.



- Raffo, C., & W. Wust. 2007. Turismo Rural Peru. PromPerú- Mincetur. Disponible en: <<http://www.turismoruralperu.facipub.com/facipub/upload/publicaciones/1/80/guia%20turisticapdf>>. [Consultado 10/10/13].
- Ramírez, J. & J. Noreña. 2004. Caracterización del sedimento de una laguna tropical Rasa. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. *Caldasia* 26(1).173-184 pp. Disponible en:< <http://www.bdigital.unal.edu.co/37538/1/39360-175186-1-PB.pdf>>. [Consultado 11/02/15].
- Ramos, J., Flores D., Ayala L., Rendón J., Villalobos G., & A. Sosa. 2006. Atlas hidrobiológico e ictiológico de la laguna de Términos. Universidad Autónoma de Campeche. 173 p. Disponible en: <<https://books.google.com/books?id=tN5x0vQy5SQC&pg=PA153&lpg=PA153&dq=pH+min+y+max+del+agua+en+lagunas&source=bl&ots=R2ITN5mui5&sig=WZDSs1ib9AontQ88pd5zeDxA dSY&hl=es-419&sa=X&ei=uY1kVckBveasQT1h4KgDw&ved=0CB4Q6AEwA A#v=onepage&q&f=false>>. [Consultado 11/02/15].
- RENAMA.2011. Informe Técnico Sobre Las Observaciones Y Comentarios Al Estudio De Cajamarca. Disponible en:<[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/338C850BC5F8E38F05257A3D0060F9E2/\\$FILE/INFORME_01_EQUIPO_T% C3% 89CNICO-Final.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/338C850BC5F8E38F05257A3D0060F9E2/$FILE/INFORME_01_EQUIPO_T% C3% 89CNICO-Final.pdf)>. [Consultado 25/10/13].
- Ruiz, L.2012. Estado de la Acuicultura en el Perú .Revista AquaTIC, n° 37, 9-106 p. Perú.
- Salvador, F.2011. Lagunas y Oconales: Los Humedales del Trópico Andino. Unidad De Conservación y Gestión de Recursos Fitogenéticos. Lima- Perú.
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V & M. Hidalgo. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifitón, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 10p. Lima, Perú. Disponible en:<<http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M% C3% A9todos-de-Colecta-identificaci% C3% B3n-y-an% C3% A1lisis-de-comunidades-biol% C3% B3gicas.compressed.pdf>>. [Consultado 14/03/15].
- Secretaria del medio ambiente y recursos naturales.2008.vol8. 85p. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/pdf/yelmedioambiente/ersion_2008/4_agua_v08.pdf>. [Consultado 07/10/13].
- SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010). Disponible en: <<http://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-31122014.pdf>>. [Consultado 07/10/13].
- Sotomayor, K. 2012.Particularidades competitivas de la Región Ancash. Seminario; Competitividad y conglomerados productivos estratégico regional. Perú.19 p. [Consultado 07/10/13].
- Toro D., Jaramillo M., Ocampo D., Correa R. & P. Salgado. 2010. Estudio limnológico de la laguna Negra. Zona amortiguadora del P.N.N. los nevados. Bol. cient. Mus. Hist. Nat. Vol. 16 (2): 23 – 38. Disponible en:<<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a03.pdf>>. [Consultado 11/02/15].
- Vector Perú S.A.C. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Magistral Ancash Cobre S.A.Disponible en:<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/inicio/resumen/RE_1769937.PDF>. [Consultado 07/10/13].
- Velasco, J; Ó .Soriano; M. Álvarez & Á.Rubio.1999. Estudio Limnológico de Seis Medios Leníticos de La Rioja .Revista Ecología. N°13.España.66p.
- Vergara K. 2011.Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash. Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Pontificia Universidad Católica del Perú. 49-63 pp. Disponible en:



<<http://www.socgeolima.org.pe/wp-content/uploads/2014/01/Variabilidad-climatica-percepci%25C3%25B3n-ambiental-y-estrategias-de-adaptacion-de-la-Comunidad-Campesina-de-Conchucos.pdf+%&cd=6&hl=es-419&ct=clnk&gl=us>>. [Consultado 07/02/15].

Vila, I.; V. Monteclno; H. Muhlhauser & S. Cabrera. 1986. Diagnóstico y Evaluación del potencial biológico de lagos naturales y artificiales de Chile Central. UNESCO. 2(1):128 p.

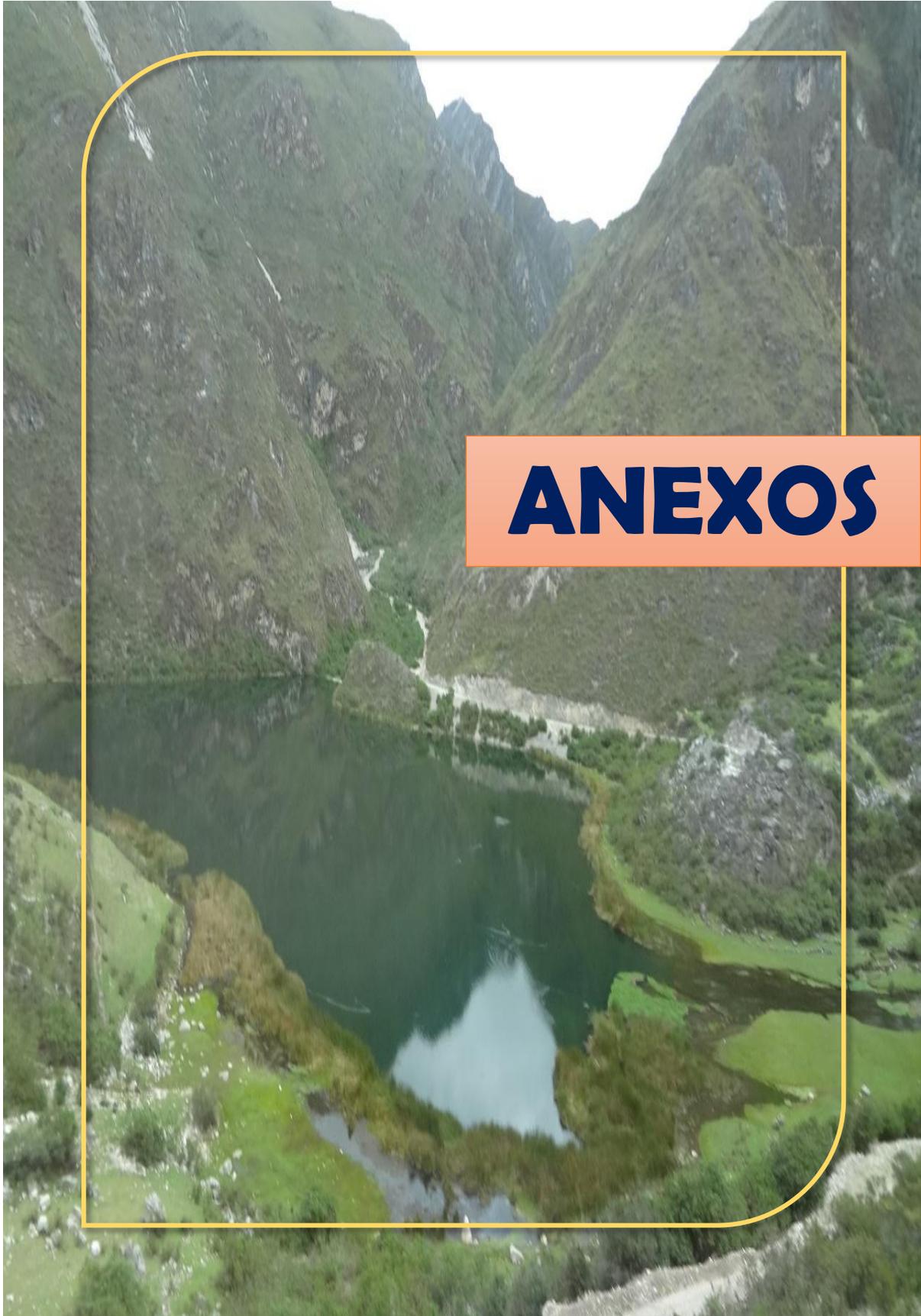
Villanueva Ramírez, R. (2008). Evaluación local integrada biofísica y vulnerabilidad actual de la cuenca del río Santa. Huaraz - Perú: Proyecto SCNCC-ELI SANTA.

Disponible en <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2011-087.pdf>. [Consultado 07/02/15].

Villanueva, R. 2011. Los impactos del cambio climático en las funciones hidrológicas de la cuenca del Río Santa. Folleto N°2. 17p. Disponible en: <<http://www.mountain.pe/wp-content/uploads/2012/02/Folleto-2-Impactos-CC-Cuenca-Rio-Santa.pdf>>. [Consultado 07/02/15].

Von, R., A. Catenazzi, A. Angulo, P. Venegas & C. Aguilar. 2012. Investigación y conservación de la biodiversidad en Perú: Importancia del uso de técnicas modernas y procedimientos administrativos eficientes. Rev. Perú. Biol. 19 (3):355p.

Yataco, K. 1999. Estudios de las interrelaciones de los factores abióticos y bióticos y la influencia en la Laguna de Llanganuco Yungay, Ancash. Informe interno de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.



ANEXOS



Anexo 1 Formato de tabla de fitoplancton

| Grupo Taxonómico | Estaciones | | | | | | | | | |
|------------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | n | |
| | s | f | s | f | s | f | s | f | s | f |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | |
| δ | | | | | | | | | | |

s: Superficie

f: Fondo

S: Número de especies

 δ : densidad

Anexo 2 Formato de tabla para comunidad fitoplanctónica

| Grupo Taxonómico | Estaciones | | | | | | | | | |
|------------------|------------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | n | |
| | n° | w | n° | w | n° | w | n° | w | n° | w |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | |
| Mg | | | | | | | | | | |
| D. Simpson | | | | | | | | | | |

W: Biomasa

S: Número de especies

Mg : Índice de margalef

D. Simpson: Dominancia de Simpson

Anexo 3 Formato de tabla para factores abióticos

| FACTORES ABIOTICOS | Estaciones | | | | |
|-------------------------|------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | n |
| Temperatura (°C) | | | | | |
| pH | | | | | |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | | | | | |
| Nitritos (mg/L) | | | | | |
| Transparencia (m) | | | | | |