

LAGUNAS ALTOANDINAS DE LIMA EVALUADAS PARA EL DESARROLLO DE ACUICULTURA, 2018

HIGH ANDEAN LAGOONS OF LIMA EVALUATED FOR AQUACULTURE DEVELOPMENT (2018)

José G. Caveró Arana¹

Mary F. Manrique Carhuas

RESUMEN

CAVERO, J., MANRIQUE, M. (2022). *Lagunas altoandinas de Lima evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2018*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 616-637.- En abril, julio y octubre 2018, en el marco del Programa Presupuestal 0094 – 2018 se efectuaron investigaciones para identificar cuerpos de agua lénticos con posible potencial acuícola en la Región Lima. En las lagunas Paucarcocha y Piscococha en el distrito de Tanta, Huallhua en el distrito de Huancaya, Piquecocha en el distrito de Vitis, se muestrearon plancton y bentos; se registraron los parámetros físico-químicos del agua como temperatura, pH, dureza, CO₂, nitritos, alcalinidad, nitrógeno amoniacal y cloruro. Se determinó Riqueza específica (S), índices de biodiversidad de Margalef (DMg), de Shannon (H') (bits/ individuos) y de equidad de Pielou (J'). Los resultados permitieron la identificación de la diversidad biológica existente y la calidad del cuerpo de agua.

PALABRAS CLAVE: Lima, monitoreo, lagunas altoandinas, índices

ABSTRACT

CAVERO, J., MANRIQUE, M. (2022). *High Andean lagoons of Lima evaluated for aquaculture development (2018)*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 616-637.- In April, July, and October 2018, under Budget Program 0094 - 2018, we conducted research to identify lentic waterbodies with possible aquaculture potential in the Lima Region. Plankton and benthos were sampled in the following lagoons: Paucarcocha and Piscococha in the Tanta district, Huallhua in the Huancaya district, and Piquecocha in the Vitis district. We recorded the physicochemical parameters of the water, such as temperature, pH, hardness, CO₂, nitrites, alkalinity, ammoniacal nitrogen, and chloride. Specific richness (S), Margalef's biodiversity index (DMg), Shannon's (H') biodiversity index (bits/individuals), and Pielou's equity index (J') were determined. Our results allowed the identification of the existing biological diversity and the quality of the water body.

KEYWORDS: Lima, monitoring, high Andean lagoons, indices

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación hidrobiológica incluye el estudio de los organismos acuáticos, permitiendo detectar alteraciones de las comunidades biológicas a causa de los diferentes impactos. *Las diversas comunidades se pueden establecer como indicadores y marcadores de las condiciones ambientales prevalecientes* (CVC-UNIVERSIDAD DEL VALLE, 2004). *Tal es el caso del monitoreo de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes zonas y sustratos de ríos, que sirve para estimar la calidad del agua de las zonas estudiadas* (BALLESTEROS et al., 2007). DE LA LANZA et al. (2000,) indica que *el fitoplancton puede ser utilizado para inferir la calidad de los ambientes acuáticos y conocer fluctuaciones de las masas de agua, y responden rápidamente a cambios que pueden ocurrir en las masas de agua por procesos naturales o por actividades humanas*.

El objetivo de esta investigación fue determinar el estado de cuatro lagunas alto andinas para el desarrollo de la acuicultura en la Región Lima, para lo cual

se contó con el Programa Presupuestal 0094 – 2018 y mediante el proyecto “Monitoreo Hidrobiológico de los Recursos Hídricos para el Desarrollo de la Acuicultura”, se trabajó en el departamento de Lima, provincia de Yauyos, en las lagunas Paucarcocha y Piscococha, distrito de Tanta, Huallhua en el distrito de Huancaya y Piquecocha en el distrito de Vitis.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación y georeferenciación

En abril, julio y octubre 2018 se evaluaron cuatro lagunas alto andinas de Lima: Paucarcocha, Piscococha, Huallhua y Piquecocha. En cada laguna se establecieron seis estaciones de monitoreo (Tabla 1), donde se obtuvieron muestras de fitoplancton, zooplancton, perifiton y macrobentos (superficial, medio y profundidad). Los parámetros físico-químicos fueron pH, oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, nitrógeno amoniacal, CO₂, cloruro, temperatura del agua, DBO₅, nitrito y turbidez.

¹ IMARPE, DGIA, Unidad Funcional de Investigaciones en Acuicultura, jcavero@imarpe.gob.pe, mmanrique@imarpe.gob.pe

Con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) y con ayuda de un GPSMAP marca Garmin ubicamos los puntos de muestreo; el material de referencia fueron imágenes satelitales para la ubicación de esos puntos.

Caracterización del hábitat

Para evaluar las características del hábitat y los parámetros fisicoquímicos de las lagunas, se utilizó la misma metodología empleada en las lagunas de Ayacucho en este mismo Informe (CAVERO y MANRIQUE, 2022).

Parámetros de la calidad microbiológica de las lagunas alto andinas

Con el fin de conocer la calidad microbiológica de las lagunas altoandinas en la Región Lima Paucarcocha, Piscococha, Huallhua y Piqueccocha en abril, julio y octubre 2018, se realizó el análisis microbiológico para los parámetros de Coliformes totales y fecales según la metodológica indicada en el SMEWW-APHA AWWA-WEF. Part 9221 B y SMEWW-APHA-APHA-WEF.Part 9221.

Además, se tomó como referencia los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (D.S. 004-2017-MINAM). Categoría 4 Conservación del ambiente acuático, E1: lagunas y lagos para evaluar la calidad de las lagunas.

Plancton y Bentos

Colecta y análisis de muestras biológicas

Para determinar el número de puntos de muestreo se tomó como referencia a la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2005). En este estudio las lagunas fueron grandes >50 ha. Se monitorearon 4 lagunas: Paucarcocha, Piscococha, Huallhua y Piqueccocha. La metodología para la colecta y análisis de las muestras biológicas es la propuesta por APHA-AWWA-WEF (2012) que también se empleó en las lagunas de Ayacucho (CAVERO y MANRIQUE, 2022).

Determinación de calidad del agua

Se utilizaron los índices de Shannon y Wiener, de Margalef, Diatómico generalizado de grupos ecológicos y de Equidad de Pielou.

Tabla 1.- Estaciones de monitoreo de las lagunas alto andinas. Región Lima, provincia Yauyos, 2018

Distrito	Laguna	Estaciones	Latitud S	Longitud W	Altitud (m.s.n.m.)
Tanta	Paucarcocha	LPauE01	12° 4'48,02"	75°59'5,41"	4250
		LPauE02	12° 4'41,96"	75°59'29,25"	
		LPauE03	12° 4'49,72"	75°59'52,42"	
		LPauE04	12° 4'57,74"	76°0'8,61"	
		LPauE05	12° 5'10,36"	76°0'18,13"	
		LPauE06	12° 5'23,39"	76°0'28,06"	
Tanta	Piscococha	LPisE01	12°10'42,44"	75°56'49,45"	4434
		LPisE02	12°10'44,78"	75°57'13,21"	
		LPisE03	12°10'38,03"	75°57'38,34"	
		LPisE04	12°10'34,10"	75°57'58,86"	
		LPisE05	12°10'21,12"	75°58'25,46"	
		LPisE06	12°10'16,58"	75°58'53,38"	
Huancaya	Huallhua	LHuaE01	12°10'32,60"	75°47'52,54"	3704
		LHuaE02	12°10'38,40"	75°47'50,38"	
		LHuaE03	12°10'43,55"	75°47'49,58"	
		LHuaE04	12°10'45,81"	75°47'52,93"	
		LHuaE05	12°10'45,92"	75°47'59,78"	
		LHuaE06	12°10'47,57"	75°48'6,27"	
Vitis	Piqueccocha	LPiqE01	12°15'1,70"	75°48'36,18"	3371
		LPiqE02	12°15'7,29"	75°48'36,81"	
		LPiqE03	12°15'8,32"	75°48'41,67"	
		LPiqE04	12°15'12,56"	75°48'43,04"	
		LPiqE05	12°15'14,60"	75°48'46,84"	
		LPiqE06	12°15'18,61"	75°48'46,56"	

Determinación de diatomeas bentónicas

Preparación de muestras permanentes.- Para identificar las diatomeas bentónicas se procedió a eliminar la materia orgánica por el método de BATTARBEE (1986). Se tomó una sub muestra con una pipeta automática la que se colocó en un tubo de centrifugación de 10 mL. Se agregó H₂O₂ al 30%. Se dejó reposar por 24 horas, luego se centrifugo, eliminó el sobrenadante y reemplazó por agua destilada. Se enrasó la última centrifugación a 10 mL con agua destilada.

Una vez digerido el material, se agitó el tubo de centrifugación y con una pipeta Pasteur se depositó 1 mL sobre un cubre objeto que se colocó sobre una plancha caliente. Evaporado el líquido, se realizaron los preparados diatomológicos permanentes según HASLE (1978).

Para la identificación de los individuos colectados se utilizó un microscopio compuesto marca LEICA DM 1000 LEO con ocular de 10x y objetivo 100X (aumento total de 1000x), para fotografiarlos se usó una cámara Leica DFC 290 HP con resolución estándar de 3 mega pixeles.

El análisis taxonómico fue realizado siguiendo a BLANCO *et al.* (2011), BELLINGER & SIGEE (2010), BIGGS & KILROY (2000), ESCOBAR (2012), KELLY *et al.* (2005), NOVELO (2012), MARGALEF (1955), ROUND *et al.* (1990), BIXBY & JAHN (2005) y SOSA *et al.* (2011).

3. RESULTADOS

LAGUNA PAUCARCOCHA

Está ubicada en el distrito de Tanta a 4.250 m.s.n.m, entre 12°4'49,72"S y 75°59'52,42" W. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Lima – Tanta (Fig. 1). En la Tabla 1 se dan las posiciones geográficas en las que se efectuaron los muestreos.

Esta laguna presenta 3.722.356 m² de superficie, perímetro de 17.384 m y parámetro morfométrico (DL) igual a 2,54 calificado como de forma Dendrítica (HUTCHINSON, 1957; TIMMS, 1992). La profundidad varió de 24,4 a 44,2 m (Tabla 2). La composición predominante del sustrato fue tipo fino y la vegetación césped de puna (hasta 25 m de la orilla).

Parámetros físico-químicos

En la Tabla 3 se da a conocer el promedio de los parámetros evaluados en la laguna.

Parámetros de calidad microbiológica

En la Tabla 4 se da a conocer el promedio de los parámetros de calidad microbiológica.

Fitoplancton

De acuerdo a la abundancia relativa del fitoplancton destacó la división Bacillariophyta (Tabla 5) y tomando en cuenta la distribución de abundancia de especies en abril, julio y octubre el género representativo fue *Cyclotella* sp. de la División Bacillariophyta (Tabla 6).



Figura 1.- Vista panorámica y satelital de la Laguna Paucarcocha

Tabla 2.- Promedio y desviación estándar de la profundidad registrada en la laguna Paucarcocha durante abril, julio y octubre 2018

	Abril		Julio		Octubre		Anual	
	Prom +/-DE		Prom +/-DE		Prom +/-DE		Prom +/-DE	
Profundidad (m)	44,2	±27,64	32,9	±29,98	24,4	±21,29	33,8	±26,30

Tabla 3.- Promedio de los parámetros físico-químicos registrados en laguna Paucarcocha. Abril, julio, octubre – 2018

Parámetros físico- químicos	Abr		Jul		Oct		Anual	
	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃):	85,5	±21,63	98,3	±12,09	106,9	±12,09	96,9	±15,27
Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH ₃):	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
CO ₂ (mg/L):	6,7	±2,58	5,0	±0,00	5,0	±0,00	5,6	±0,86
Cloruro (mg/L):	22,5	±4,74	15,0	±5,67	15,0	±4,01	17,5	±4,81
Oxígeno Disuelto (mg/L):	8,3	±0,61	8,7	±0,37	8,6	±0,42	8,5	±0,47
Nitrito (mg/L)	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
pH (UpH):	7,5	±0,34	7,5	±0,38	7,8	±0,27	7,6	±0,33
Dureza Total (mg/L):	65,6	±25,17	74,8	±15,67	81,2	±12,09	73,9	±17,64
Temperatura del agua (°C):	10,0	±0,71	10,1	±0,35	11,3	±1,65	10,5	±0,90
Nitrato (mg/L):	8,3	±2,88	7,6	±2,45	11,1	±3,72	9,0	±3,01
Fosfato (mg/L):	0,1	±0,05	0,1	±0,05	0,1	±0,05	0,1	±0,05
DBO ₅ (mg/L):	2,9	±0,54	4,2	±2,71	4,9	±3,05	4,0	±2,10
Transparencia (m)	7,0	±0,00	7,5	±0,00	7,5	±0,00	7,3	±0,00

Tabla 4.- Promedio de los parámetros de calidad microbiológica registrados en Laguna Paucarcocha. abril, julio, octubre - 2018

Puntos de muestreo	Coliformes Totales			Coliformes Termotolerantes		
	Abr	Jul	Oct	Abr	Jul	Oct
E-AP1	2,3x10	2	3,5x10 ²	<1,8	1,8	2
E-AP2	2,7x10	2	2,4x10 ²	2	1,8	<1,8
E-AP3	7,9x10	1,8	2,4x10 ²	2	1,8	4,5
E-AP4	3,3x10	4,5	1,3x10 ²	<1,8	1,8	<1,8
E-AP5	7,8	4,5	1,3x10 ²	<1,8	2	2
E-AP6	7,8	13	1,3x10 ²	<1,8	4,5	7,8

Tabla 5.- N° Indiv (Cel/L) y abundancia relativa (%) del fitoplancton, Laguna Paucarcocha. 2018

División	Cel/L	%
Bacillariophyta	21.805	90,44
Chlorophyta	1.222	5,07
Charophyta	816	3,38
Cryptophyta	227	0,94
Cyanophytas	15	0,06
Dinophyta	26	0,11

Determinación de calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: mayor abundancia promedio se registró en julio, con 30 géneros (Tabla 7).

Índice de biodiversidad de Margalef: en todo el periodo los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 7).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados demostraron poca diversidad en julio y diversidad mediana en abril y octubre (Tabla 7).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio se registró en abril (Tabla 7).

Zooplankton

El Phylum predominante fue Arthropoda (Tabla 8).

De acuerdo a la distribución de la abundancia de especies, el género representativo fue *Eucyclops* sp. del Phylum Arthropoda (Tabla 9).

Determinación de calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en abril con 6 géneros. La menor abundancia en julio y octubre con 5 géneros (Tabla 10).

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indican baja biodiversidad (Tabla 10).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados indican poca diversidad (Tabla 10).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio obtenido fue de 0,87 en abril y octubre (Tabla 10).

Tabla 6.- Promedio del conteo de fitoplancton en Laguna Paucarcocha. abril, julio y octubre 2018

División / Especies	Cel/mL			División / Especies	Cel/mL		
	Abril	Julio	Octubre		Abril	Julio	Octubre
Bacillariophyta	384	20042	1379	Chlorophyta	445	50	727
<i>Craticula</i> sp.	1	0	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	1	0	1
<i>Cyclotella</i> sp.	71	14775	417	<i>Botryococcus</i> sp.	71	24	400
<i>Cymbella</i> sp.	13	99	82	<i>Comasiella</i> sp.	0	2	2
<i>Cocconeis</i> sp.	1	1	4	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	354	15	323
<i>Diatoma</i> sp.	0	1	1	<i>Gonium</i> sp.	0	3	0
<i>Epithemia</i> sp.	26	3	1	<i>Nephrocytium</i> sp.	1	1	1
<i>Fragilaria</i> sp.	3	0	0	<i>Oedogonium</i> sp.	4	3	0
<i>Frustulia</i> sp.	1	0	0	<i>Oocystis</i> sp.	14	1	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	6	1	<i>Scenedesmus</i> sp.1	0	1	0
<i>Hannaea</i> sp.	1	121	6	Charophyta	60	356	400
<i>Navicula</i> sp.1	7	12	27	<i>Closterium</i> sp.	21	226	7
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	6	47	<i>Elakatothrix</i> sp.	12	72	6
<i>Nitzschia</i> sp.	14	0	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	0	1	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	1	2	<i>Hyalotheca</i> sp.	0	1	13
<i>Stauroneis</i> sp.	0	1	0	<i>Mougeotia</i> sp.	3	0	0
<i>Tabellaria</i> sp.	244	5005	790	<i>Staurastrum</i> sp.	24	56	374
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0	11	1	Cryptophyta	167	56	4
<i>Ulnaria</i> sp.	2	0	0	<i>Cryptomonas</i> sp.	167	56	4
Dinophyta	0	2	24	Cianobacterias	0	12	3
<i>Peridinium</i> sp.1	0	2	24	<i>Anabaena</i> sp.	0	2	0
				<i>Oscillatoria</i> sp.	0	10	3

Tabla 7.- N° Individuos (Cel/L), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de fitoplancton en Laguna Paucarcocha

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Cel/L)	1056	20518	2537
Riqueza específica (S)	23	30	24
Margalef (D _{Mg})	1,980	1,560	1,870
Índice de Shannon - Weaver (H')	1,610	0,750	1,600
Equidad de Pielou (J')	0,610	0,270	0,590

Tabla 9.- Promedio del conteo de zooplancton en Laguna Paucarcocha. abril, julio, octubre, 2018

Phylum / Especie	Org./m ³		
	Abril	Jul	Oct
Arthropoda	16633	12825	19600
<i>Boeckella</i> sp.	2100	750	5175
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	67	0	0
<i>Chydorus</i> sp.	0	50	0
<i>Daphnia</i> sp.	6200	1875	5975
<i>Eucyclops</i> sp.	5433	3775	5000
<i>Macrothrix</i> sp.	33	0	0
Maxillopoda (NI)-Nauplio	2800	6300	3400
<i>Pleuroxus</i> sp.	0	75	50
Rotifera	3133	2800	3200
<i>Keratella</i> sp.	1767	2700	2975
<i>Polyarthra</i> sp.	1333	50	225
<i>Trichocerca</i> sp.1	33	0	0
<i>Trichotria</i> sp.	0	50	0

Tabla 8.- N° Indiv (Org./m³) y abundancia relativa (%) del zooplancton, Laguna Paucarcocha. 2018

Phylum	Org./m ³	%
Arthropoda	49058	84,31%
Rotifera	9133	15,69%

Tabla 10.- N° Individuos (Organismos/m³), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de zooplancton, Laguna Paucarcocha.

Índices de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/m ³)	19766	15625	22800
Riqueza específica (S)	6	5	5
Índice Margalef (D _{Mg})	0,470	0,420	0,440
Índice de Shannon - Weaver (H')	1,480	1,240	1,440
Equidad de Pielou (J')	0,870	0,790	0,870

Tabla 11.- N° Individuo (Org./cm²) y abundancia relativa (%) del perifiton en Laguna Paucarcocha. 2018

División	Organismos/cm ²	%
Bacillariophyta	419221	98,77
Chlorophyta	1826	0,43
Charophyta	651	0,15
Cryptophyta	28	0,01
Cyanophytas	2710	0,64
Dinophyta	1	0,0002
Euglenophyta	11	0,0026

Tabla 12.- Promedio del conteo de perifiton en Laguna Paucarcocha. abril, julio, octubre 2018

División / Especie	Org. /cm ²			División / Especie	Org. /cm ²		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	76962	311160	31099	Chlorophyta	952	828	46
<i>Achnanthyidium</i> sp.	0	133920	0	<i>Acutodesmus</i> sp.	4	0	0
<i>Asterionella</i> sp.	0	8	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	19	48	10
<i>Cyclotella</i> sp.	0	10252	4187	<i>Botryococcus</i> sp.	1	0	22
<i>Cymbella</i> sp.	1419	45412	849	<i>Bulbochaete</i> sp.	0	56	0
<i>Cocconeis</i> sp.	4	0	6	<i>Coelastrum</i> sp.	0	4	0
<i>Diatoma</i> sp.	233	4172	0	<i>Desmodesmus</i> sp.	1	0	0
<i>Epithemia</i> sp.	1	4	1	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	8	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	35	<i>Nephrocytium</i> sp.	0	4	0
<i>Gomphonema</i> sp.	36	12084	124	<i>Oedogonium</i> sp.	880	688	0
<i>Hannaea</i> sp.	8	12	14	<i>Oedogonium undulatum</i>	0	0	0
<i>Hantzschia</i> sp.	27	0	0	<i>Oocystis</i> sp.	15	0	0
<i>Meridion</i> sp.	43	4	0	<i>Pectinodesmus</i> sp.	7	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	605	<i>Scenedesmus</i> sp.1	16	20	14
<i>Navicula</i> sp.1	72	1348	3007	<i>Scenedesmus</i> sp.2	0	4	0
<i>Neidium</i> sp.	3	0	0	<i>Stauridium</i> sp.	1	4	0
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	7	0	756	Charophyta	94	448	109
<i>Pinnularia</i> sp.	17	0	0	<i>Closterium</i> sp.	4	16	5
<i>Rhopalodia</i> sp.	0	4	1	<i>Cosmarium</i> sp.	83	8	20
<i>Stauroneis</i> sp.	1	0	0	<i>Elakatothrix</i> sp.	0	4	0
<i>Tabellaria</i> sp.	74187	103936	21514	<i>Hyalotheca</i> sp.	0	36	0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	73	4	0	<i>Mougeotia</i> sp.	0	344	0
<i>Ulnaria</i> sp.	831	0	0	<i>Staurastrum</i> sp.	5	40	84
Dinophyta	1	0	0	<i>Staurodesmus</i> sp.	1	0	0
<i>Peridinium</i> sp.1	1	0	0	<i>Zygnema</i> sp.	1	0	0
Euglenophyta	0	0	11	Cryptophyta	0	24	4
<i>Euglena</i> sp.	0	0	3	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	24	4
<i>Trachelomonas</i> sp.1	0	0	8	Cianobacterias	13	32	2665
				<i>Anabaena</i> sp.	0	4	0
				<i>Gomphosphaeria</i> sp.	8	0	0
				<i>Merismopedia</i> sp.	0	0	4
				<i>Oscillatoria</i> sp.	5	28	2661

Perifiton

El grupo predominante fue Bacillariophyta (Tabla 11). De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, el género predominante fue *Tabellaria* sp. (División Bacillariophyta) (Tabla 12).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en abril, con riqueza promedio de 34 géneros. La menor abundancia se dio en octubre con 23 géneros (Tabla 13).

Índice de biodiversidad de Margalef: en abril, julio y octubre los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 13).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados en abril, julio y octubre indican poca diversidad (Tabla 13).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio obtenido fue de 0,47 en julio (Tabla 13).

Tabla 13.- N° Individuos (Org. /cm²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de perifiton, Laguna Paucarcocha.

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/cm ²)	78022	312492	33934
Riqueza específica (S)	34	30	23
Índice Margalef (D _{Mg})	1,290	1,030	1,470
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,290	1,200	1,190
Equidad de Pielou (J')	0,110	0,470	0,440

Índice Diatómico General (IDG): en abril y julio los valores indicaron Calidad biológica óptima. En octubre el valor indica Calidad normal (Tabla 14).

Macrobentos

El Phylum predominante fue Annelida (Tabla 15).

De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, en julio y octubre no se identificó (NI) el género, fue predominante (*Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae*) del Phylum Annelida (Tabla 16).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en octubre, con riqueza promedio de 3 géneros (Tabla 17).

Índice de biodiversidad de Margalef: en abril, julio y octubre los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 17).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados en abril, julio y octubre indican poca diversidad (Tabla 17).

Tabla 14.- Índice Diatómico (IDG) de muestras de perifiton, Laguna Paucarcocha.

Índice	Abril	Julio	Octubre
Índice Diatómico (IDG)	4,98	4,62	4,29
	Calidad biológica óptima	Calidad biológica óptima	Calidad normal. Polución débil

Tabla 15.- N° Individuo (Indiv. /0,05m²) y abundancia relativa (%) del macrobentos en Laguna Paucarcocha. 2018

Phylum	Indiv. /0,05m ²	%
Annelida	1724	99,71
Arthropoda	5	0,29

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio obtenido fue de 0,05 en octubre (Tabla 17).

LAGUNA PISCOCOCHA

Está ubicada en el distrito de Tanta a 4.434 m.s.n.m, localizada entre 12°10'38,03''S y 75°57'38,34''W. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Lima – Tanta aproximadamente 06:00 horas (Fig. 2). En la Tabla 1 se dan las posiciones geográficas en las que se efectuaron los muestreos.

Tabla 16.- Promedio del conteo de macrobentos en Laguna Paucarcocha. abril, julio, octubre 2018

Phylum / Especie	Indiv. /0,05m ²		
	Abr	Jul	Oct
Annelida	1	567	1156
N.I (<i>Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae</i>)	1	567	1150
N.I (Clase Hirudinea)	0	0	6
Arthropoda	1	3	1
N.I (Insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva	0	0	1
N.I (Insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Pupa	1	0	0
<i>Polypedilum</i> sp.	0	3	0

Tabla 17.- N° Individuos (Indiv. /0,05m²), Riqueza específica (S) de muestras de macrobentos, Laguna Paucarcocha

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Indiv. /0,05m ²)	2	570	1157
Riqueza específica (S)	2	2	3
Margalef (DMg)	0,00	0,05	0,08
Shannon Weaver (H')	0,00	0,03	0,05
Equidad Pielou (J')	0,00	0,03	0,05

Tabla 18.- Promedio y desviación estándar de la profundidad registrada en la Laguna Piscococha durante abril, julio y octubre 2018.

Parámetro	Piscococha			
	Abril	Julio	Octubre	Anual
	Prom +/-DE	Prom +/-DE	Prom +/-DE	Prom +/-DE
Profundidad (m)	47,7 ±7,87	51,0 ±7,62	40,2 ±6,05	46,3 ±7,18



Figura 2.- Vista panorámica y satelital de la Laguna Piscococha

Tabla 19.- Promedio de los parámetros físico-químicos registrados en Laguna Piscococha. abril, julio y octubre - 2018

Parámetros físico- químicos	Abr		Julio		Oct		Promedio	
	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃):	79,8	±13,96	89,8	±8,55	71,3	±25,17	75,5	±15,89
Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH ₃):	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
CO ₂ (mg/L):	5,8	±2,04	5,0	±0,00	5,0	±0,00	5,4	±0,68
Cloruro (mg/L):	22,5	±6,71	13,1	±7,18	23,8	±5,65	23,1	±6,51
Oxígeno Disuelto (mg/L):	8,2	±0,41	8,8	±0,50	8,9	±0,49	8,5	±0,47
Nitrito (mg/L)	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
pH (UpH):	7,3	±0,26	7,8	±0,29	8,0	±0,00	7,7	±0,18
Dureza Total (mg/L):	62,7	±13,96	72,7	±8,55	62,7	±17,66	62,7	±13,39
Temperatura del agua (°C):	9,8	±0,31	10,0	±0,41	11,3	±0,64	10,5	±0,45
Nitrato (mg/L):	10,2	±2,93	6,5	±2,38	9,0	±1,79	9,6	±2,37
Fosfato (mg/L)	0,2	±0,05	0,2	±0,06	0,2	±0,05	0,2	±0,06
DBO (mg/L):	2,6	±0,56	1,2	±0,52	1,8	±0,66	2,2	±0,58
Transparencia (m)	7,5	±0,00	7,5	±0,00	8,5	±0,00	8,0	±0,00

Tabla 20.- Promedio de los parámetros de calidad microbiológica registrados en Laguna Piscococha. abril, julio, octubre - 2018

Puntos de muestreo	Coliformes Totales			Coliformes Termotolerantes		
	Abr	Jul	Oct	Abr	Jul	Oct
E-PI1	2	2	3,3x10	<1,8	<1,8	1,3x10
E-PI2	4,5	<1,8	7,8	2	<1,8	4,5
E-PI33	2	<1,8	1,7x10	2	<1,8	<1,8
E-PI4	2	<1,8	3,3x10	2	<1,8	2
E-PI5	7,8	<1,8	2,1x10	2	<1,8	<1,8
E-PI6	<1,8	<1,8	2	<1,8	<1,8	<1,8

La laguna Piscococha presenta una superficie de 2.306.071 m², perímetro igual a 13.078 m y parámetro morfométrico (DL) igual a 2,43 calificado como de forma Dendrítica (HUTCHINSON, 1957; TIMMS, 1992). Su profundidad es variable desde 40,2 a 51,0 m (Tabla 18). La composición predominantemente del sustrato fue del tipo fino y la vegetación césped de puna (hasta 30 m de la orilla).

Parámetros físico-químicos

En la Tabla 19 se da a conocer el promedio de los parámetros evaluados.

Parámetros de calidad microbiológica

En la Tabla 20 se da a conocer el promedio de los parámetros de calidad microbiológica en abril, julio y octubre.

Fitoplancton

En la Tabla 21 se observa la abundancia relativa del fitoplancton de la laguna Piscococha, la División predominante fue Cyanophytas.

Tabla 21.- N° Indiv (Cel/L) y abundancia relativa (%) del fitoplancton, Laguna Piscococha. 2018

División	Cel/L	%
Bacillariophyta	4891	32,50
Chlorophyta	1046	6,95
Charophyta	287	1,91
Cryptophyta	22	0,15
Cyanophytas	8782	58,36
Dinophyta	20	0,13

De acuerdo a la distribución de la abundancia de especies en el monitoreo de abril y octubre el género representativo fue *Woronichinia* sp. (División Cyanophytas) (Tabla 22).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Los resultados se presentan en la Tabla 23.

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se presentó en octubre, con riqueza promedio de 29 géneros. La menor abundancia en abril con riqueza específica de 22 géneros (Tabla 23).

Tabla 22.- Promedio del conteo de fitoplancton en Laguna Piscococha. abril, julio, octubre. 2018

División / Especie	Cel / L			División / Especie	Cel / L		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	396	3934	561	Chlorophyta	374	390	282
<i>Craticula</i> sp.	0	1	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	1	1	1
<i>Cyclotella</i> sp.	8	2337	108	<i>Botryococcus</i> sp.	140	284	274
<i>Cymbella</i> sp.	86	515	95	<i>Comasiella</i> sp.	0	3	2
<i>Cocconeis</i> sp.	4	5	2	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	129	58	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	23	0	<i>Gonium</i> sp.	0	22	0
<i>Epithemia</i> sp.	10	12	3	<i>Oedogonium</i> sp.	6	4	2
<i>Gomphonema</i> sp.	0	2	1	<i>Oocystis</i> sp.	98	18	3
<i>Hannaea</i> sp.	0	49	1	Charophyta	123	98	66
<i>Navicula</i> sp.1	7	56	14	<i>Closterium</i> sp.	1	4	2
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	2	15	<i>Cosmarium</i> sp.	1	1	1
<i>Pinnularia</i> sp.	0	3	1	<i>Elakatothrix</i> sp.	87	41	29
<i>Rhopalodia</i> sp.	0	1	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	1	0	0
<i>Stauroneis</i> sp.	0	2	0	<i>Hyalotheca</i> sp.	0	0	1
<i>Tabellaria</i> sp.	276	923	321	<i>Staurastrum</i> sp.	32	52	33
<i>Tabellaria floculosa</i>	5	3	0	<i>Zygnema</i> sp.	1	0	0
Dinophyta	12	7	1	Cryptophyta	18	4	0
<i>Peridinium</i> sp.1	4	7	1	<i>Cryptomonas</i> sp.	18	4	0
<i>Peridinium</i> sp.2	8	0	0	Cianobacterias	282	2233	6267
				<i>Woronichinia</i> sp.	282	2233	6267

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indicaron poca biodiversidad en octubre, para abril y julio los resultados indicaron mediana biodiversidad (Tabla 23).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: sus resultados indicaron poca diversidad en julio y octubre, respecto a abril indicaron mediana diversidad (Tabla 23).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio obtenido fue de 1,0 en abril (Tabla 23).

Zooplancton

Los resultados indican predominio del grupo Arthropoda (Tabla 24).

De acuerdo a la distribución de abundancia de las especies, en abril la representativa fue *Eucyclops* sp., julio y octubre fue Maxillopoda (NI)-Nauplio, todas pertenecientes al Phylum Arthropoda (Tabla 25).

Tabla 23.- N° Individuos (Cel/L), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de fitoplancton en Laguna Piscococha

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Cel/L)	1205	6666	7177
Riqueza específica (S)	22	29	22
Margalef (D _{Mg})	3,000	2,300	1,600
Índice de Shannon - Weaver (H')	2,000	1,500	0,540
Equidad de Pielou (J')	1,000	0,490	0,200

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: los resultados indican mayor abundancia promedio en abril con riqueza promedio de 10 géneros. La menor abundancia en octubre con riqueza específica de 4 géneros (Tabla 26).

Tabla 24.- N° Indiv (Org./m³) y abundancia relativa (%) del zooplancton, Laguna Piscococha. 2018

Phylum	Org./m ³	%
Arthropoda	15233	85,43
Rotifera	2599	14,57

Tabla 25.- Promedio del conteo de zooplancton en Laguna Piscococha abril, julio y octubre. 2018

Phylum / Especie	Org./m ³		
	Abr	Jul	Oct
Arthropoda	13433	1167	633
<i>Boeckella</i> sp.	3767	0	67
<i>Bosmina</i> sp.	100	0	0
<i>Chydorus</i> sp.	33	0	0
<i>Daphnia</i> sp.	1067	67	0
<i>Eucyclops</i> sp.	4433	167	33
Maxillopoda (NI)-Nauplio	4033	933	533
Rotifera	1666	433	500
<i>Ascomorpha</i> sp.	33	0	0
<i>Keratella</i> sp.	1533	433	500
<i>Philodina</i> sp.	33	0	0
<i>Trichocerca</i> sp.1	67	0	0

Tabla 26.- N° Individuos (Organismos/m³), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de zooplancton, Laguna Piscococha

Índices de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/m ³)	15099	1600	1133
Riqueza específica (S)	10	4	4
Índice Margalef (D _{Mg})	0,530	0,230	0,090
Índice de Shannon - Weaver (H')	1,450	0,780	0,230
Equidad de Pielou (J')	0,810	0,850	0,200

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indican baja biodiversidad (Tabla 26).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los valores promedios indican poca diversidad (Tabla 26).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio es 0,85 en julio (Tabla 26).

Tabla 27.- N° Individuo (Org./cm²) y abundancia relativa(%) del perifiton en Laguna Piscococha. 2018

División	Organismos/cm ²	%
Bacillariophyta	739.394	99,00
Chlorophyta	6119	0,82
Charophyta	715	0,10
Cryptophyta	4	0,001
Cyanophytas	613	0,082
Dinophyta	2	0,000
Euglenophyta	6	0,001

Perifiton

El Phylum predominante fue Bacillariophyta (Tabla 27).

De acuerdo a la distribución de abundancia de las especies en abril, julio y octubre el género representante fue *Tabellaria* sp. perteneciente a la División Bacillariophyta (Tabla 28).

Tabla 28.- Promedio del conteo de perifiton en Laguna Piscococha. abril, julio y octubre. 2018

División / Especie	Org. /cm ²			División / Especie	Org. /cm ²		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	724788	4575	10031	Chlorophyta	6001	93	25
<i>Achnanthes</i> sp.	0	6	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	263	19	3
<i>Cyclotella</i> sp.	80	12	4	<i>Botryococcus</i> sp.	5	47	18
<i>Cymbella</i> sp.	7961	949	2394	<i>Bulbochaete</i> sp.	361	0	2
<i>Cocconeis</i> sp.	97	22	27	<i>Coelastrum</i> sp.	3	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	7	1	0	<i>Desmodesmus</i> sp.	5	1	0
<i>Epithemia</i> sp.	4767	55	4210	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	0	2	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	1	0	<i>Nephrocycium</i> sp.	7	5	0
<i>Frustulia</i> sp.	1	0	0	<i>Oedogonium</i> sp.	4987	12	1
<i>Gomphonema</i> sp.	387	32	14	<i>Oocystis</i> sp.	275	3	0
<i>Hannaea</i> sp.	139	0	1	<i>Pediastrum</i> sp.	28	1	0
<i>Hantzschia</i> sp.	137	0	0	<i>Scenedesmus</i> sp.1	56	1	1
<i>Meridion</i> sp.	267	0	0	<i>Scenedesmus</i> sp.2	7	1	0
<i>Navicula</i> sp.1	2631	542	206	<i>Stauridium</i> sp.	4	1	0
<i>Navicula</i> sp.2	3	0	0	Charophyta	640	71	4
<i>Neidium</i> sp.	109	0	0	<i>Closterium</i> sp.	136	0	0
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	19	0	0	<i>Cosmarium</i> sp.	313	4	2
<i>Nitzschia</i> sp.	36	0	0	<i>Elakatothrix</i> sp.	133	5	0
<i>Pinnularia</i> sp.	489	0	0	<i>Euastrum</i> sp.	0	1	0
<i>Placoneis</i> sp.	1	0	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	20	10	0
<i>Rhopalodia</i> sp.	113	12	2	<i>Mougeotia</i> sp.	4	24	0
<i>Stauroneis</i> sp.	8	0	0	<i>Staurastrum</i> sp.	31	27	2
<i>Surirella</i> sp.	0	1	0	<i>Zygnema</i> sp.	3	0	0
<i>Tabellaria</i> sp.	689847	2940	3173	Cryptophyta	0	4	0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	164	2	0	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	4	0
<i>Ulnaria</i> sp.	17525	0	0	Cianobacterias	437	176	0
Dinophyta	1	1	0	<i>Anabaena</i> sp.	3	40	0
<i>Peridinium</i> sp.1	1	1	0	<i>Chroococcus</i> sp.	9	0	0
Euglenophyta	3	1	2	<i>Gomphosphaeria</i> sp.	135	0	0
<i>Euglena</i> sp.	0	1	2	<i>Merismopedia</i> sp.	11	2	0
<i>Trachelomonas</i> sp.1	3	0	0	<i>Oscillatoria</i> sp.	12	109	0
				<i>Woronichinia</i> sp.	267	25	0

Determinación de calidad del agua mediante indicadores biológicos

Los resultados de los índices se presentan en la Tabla 29.

Riqueza y Abundancia: el mayor promedio de número de individuos se registró en abril con 49 géneros. La menor abundancia se presentó en julio con 37 géneros (Tabla 29).

Índice de biodiversidad de Margalef: en octubre los resultados indicaron baja biodiversidad, en abril y julio indicaron mediana biodiversidad (Tabla 29).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados promedios de abril, julio y octubre indicaron poca diversidad (Tabla 29).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio (0,51) fue en octubre (Tabla 29).

Índice Diatómico General (IDG): De acuerdo a los resultados indicaron Calidad biológica óptima (Tabla 30).

Macrobentos

El Phylum predominante fue Arthropoda (Tabla 31).

Tabla 29.- N° Individuos (Org. /cm²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de perifiton, Laguna Piscococha

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/cm ²)	731.870	4.921	10.062
Riqueza específica (S)	49	37	17
Índice Margalef (D _{Mg})	2,000	2,040	1,090
Índice de Shannon - Weaver (H')	1,000	1,380	1,130
Equidad de Pielou (J')	0,000	0,500	0,510

Tabla 30.- Índice Diatómico (IDG) de muestras de perifiton, Laguna Piscococha

Índice	Abril	Julio	Octubre
Índice Diatómico (IDG)	4,69	4,60	4,91
	Calidad biológica óptima	Calidad biológica óptima	Calidad biológica óptima

Tabla 31.- N° Individuo (Indiv. /0.05m²) y abundancia relativa (%) del macrobentos en Laguna Piscococha. 2018

Phylum	Indiv. /0,05m ²	%
Annelida	90	14,47
Arthropoda	527	84,73
Nematoda	5	0,80

Tabla 32.- Promedio del conteo de macrobentos en Laguna Piscococha. abril, julio y octubre. 2018

Phylum / Especie	Indiv. /0,05m ²		
	Abr	Jul	Oct
ANNELIDA	7	68	15
N.I (Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae)	6	68	15
N.I (Clase Hirudinea)	1	0	0
ARTHROPODA	225	299	3
Chironomus sp.1	0	2	0
N.I (Insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva	224	295	3
N.I (Insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Pupa	1	2	0

Tabla 33.- N° Individuos (Indiv. /0.05m²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de macrobentos, Laguna Piscococha

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Indiv. /0,05m ²)	237	367	18
Riqueza específica (S)	5	4	2
Índice Margalef (D _{Mg})	0,00	0,34	0,00
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,00	0,35	0,00
Equidad de Pielou (J')	0,00	0,43	0,00

De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, en abril y julio el grupo predominante fue N.I (insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva Phylum Arthropoda, para octubre fue NI (Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae) Phylum Annelida (Tabla 32).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en julio, con riqueza promedio de 4 géneros. La menor abundancia en octubre con riqueza específica de 2 géneros (Tabla 33).

Índice de biodiversidad de Margalef: los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 33).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados indican poca diversidad (Tabla 33).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor promedio obtenido fue de 0,43 en julio (Tabla 33).

LAGUNA HUALLHUA

Está ubicada en el distrito de Huancaya a 3.704 m.s.n.m, localizada entre 12°10'43,55"S y 75°47'49,58"W. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Lima - Cañete - Lunahuana - Huancaya (Fig. 3). En la Tabla 1 se dan las posiciones geográficas en los que se efectuaron los muestreos.



Figura 3.- Vista panorámica y satelital de la Laguna Huallhua

Tabla 34.- Promedio y desviación estándar de la profundidad registrada en la Laguna Huallhua durante abril, julio y octubre 2018

	Abril		Julio		Octubre		Anual	
	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE
Profundidad (m)	16,0	±2,61	17,3	±2,22	13,8	±2,86	15,7	±0,32

Tabla 35.- Promedio de los parámetros físico-químicos registrados en Laguna Huallhua. abril, julio y octubre - 2018

Parámetros físico-químicos	Abr		Julio		Oct		Anual	
	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃):	136,8	±10,81	119,7	±13,96	99,8	±25,17	118,8	±16,65
Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH ₃):	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
CO ₂ (mg/L):	6,7	±2,58	5,0	±0,00	5,0	±0,00	5,6	±0,86
Cloruro (mg/L):	16,3	±5,65	13,1	±7,18	23,8	±5,65	17,7	±6,16
Oxígeno Disuelto (mg/L):	8,5	±0,84	8,9	±0,48	9,3	±0,41	8,9	±0,57
Nitrito (mg/L)	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
pH (UpH):	7,4	±0,38	7,8	±0,29	8,0	±0,32	7,7	±0,33
Dureza Total (mg/L):	119,7	±10,81	102,6	±13,96	105,5	±25,17	109,3	±16,65
Temperatura del agua (°C):	10,0	±0,39	10,0	±0,41	11,7	±0,32	10,6	±0,37
Nitrato (mg/L):	7,5	±1,87	10,5	±1,29	8,3	±2,16	8,8	±1,77
Fosfato (mg/L):	0,1	±0,00	0,2	±0,06	0,2	±0,05	0,1	±0,04
DBO (mg/L):	3,1	±0,38	1,7	±0,78	3,6	±1,49	2,8	±0,88
Transparencia (m)	7,0	±0,00	7,0	±0,00	7,0	±0,00	7,0	±0,00

La laguna Huallhua presenta superficie de 159.743 m², perímetro de 2.890 m y parámetro morfométrico (DL) igual a 2,04 calificado como de forma triangular (HUTCHINSON, 1957; TIMMS, 1992). Su profundidad es variable desde 17,3 a 13,8 m (Tabla 34). La composición predominantemente del sustrato fue del tipo fino y la vegetación césped de puna (hasta 25 m de la orilla).

Parámetros físico-químicos

En la Tabla 35 se presenta el promedio de los parámetros evaluados.

Parámetros de calidad microbiológica

En la Tabla 36 se da a conocer el promedio de los parámetros de calidad microbiológica en abril, julio y octubre.

Fitoplancton

El phylum predominante en la laguna Huallhua es Bacillariophyta (Tabla 37). De acuerdo a la distribución de la abundancia de especies, en abril el género representativo fue *Cymbella* sp. (Phylum Bacillariophyta), en julio y octubre fue *Tabellaria* sp. del mismo Phylum (Tabla 38).

Tabla 36.- Promedio de los parámetros de calidad microbiológica registrados en Laguna Huallhua. abril, julio y octubre, 2018

Puntos de muestreo	Coliformes Totales			Coliformes Termotolerantes		
	Abr	Jul	Oct	Abr	Jul	Oct
E-HU1	1,3x10 ²	4	2	2	<1,8	2
E-HU2	7,9x10	2	2,2x10	1,8	2	<1,8
E-HU3	1,3x10 ²	<1,8	<1,8	7,8	<1,8	<1,8
E-HU4	1,3x10 ²	2	1,7x10	1,8	2	<1,8
E-HU5	3,3x10	<1,8	<1,8	2	<1,8	<1,8
E-HU6	7,9x10	1,8	7,8	<1,8	<1,8	2

Tabla 37.- N° Indiv (Cel/L) y abundancia relativa (%) del fitoplancton, Laguna Huallhua. 2018

División	Cel/L	%
Bacillariophyta	6866	96,53
Chlorophyta	73	1,03
Charophyta	27	0,38
Chrysophyta	42	0,59
Cryptophyta	2	0,03
Cyanophytas	100	1,41
Dinophyta	3	0,04

Tabla 38.- Promedio del conteo de fitoplancton en Laguna Huallhua. abril, julio y octubre. 2018

División / Especie	Cel / L			División / Especie	Cel / L		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	1234	4350	1282	Chlorophyta	51	6	16
<i>Asterionella</i> sp.	55	209	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	4	1	0
<i>Craticula</i> sp.	1	0	0	<i>Botryococcus</i> sp.	37	1	15
<i>Cyclotella</i> sp.	1	144	39	<i>Comasiella</i> sp.	4	0	0
<i>Cymbella</i> sp.	463	117	33	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	1	3	0
<i>Cocconeis</i> sp.	59	19	6	<i>Nephrocytium</i> sp.	0	0	1
<i>Diatoma</i> sp.	178	23	28	<i>Oedogonium</i> sp.	1	0	0
<i>Epithemia</i> sp.	4	5	1	<i>Oocystis</i> sp.	4	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	1	0	0	<i>Pediastrum</i> sp.	0	1	0
<i>Hannaea</i> sp.	2	8	0	Charophyta	18	9	0
<i>Hantzschia</i> sp.	0	5	0	<i>Closterium</i> sp.	1	1	0
<i>Meridion</i> sp.	2	0	0	<i>Cosmarium</i> sp.	1	0	0
<i>Navicula</i> sp.	30	15	4	<i>Elakatothrix</i> sp.	1	1	0
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	7	15	4	<i>Hyalotheca</i> sp.	5	4	0
<i>Pinnularia</i> sp.	1	1	0	<i>Spirogyra</i> sp.	1	0	0
<i>Rhopalodia</i> sp.	2	0	0	<i>Staurastrum</i> sp.	9	3	0
<i>Stauroneis</i> sp.	0	1	0	Chrysophyta	0	30	12
<i>Surirella</i> sp.	1	0	0	<i>Dinobryon</i> sp.	0	30	12
<i>Tabellaria</i> sp.	427	3787	1167	Cryptophyta	1	1	0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0	1	0	<i>Cryptomonas</i> sp.	1	1	0
Dinophyta	2	1	0	Cianobacterias	84	8	8
<i>Peridinium</i> sp.1	2	1	0	<i>Oscillatoria</i> sp.	68	8	3
				<i>Woronichinia</i> sp.	16	0	5

Tabla 39.- N° Individuos (Cel/L), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de fitoplancton en Laguna Huallhua

Indice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Cel/L)	1390	4405	1318
Riqueza específica (S)	32	26	13
Margalef (D _{Mg})	2,790	1,950	1,440
Indice de Shannon - Weaver (H')	1,840	0,650	0,590
Equidad de Pielou (J')	0,600	0,230	0,250

Tabla 40.- N° Indiv (Org./m³) y abundancia relativa (%) del zooplancton, Laguna Huallhua. 2018

Phylum	Org./m ³	%
Arthropoda	416	28,32
Rotifera	903	61,47
Tardigrada	150	10,21

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Los resultados de los monitoreos se dan en la Tabla 39.

Riqueza y Abundancia: mayor abundancia promedio se registró en julio con riqueza de 26 géneros. La menor abundancia en octubre con riqueza específica de 13 géneros (Tabla 39).

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indican para abril mediana biodiversidad y para julio y octubre poca diversidad (Tabla 39).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados muestran para abril mediana di-

versidad y para julio y octubre poca diversidad (Tabla 39).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor se encontró en abril (Tabla 39).

ZOOPLANCTON

En la laguna Huallhua predomina el grupo Rotifera (Tabla 40). De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, en abril predominó *Keratella* sp. (Phylum Rotifera), en julio fueron varios géneros del Phylum Arthropoda y Tardigrada, para octubre fue *Lecane* sp., del Phylum Rotifera (Tabla 41).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: La mayor abundancia promedio se dio en abril con riqueza promedio de 10 géneros. La menor abundancia en julio con riqueza de 4 géneros (Tabla 42).

Índice de biodiversidad de Margalef: durante todo el estudio los resultados indicaron baja biodiversidad (Tabla 42).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: durante todo el estudio los resultados indicaron poca diversidad (Tabla 42).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor fue 0,63 en abril (Tabla 42).

Perifiton

El grupo Bacillariophyta es el que predomina (Tabla 43). De acuerdo a la distribución de abundancia de las especies en abril predomina el género *Cymbella* sp., en julio y octubre predomina el género *Tabellaria* sp. pertenecientes a la División Bacillariophyta (Tabla 44).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: en octubre hubo mayor abundancia promedio con riqueza promedio de 21 géneros. La menor abundancia en julio con 36 géneros (Tabla 45).

Índice de biodiversidad de Margalef: para abril, julio y octubre los resultados indicaron mediana biodiversidad (Tabla 45).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: en abril, julio y octubre los resultados indicaron poca diversidad (Tabla 45).

Tabla 41.- Promedio del conteo de zooplancton en Laguna Huallhua. abril, julio y octubre. 2018

Phylum / Especie	Org./m ³		
	Abr	Jul	Oct
ARTHROPODA	233	150	33
<i>Alona</i> sp.	33	0	0
<i>Chydorus</i> sp.	67	0	0
<i>Eucyclops</i> sp.	0	50	0
Maxillopoda (NI)-Nauplio	33	50	33
No determinado (Harpacticoida)	33	50	0
No determinado (Ostracoda)	67	0	0
ROTIFERA	703	0	200
<i>Keratella</i> sp.	367	0	0
<i>Lecane</i> sp.	133	0	200
<i>Philodina</i> sp.	67	0	0
<i>Polyarthra</i> sp.	67	0	0
<i>Trichocerca</i> sp.1	69	0	0
TARDIGRADA	0	50	100
<i>Tardigrada</i>	0	50	100

Tabla 42.- N° Individuos (Organismos/m³), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de zooplancton, Laguna Huallhua

Índices de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/m ³)	936	200	333
Riqueza específica (S)	10	4	3
Índice Margalef (D _{Mg})	0,280	0,000	0,030
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,860	0,000	0,120
Equidad de Pielou (J')	0,630	0,000	0,170

Tabla 43.- N° Individuo (Org./cm²) y abundancia relativa(%) del perifiton en Laguna Huallhua. 2018

División	Organismos/cm ²	%
Bacillariophyta	395789	98,17
Chlorophyta	1384	0,34
Charophyta	687	0,17
Cryptophyta	2	0,0005
Cyanophytas	5277	1,31
Dinophyta	37	0,01
Euglenophyta	1	0,0002

Índice de equidad de Pielou: en julio tuvo el máximo valor promedio (0,44) (Tabla 45).

Índice Diatómico General (IDG): De acuerdo a los resultados de abril (4,71), julio (4,61) y octubre (4,89) los valores indicaron Calidad biológica óptima.

Macrobentos

El Phylum predominante fue Arthropoda (Tabla 46). De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, en abril predominó *Hyaella* sp., para julio y octubre predominó N.I (Insecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva, siendo ambos géneros del Phylum Arthropoda (Tabla 47).

Tabla 44.- Promedio del conteo de perifiton en Laguna Huallhua. abril, julio y octubre. 2018

División / Especie	Org. /cm ²			División / Especie	Org. /cm ²		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	143003	36979	215807	Chlorophyta	91	179	1114
<i>Achnanthes</i> sp.	0	416	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	61	105	1003
<i>Asterionella</i> sp.	1	282	0	<i>Botryococcus</i> sp.	3	8	0
<i>Aulacoseira</i> sp.	0	45	0	<i>Coelastrum</i> sp.	1	17	11
<i>Craticula</i> sp.	0	16	0	<i>Comasiella</i> sp.	1	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	5	0	<i>Gonium</i> sp.	1	0	21
<i>Cymbella</i> sp.	94107	6503	46720	<i>Nephrocytium</i> sp.	1	16	16
<i>Cocconeis</i> sp.	124	355	3925	<i>Oedogonium</i> sp.	5	11	5
<i>Diatoma</i> sp.	980	1817	4139	<i>Pectinodesmus</i> sp.	1	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	1	0	0	<i>Pediastrum boryanum</i>	0	0	0
<i>Epithemia</i> sp.	1	9	0	<i>Pediastrum</i> sp.	7	14	53
<i>Gomphonema</i> sp.	4	17	0	<i>Scenedesmus</i> sp.1	5	6	5
<i>Hannaea</i> sp.	1	0	0	<i>Scenedesmus</i> sp. 2	4	2	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	784	<i>Stauridium</i> sp.	1	0	0
<i>Navicula</i> sp.	417	3761	3797	Charophyta	110	561	16
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	9	260	245	<i>Closterium</i> sp.	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	7531	0	0	<i>Cosmarium</i> sp.	7	40	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	11	5	<i>Elakatothrix</i> sp.	0	21	0
<i>Rhoicosphenia</i> sp.	0	5	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	0	0	16
<i>Rhopalodia</i> sp.	55	0	32	<i>Hyalotheca</i> sp.	23	377	0
<i>Stauroneis</i> sp.	0	5	0	<i>Mougeotia</i> sp.	1	32	0
<i>Staurosira</i> sp.	21	0	0	<i>Spirogyra</i> sp.	29	69	0
<i>Tabellaria</i> sp.	36956	23472	156160	<i>Staurastrum</i> sp.	3	22	0
<i>Ulnaria</i> sp.	2795	0	0	<i>Zygnema</i> sp.	47	0	0
Cyanobacterias	152	4650	475	Cryptophyta	0	2	0
<i>Anabaena</i> sp.	0	44	272	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	2	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	5	Dinophyta	0	37	0
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	0	5	0	<i>Peridinium</i> sp.1	0	37	0
<i>Merismopedia</i> sp.	0	2	11	Euglenophyta	1	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	152	4599	187	<i>Euglena</i> sp.	1	0	0

Tabla 45.- N° Individuos (Org. /cm²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de perifiton, Laguna Huallhua

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/cm ²)	143357	42408	217412
Riqueza específica (S)	35	36	21
Índice Margalef (D _{Mg})	1,350	1,540	0,780
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,830	1,200	0,940
Equidad de Pielou (J')	0,290	0,440	0,410

Tabla 46.- N° Individuo (Indiv. /0,05m²) y abundancia relativa (%) del macrobentos en Laguna Huallhua. 2018

Phylum	Indiv. /0,05m ²	%
Annelida	5	11,11
Arthropoda	39	86,67
Mollusca	1	2,22

Tabla 47.- Promedio del conteo de macrobentos en Laguna Huallhua. abril, julio, octubre. 2018

Phylum / Especie	Indiv. /0,05m ²		
	Abr	Jul	Oct
ANNELIDA	1	4	0
NI (Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae)	0	2	0
N.I (Clase Hirudinea)	1	2	0
ARTHROPODA	14	24	1
<i>Chironomus</i> sp.1	0	2	0
<i>Cricotopus</i> sp.2	3	0	0
<i>Hyalella</i> sp.	6	0	0
N.I(nsecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva	2	10	1
N.I(nsecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Pupa	1	3	0
N.I (sub clase Tanyptodinae)	0	3	0
<i>Polypedilum</i> sp	0	6	0
<i>Tanytarsus</i> sp.	2	0	0
MOLLUSCA	0	1	0
N.I (Planorbidae)	0	1	0

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en octubre, con riqueza promedio de 5 géneros (Tabla 48).

Índice de biodiversidad de Margalef: en abril, julio y octubre los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 48).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados en abril, julio y octubre indican poca diversidad (Tabla 48).

Índice de equidad de Pielou: el valor promedio obtenido en julio fue de 0,17 (Tabla 48).

LAGUNA PIQUECCOCHA

Está ubicada en el distrito de Vitis a 4.478 m.s.n.m, localizada entre 12°15'8,32"S y 75°48'41,67"W. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Lima – Cañete - Lunahuana – Yauyos - Vitis (Fig. 4). En la Tabla 1 se dan las posiciones geográficas en las que se efectuaron los muestreos.

La laguna Piquecocha presenta una superficie de 137.653 m², perímetro 2.004 m y parámetro morfométrico (DL) igual a 1,52 calificada como de forma elíptica (HUTCHINSON, 1957; TIMMS, 1992). Su profundidad varía entre 8,7 y 10,00 m (Tabla 49).

Tabla 48.- N° Individuos (Indiv. /0,05m²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de macrobentos, Laguna Huallhua

Indice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Indiv. /0,05m ²)	15	29	1
Riqueza específica (S)	6	8	1
Índice Margalef (D _{Mg})	1,00	1,1	0
Indice de Shannon - Weaver (H')	0	0,84	0
Equidad de Pielou (J')	0	0,78	0

La composición predominante del sustrato fue del tipo fino y la vegetación tipo césped de puna (hasta 18 m de la orilla).

Parámetros físico-químicos

En la Tabla 50 se da a conocer el promedio de los parámetros evaluados.

Parámetros de calidad microbiológica

En la Tabla 51 se da a conocer el promedio de los parámetros de calidad microbiológica.

Fitoplancton

En la Tabla 52 se observa que el grupo Bacillariophyta es el más representativo. De acuerdo a la distribución de la abundancia *Tabellaria* sp. es el mas representativo en todas las evaluaciones (Tabla 53).

Tabla 49.- Promedio y desviación estándar de la profundidad registrada en la Laguna Piquecocha durante abril, julio y octubre 2018.

	Abril		Julio		Octubre		Anual	
	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE	Prom	+/-DE
Profundidad (m)	8,8	±2,40	±10,00	±1,63	8,7	±1,62	9,2	±1,89



Figura 4.- Vista panorámica y satelital de la Laguna Piquecocha

Tabla 50.- Promedio de parámetros físico-químicos registrados en laguna Piquecocha. abril, julio y octubre, 2018

Laguna	Piquecocha							
	Abr		Jul		Oct		Anual	
Parámetros físico- químicos	Prom +/-DE		Prom +/-DE		Prom +/-DE		Prom +/-DE	
Alcalinidad (mg/L de CaCO3):	99,8	±12,87	102,6	±13,96	94,1	±9,87	98,8	±12,24
Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH3):	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
CO ₂ (mg/L):	5,0	±0,00	5,0	±0,00	5,0	±0,00	5,0	±0,00
Cloruro (mg/L):	13,8	±5,65	11,3	±4,33	11,3	±4,33	12,1	±4,77
Oxígeno Disuelto (mg/L):	8,3	±0,52	9,0	±0,00	8,9	±0,63	8,7	±0,38
Nitrito (mg/L)	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00	0,0	±0,00
pH (UpH):	6,9	±0,38	6,6	±0,15	7,5	±0,41	7,0	±0,31
Dureza Total (mg/L):	82,7	±12,87	166,7	±21,52	7,0	±9,87	108,8	±14,75
Temperatura del agua (°C):	11,2	±0,69	10,5	±0,58	11,7	±0,39	11,1	±0,55
Nitrato (mg/L):	9,2	±1,47	6,5	±1,29	7,0	±2,16	7,6	±1,64
Fosfato (mg/L):	0,1	±0,00	0,2	±0,06	0,2	±0,06	0,1	±0,04
DBO (mg/L):	1,5	±0,65	1,9	±1,50	3,6	±2,00	2,3	±1,38
Transparencia (m)	3,8	±0,27	3,8	±0,29	4,0	±0,00	3,8	±0,19

Tabla 51.- Promedio de los parámetros de calidad microbiológica registrados en Laguna Piquecocha. abril, julio y octubre - 2018

Puntos de muestreo	Coliformes Totales			Coliformes Fecales		
	Abr	Jul	Oct	Abr	Jul	Oct
E-PQ1	5,4x10 ²	1,6 x 10 ³	5,4x10 ³	1,3x10 ²	2,2 x 10 ²	3,3x10
E-PQ2	1,6x10 ³	9,2 x 10 ²	<1,8	7,9x10	3,5 x 10 ²	<1,8
E-PQ3	9,2x10 ²	9,2 x 10 ²	9,2x10 ³	1,3x10 ²	3,5 x 10 ²	2,3x10
E-PQ4	1,6x10 ³	3,5 x 10 ²	1,7x10 ²	1,7x10 ²	1,3 x 10 ²	1,3x10 ³
E-PQ5	3,5x10 ²	1,6 x 10 ³	<1,8	1,7x10 ²	2,2 x 10 ²	<1,8
E-PQ6	1,7x10 ³	9,2 x 10 ²	<1,8	1,3x10 ²	3,5 x 10 ²	<1,8

Tabla 52.- N° Indiv (Cel/L) y abundancia relativa (%) del fitoplancton, Laguna Piquecocha. 2018

División	Cel/L	%
Bacillariophyta	15421	99,14
Chlorophyta	74	0,48
Charophyta	20	0,13
Chrysophyta	2	0,01
Cryptophyta	2	0,01
Cyanophytas	34	0,22
Dinophyta	1	0,01
Euglenophyta	1	0,01

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio total se registró en abril con riqueza promedio de 28 géneros. La menor abundancia se presentó en octubre con riqueza específica de 21 géneros (Tabla 54).

Índice de biodiversidad de Margalef: en abril y julio los resultados indicaron mediana biodiversidad, para octubre baja biodiversidad (Tabla 54).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: en abril y octubre el resultado indica poca diversidad y en julio fue mediana diversidad (Tabla 54).

Índice de equidad de Pielou: en julio tuvo el máximo valor promedio (0,43) (Tabla 54).

Zooplankton

El análisis del zooplankton indica que el grupo predominante es Rotifera (Tabla 55). De acuerdo a la distribución de abundancia de las especies destaca *Lecane* sp. (Phylum Rotifera) (Tabla 56).

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio estuvo en abril con riqueza promedio de 4 géneros. La menor abundancia en julio y octubre con riqueza específica de 3 géneros (Tabla 57).

Tabla 53.- Promedio del conteo de fitoplancton en Laguna Piqueccocho. abril, julio, octubre. 2018

División / Especie	Cel / L			División / Especie	Cel / L		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	6404	4603	4414	Chlorophyta	35	14	25
<i>Achnanthes</i> sp.	4	275	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	4	7	18
<i>Asterionella</i> sp.	1	15	0	<i>Botryococcus</i> sp.	3	1	0
<i>Craticula</i> sp.	0	1	0	<i>Comasiella</i> sp.	1	4	1
<i>Cyclotella</i> sp.	0	38	30	<i>Nephrocytium</i> sp.	2	0	2
<i>Cymbella</i> sp.	1390	885	210	<i>Pediastrum</i> sp.	3	1	3
<i>Cocconeis</i> sp.	34	245	63	<i>Scenedesmus</i> sp.1	22	1	1
<i>Diatoma</i> sp.	26	208	677	Charophyta	7	6	7
<i>Diploneis</i> sp.	0	1	0	<i>Closterium</i> sp.	0	1	2
<i>Epithemia</i> sp.	2	10	1	<i>Cosmarium</i> sp.	1	2	4
<i>Eunotia</i> sp.	0	2	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	2	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	1	4	2	<i>Hyalotheca</i> sp.	0	1	1
<i>Hannaea</i> sp.	9	1	1	<i>Mougeotia</i> sp.	3	0	0
<i>Meridion</i> sp.	1	3	0	<i>Staurastrum</i> sp.	1	2	0
<i>Navicula</i> sp.1	35	148	24	Chrysophyta	0	2	0
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	5	16	5	<i>Dinobryon</i> sp.	0	2	0
<i>Nitzschia</i> sp.	261	0	0	Cryptophyta	0	2	0
<i>Pinnularia</i> sp.	1	1	0	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	2	0
<i>Tabellaria</i> sp.	4633	2750	3400	Cianobacterias	22	11	1
<i>Tabellaria floculosa</i>	1	0	0	<i>Anabaena</i> sp.	0	0	0
Euglenophyta	0	0	1	<i>Chroococcus</i> sp.	1	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp.1	0	0	1	<i>Oscillatoria</i> sp.	21	11	1
				Dinophyta	1	0	0
				<i>Peridinium</i> sp.1	1	0	0

Tabla 54.- N° Individuos (Cel/L), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de fitoplancton en Laguna Piqueccocho

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Cel/L)	6469	4638	4448
Riqueza específica (S)	28	29	21
Margalef (D _{Mg})	2,060	2,080	1,370
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,860	1,260	0,810
Equidad de Pielou (J')	0,290	0,430	0,320

Tabla 55.- N° Indiv (Org./m³) y abundancia relativa (%) del zooplancton, Laguna Piqueccocho. 2018

Phylum	Org./m ³	%
Arthropoda	733	39,62
Rotifera	800	43,24
Tardigrada	267	14,43
Protozoos	50	2,70

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indican baja biodiversidad (Tabla 57).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados indican poca diversidad (Tabla 57).

Índice de equidad de Pielou: el máximo valor se registró en octubre (Tabla 57).

Tabla 56.- Promedio del conteo de zooplancton en Laguna Piqueccocho. abril, julio y octubre. 2018

Phylum / Especie	Org./m ³		
	Abr	Jul	Oct
ARTHROPODA	300	33	400
<i>Chydorus</i> sp.	100	0	100
No determinado (Ostracoda)	200	0	0
<i>Pleuroxus</i> sp.	0	33	300
ROTIFERA	300	300	200
<i>Lecane</i> sp.	300	0	150
<i>Philodina</i> sp.	0	300	0
<i>Trichocerca</i> sp.1	0	0	50
Tardigrada	0	267	0
Tardigrada	0	267	0
PROTOZOOS	50	0	0
<i>Centropyxis</i> sp.	50	0	0

Tabla 57.- N° Individuos (Organismos/m³), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de zooplancton, Laguna Piqueccocho

Índices de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/m ³)	650	600	600
Riqueza específica (S)	4	3	4
Índice Margalef (D _{Mg})	0,110	0,070	0,150
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,410	0,340	0,580
Equidad de Pielou (J')	0,470	0,500	0,700

Perifiton

El análisis del perifiton indica que el grupo predominante fue Bacillariophyta (Tabla 58). De acuerdo con la distribución de abundancia de especies en abril, julio y octubre fue *Tabellaria* sp. (División Bacillariophyta) (Tabla 59).

Tabla 58.- N° Individuo (Org./cm²) y abundancia relativa(%) del perifiton en Laguna Piquecocha. 2018

División	Organismos/cm ²	%
Bacillariophyta	1112124	99,82
Chlorophyta	1152	0,10
Charophyta	568	0,05
Cryptophyta	2	0,0002
Cyanophytas	89	0,01
Dinophyta	140	0,01
Euglenophyta	69	0,01

Determinación de calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se dio en abril con riqueza promedio de 39 géneros. La menor abundancia en julio con riqueza específica de 23 géneros (Tabla 60).

Índice de biodiversidad de Margalef: los resultados indican baja diversidad (Tabla 60).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: en abril, julio y octubre se registra poca diversidad (Tabla 60).

Índice de equidad de Pielou (J): el máximo valor promedio es de 0,38 en julio (Tabla 60).

Índice Diatómico General (IDG): en abril y octubre hubo Calidad biológica óptima, mientras que para julio hubo Polución moderada (Tabla 61).

Tabla 59.- Promedio del conteo de perifiton en Laguna Piquecocha. abril, julio y octubre. 2018

División / Especie	Org. /cm ²			División / Especie	Org. /cm ²		
	Abr	Jul	Oct		Abr	Jul	Oct
Bacillariophyta	966446	6712	138966	Chlorophyta	1035	24	93
<i>Achnanthes</i> sp.	213	0	0	<i>Ankyra</i> sp.	5	0	0
<i>Achnanthidium</i> sp.	0	724	0	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	320	17	46
<i>Asterionella</i> sp.	0	1	0	<i>Botryococcus</i> sp.	16	0	1
<i>Craticula</i> sp.	5	0	8	<i>Coelastrum</i> sp.	133	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	2	0	<i>Comasiella</i> sp.	48	0	0
<i>Cymbella</i> sp.	89973	805	4286	<i>Crucigenia</i> sp.	59	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	5413	192	5253	<i>Nephrocytium</i> sp.	48	0	1
<i>Diatoma</i> sp.	5227	446	28600	<i>Oedogonium</i> sp.	16	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	16	0	0	<i>Oocystis</i> sp.	16	0	0
<i>Epithemia</i> sp.	11	1	353	<i>Pectinodesmus</i> sp.	11	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	5	0	0	<i>Pediastrum</i> sp.	75	1	27
<i>Gomphonema</i> sp.	96	3	36	<i>Scenedesmus</i> sp.1	288	6	3
<i>Hannaea</i> sp.	11	0	0	<i>Scenedesmus</i> sp.2	0	0	15
<i>Hantzschia</i> sp.	5	0	0	Charophyta	544	7	17
<i>Meridion</i> sp.	0	1	0	<i>Closterium</i> sp.	0	1	0
<i>Navicula</i> sp.1	5776	108	701	<i>Cosmarium</i> sp.	59	3	8
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	293	6	97	<i>Elakatothrix</i> sp.	341	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	5	0	0	<i>Gonatozygon</i> sp.	5	0	0
<i>Pinnularia</i> sp.	53	1	16	<i>Hyalotheca</i> sp.	128	2	0
<i>Rhopalodia</i> sp	128	0	0	<i>Staurastrum</i> sp	0	1	1
<i>Tabellaria</i> sp.	848960	4422	99616	<i>Zygnema</i> sp	11	0	8
<i>Ulnaria</i> sp.	10256	0	0	Cryptophyta	0	2	0
Dinophyta	139	0	1	<i>Cryptomonas</i> sp	0	2	0
<i>Peridinium</i> sp.1	139	0	1	Cianobacterias	75	6	8
Euglenophyta	11	1	57	<i>Merismopedia</i> sp	27	0	8
<i>Phacus</i> sp.	11	0	1	<i>Oscillatoria</i> sp	48	6	0
<i>Trachelomonas</i> sp.1	0	0	56				

Tabla 60.- N° Individuos (Org. /cm²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de perifiton, Laguna Piqueccochoa

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Organismos/cm ²)	968250	6752	139142
Riqueza específica (S)	39	23	23
Índice Margalef (D _{Mg})	1,690	1,310	1,000
Índice de Shannon - Weaver (H')	0,540	0,960	0,540
Equidad de Pielou (J')	0,170	0,380	0,210

Tabla 61.- Índice Diatómico (IDG) de muestras de perifiton, Laguna Piqueccochoa

Índice	Abr	Jul	Oct
Índice Diatómico (IDG)	4,97	3,18	4,65
	Calidad biológica óptima	Polución moderada.	Calidad biológica óptima

Tabla 62.- N° Individuo (Indiv. /0,05m²) y abundancia relativa (%) del macrobentos en Laguna Piqueccochoa. 2018

Phylum	Indiv. /0,05m ²	%
Annelida	387	56,83
Platyhelmenthes	4	0,59
Arthropoda	290	42,58

Tabla 63.- Promedio del conteo de macrobentos en Laguna Piqueccochoa. abril, julio y octubre. 2018

Phylum / Especie	Indiv. /0,05m ²		
	Abr	Jul	Oct
ANNELIDA	6	145	236
NI (Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae)	0	139	236
N.I (Clase Hirudinea)	6	6	0
ARTHROPODA	61	114	115
<i>Chironomus</i> sp.1	1	3	0
<i>Cricotopus</i> sp.1	2	0	0
<i>Hyalella</i> sp.	1	1	71
N.I(nsecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Larva	4	6	35
N.I(nsecta /Diptera/Chironomidae/NI)-Pupa	5	4	4
N.I(nsecta /Coleoptera/ Elmidae)	4	0	5
N.I (sub clase Tanytopodinae)	0	1	0
NI (Arachnida/Trombidiformes/Hydrachnidae)	2	1	0
<i>Polypedilum</i> sp.	39	98	0
<i>Tanytarsus</i> sp.	3	0	0

Macrobentos

El Phylum predominante fue Annelida (Tabla 62). De acuerdo a la distribución de abundancia de especies, en julio y octubre el grupo predominante fue NI (Clitellata/ Haplotaxid/ Naididae) del Phylum Annelida (Tabla 63).

Tabla 64.- N° Individuos (Indiv. /0,05m²), Riqueza específica (S), Margalef (D_{Mg}), Índice de Shannon - Weaver (H') y Equidad de Pielou (J') de muestras de macrobentos, Laguna Piqueccochoa

Índice de diversidad	Abr	Jul	Oct
N° Individuos (Indiv. /0,05m ²)	67	259	355
Riqueza específica (S)	10	9	6
Índice Margalef (D _{Mg})	1,00	0,59	0,28
Índice de Shannon - Weaver (H')	1,00	0,44	0,29
Equidad de Pielou (J')	1,00	0,29	0,25

Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos

Riqueza y Abundancia: la mayor abundancia promedio se registró en octubre, con riqueza promedio de 6 géneros (Tabla 64).

Índice de biodiversidad de Margalef: en abril, julio y octubre los promedios indicaron baja biodiversidad (Tabla 64).

Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener: los resultados en abril, julio y octubre indican poca diversidad (Tabla 64).

Índice de equidad de Pielou: el valor promedio obtenido en abril fue 1 (Tabla 64).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La temperatura del agua en las lagunas revisadas está considerada adecuada para un óptimo desarrollo y reproducción de trucha según FONDEPES (2014) que indica que debe variar entre 9 y 14 °C.

Los valores promedio de pH para cada una de las lagunas evaluadas se encuentran dentro del rango establecido por MINAM (2017) que indica que el límite permisible para el cultivo de especies hidrobiológicas debe variar de 6 a 9 y FONDEPES (2014) indica que con el rango entre 6,6 y 7,9 se logra un óptimo cultivo de trucha. Situación similar se da con el oxígeno disuelto ya que los valores registrados de este parámetro son mayores a 5 mg/L.

Los valores de nitrógeno amoniacal registrados en las cuatro lagunas se encuentran dentro de los rangos establecidos por MINAM (2008) que indica que el límite permisible para la conservación del medio acuático debe ser <0,02; RAGASH (2009) indica que no debe ser mayor a 0,012 mg/L para el cultivo de la trucha y en el caso de los nitritos el

límite permisible no debe ser mayor a 0,055 mg/L. Los valores de CO_2 se encuentran dentro del rango sugerido por el autor antes mencionado quien indica que valores < 7ppm permiten el desarrollo de la acuicultura.

El rango de la dureza del agua y de la alcalinidad detectada en las cuatro lagunas se encuentran dentro del rango sugerido por FONDEPES (2014) que menciona que valores entre 60 – 300 mg/L CaCO_3 permiten el desarrollo de la truchicultura. El rango del cloruro del agua detectado en las lagunas, se encuentra dentro de lo citado por MARÍN (2003) quien indica que estos valores no suelen sobrepasar de 20 a 40 mg/L para la conservación de aguas naturales.

Los valores de DBO_5 no sobrepasaron los estándares de calidad ambiental para agua clase 4, encontrándose en buenas condiciones las lagunas evaluadas.

Las lagunas evaluadas se encuentran exentas de contaminación microbiológica lo que se ve reflejado en las bajas concentraciones de los indicadores de contaminación fecal los cuales cumplieron con los estándares de calidad ambiental para agua clase 4, indicando que las lagunas estudiadas no presentan impacto antropogénico.

En la laguna Paucarcocha la especie predominante fue el género *Cyclotella* (Kützing) Bré-bisson que son muy comunes en los ambientes dulceacuícolas de todo el planeta, aunque algunas se presentan también en aguas salobres, e incluso en ambientes marinos costeros (HUSTEDT, 1930; LANGE & SYVERTSEN, 1989).

Para la laguna Piscococha la especie predominante fue *Woronichinia* sp. (Elenkin, 1933), es una Cyanophyta reportada como productora de cianotoxinas o citotóxicas. Las floraciones de cianobacterias están cada vez más implicadas en problemas de calidad del agua en lagos y embalses de agua dulce en todo el mundo. El crecimiento excesivo de cianobacterias puede verse exacerbado por la eutrofización asociada con mayor aporte de nutrientes y (o) por condiciones asociadas con el cambio climático global, como temperaturas del aire más altas, mayor período y fuerza de estratificación térmica e inundaciones y sequías más frecuentes (OLIVER y GANF, 2000; PAERL y HUISMAN, 2008).

En este estudio se registró en las lagunas de Huallhua y Piquecocha a *Tabellaria* sp., las especies de este

género suelen vivir en aguas ligeramente ácidas, aunque pueden tener amplia tolerancia a diferentes rangos de pH (ROUND *et al.*, 1990). Se encuentran comúnmente en aguas corrientes (ríos y arroyos), en lagos, lagunas y otros humedales, adheridas a sustratos duros como rocas y a la vegetación. Pueden formar parte tanto del perifiton, como del fitoplancton y el género se considera cosmopolita (KOPPEN, 1975).

La composición taxonómica del fitoplancton y el perifiton en las cuatro lagunas evaluadas se caracterizó por los grupos Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Dinophyta y Euglenophyta.

La composición taxonómica del zooplancton y el macrobentos en las cuatro lagunas evaluadas se caracterizó por los grupos Arthropoda, Rotifera, Annelida, Nematoda, Tardigrade, Mollusca, Protozoos y Platyhelminthes.

En relación al fitoplancton y perifiton, los resultados del Índice de biodiversidad de Margalef (DMg) indican de baja a mediana biodiversidad de organismos y con el Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener (H') los valores fluctúan de poca a mediana diversidad.

En el caso de zooplancton y macrobentos el índice de biodiversidad de Margalef (DMg) reportó baja biodiversidad de organismos y el Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener (H') reveló poca diversidad.

Con respecto al índice Diatómico General (IDG), los valores fluctuaron entre la Polución moderada a Calidad Biológica Óptima.

De acuerdo a las características morfológicas (profundidad- área) y los índices de biodiversidad, las lagunas Paucarcocha y Piscococha podrían ser consideradas como potenciales ámbitos para realizar la actividad acuícola.

5. REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WEF. (2012). Part 10200 Plankton. C.1, F.2, c.1. SMEWW. 21st Ed. pp. 10-10, 10-15 – 10-17.
- APHA-AWWA-WEF. (2012). Part 10200 G2, Plankton. Zooplankton Counting Techniques. SMEWW-22nd Ed.
- APHA-AWWA-WEF. (2012). Part 10200B, Plankton. SMEWW-22nd Ed.
- APHA-AWWA-WEF. (2012). Part 10300 C, Items 1 y 2, Periphyton. Sample Analysis. Sedgwick-Rafter Counts. Inverted Microscope Method Counts. SMEWW-22nd

- Ed. APHA-AWWA-WEF Part 10300B, Periphyton. Sampling. SMEWW- 22nd Ed.
- APHA-AWWA-WEF Part 10400 D3 e1-2, Estimated population. Identification of species. SMEWW-22nd Ed.
- APHA-AWWA-WEF Part 10500 C.2. Benthic Macroinvertebrates. Sample Processing and Analysis. SMEWW-22nd Ed.
- BALLESTEROS, Y., MONDRAGON, C., FLOREZ, P., BARBA, H., RAMÍREZ, C., PATIÑO, P. (2007). Evaluación de la calidad del agua del río Cauca con base en comunidades de macroinvertebrados bentónicos tramo Salvajina-la Virginia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Colombia, 8 pp.
- BATTARBEE, R. (1986). Diatoms analysis. Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons, New York, USA, 570 pp.
- BELLINGER, E., SIGEE, D. (2010). Freshwater Algae. Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK, 284 pp.
- BIGGS, B., KILROY, C. (2000). Stream Periphyton Monitoring Manual. Prepared for The New Zealand Ministry for the Environment, 246 pp
- BIXBY, R., JAHN, R. (2005). *Hannaea arcus* (Ehrenb.) RM Patrick: lectotipificación e historia nomenclatural. – Diatom Investigación, 20, 219 - 226.
- BLANCO, S., ÁLVAREZ, B., CEJUDO, F., BÉCARES, E. (2011). Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Confederación Hidrográfica del Duero. 212 pp.
- CAVERO, J., MANRIQUE, M. (2022). Lagunas altoandinas de Ayacucho evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2017. Inf Inst Mar Perú, 49(4), 587 - 615.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. (2005). Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza, 36 pp.
- CVC, UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2004). Estudio de la calidad del agua del río Cauca y sus principales tributarios mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación. Tramo Salvajina –La Virginia Cali, Colombia, 142 pp.
- DE LA LANZA, E., HERNÁNDEZ, S., CARBAJAL, P. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés, México, 633 pp.
- ESCOBAR, M. (2012). Caracterización del estado de salud ecológica de los cuerpos de agua en el sector agrícola de la parroquia de Puéllaro utilizando comunidades de plancton como bioindicadores. Tesina de grado para la obtención del título de Bióloga Ambiental. Quito, Ecuador.
- FONDO NACIONAL DE DESARROLLO PESQUERO (FONDEPES). (2014). Manual de Trucha en Ambientes Convencionales. Lima, Perú, 88 pp.
- HASLE, G. (1978). Some specific preparations: diatoms. Phytoplankton manual, A. Sournia (Ed). UNESCO, Paris, 136 -142.
- HUTCHINSON, G. (1957). A treatise on Limnology. Geography, Physics and Chemistry. Volume 1. John Wiley and Sons. New York, 672 pp.
- HUSTEDT, F. (1930). Die Kieselalgen Deutschland, Österreichs und der Schweiz. L. Rabenhorst's "Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz", 7, 1-920, 542 Abb.
- KOPPEN, J. (1975). A morphological and taxonomic consideration of *Tabellaria* (Bacillariophyceae) from the north central United States. Journal of Phycology, 11, 236-244. DOI:10.1111/j.1529-8817.1975.tb02774.x
- KELLY, M., BENNION, H., COX, E., GOLDSMITH, B., JAMIESON, J., JUGGINS, S., MANN, D., TELFORD, R. (2005). Common freshwater diatoms of Britain and Ireland: an interactive key. Environment Agency, Bristol.
- LANGE, C., SYVERTSEN, E. E. (1989). *Cyclotella litoralis* sp. nov. (Bacillariophyceae), and its relationships to *C. striata* and *C. stylorum*. Nova Hedwigia, 48, 341-356.
- MARGALEF, R. (1955). Los organismos indicadores en la limnología. En: Biología de las aguas continentales. Vol XII. Ministerio de Agriculture. Madrid, 300 pp.
- MARÍN, R. (2003). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Ediciones Días de Santos. Madrid, España, 311 pp.
- MINAM Decreto Supremo N° 002-2008. MINAM [Citado enero 2016/12]. Disponible a partir de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_002-2008-minam.pdf
- MINAM Decreto Supremo N° 004-2017. MINAM. [Citado Junio 2017/06]. Disponible a partir de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. PRODUCE. (2010). Informe técnico final. Evaluación de recursos hídricos en las regiones de Pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali. 105 pp.
- NOVELO, E. (2012). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán-Bacillariophyta México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Fascículo 102.
- OLIVER, R. L., GANF, G. G. (2000). Whitton licenciado en Letras, Potts METRO. Floraciones de agua dulce, La ecología de las cianobacterias: su diversidad en el tiempo y el espacio, 2000Países Bajos Editores académicos de Kluwer, págs. 149-194.
- PAERL, H. W., HUISMAN, J. (2008). Florece como si estuviera caliente. Ciencias, vol. 320, págs. 57-58.
- RAGASH - PERÚ. (2009). Manual de crianza. Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). 25 pp.
- ROUND, F., CRAWFORD, R., MANN, D. (1990). The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge. 747 pp.
- SOSA, L., NOVOA, D., MARTINEZ, A. (2011). Ficoflora de la cuenca endorreica fluvioacuífera. Chucul. Revista Biológicas, 13(1), 14 - 23.
- TIMMS, B. (1992). Lake geomorphology. Gleneagles Publishing, Adelaide. 180 pp.