

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/306030796>

# MONITOREO ECOLÓGICO Y LIMNOLÓGICO DE LA LAGUNA LAGUNILLAS, LAMPA – PUNO, 2014.

Technical Report · May 2014

DOI: 10.13140/RG.2.1.1592.6004

---

CITATIONS

0

---

READS

3,186

7 authors, including:



[René Chura-Cruz](#)

Instituto del Mar del Perú

23 PUBLICATIONS 38 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Humberto Siguayro](#)

Instituto del Mar del Perú

11 PUBLICATIONS 26 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Seguimiento de Pesquerías y limnología [View project](#)



Effects of climate and land-use changes on fish catches across lakes at a global scale [View project](#)



**INSTITUTO DEL MAR DEL PERU  
IMARPE**



**PROYECTO ESPECIAL LAGO TITICACA  
PELT**

## INFORME TÉCNICO

# MONITOREO ECOLÓGICO Y LIMNOLÓGICO DE LA LAGUNA LAGUNILLAS, LAMPA - PUNO (CONVENIO IMARPE-PELT)



Personal Participante:

**IMARPE:** René Chura Cruz, Jhon H. Robles Trujillo, Humberto Siguayro & Ernesto Yujra Flores

**PELT:** Luis Alberto Puntaca Quispe, Wagner Yana Tipo & Cristian Casas Yupanqui

Puno, Febrero 2015

# MONITOREO ECOLÓGICO Y LIMNOLOGICO DE LA LAGUNA LAGUNILLAS, LAMPA - PUNO

IMARPE: René Chura Cruz, Jhon H. Robles Trujillo, Humberto Siguayro & Ernesto Yujra Flores

PELT: Luis Alberto Puntaca Quispe, Wagner Yana Tipo & Cristian Casas Yupanqui

<b>RESUMEN</b>	<b>01</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>02</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>02</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>03</b>
3.1. Área geográfica	02
3.2. Materiales	03
3.3. Metodología	03
3.3.1. Pesca	04
3.3.2. Evaluación hidroacústica	06
3.3.3. Factores físico químicos	07
3.3.4. Circulación de masas de agua	08
3.3.5. Caracterización de la comunidad planctónica	08
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>09</b>
4.1. <u>Aspectos Biológico – Pesquero</u>	09
4.1.1. Composición de la captura	09
4.1.2. Composición de la captura por malla	09
4.1.3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	09
4.1.4. Aspectos biológicos de las especies capturadas	10
4.1.4.1. Carachi amarillo <i>Orestias luteus</i>	11
4.1.4.2. Trucha arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i>	12
4.2. <u>Distribución y concentración de los recursos pesqueros</u>	12
4.3. <u>Aspectos limnológicos</u>	13
4.3.1. Batimetría de la laguna	13
4.3.2. Parámetros físico – químicos	16
4.3.3. Aspectos de viento y corriente agua en la Laguna Lagunillas	22
4.3.3.1. Viento	22
4.3.3.2. Movimiento de masas de agua	22
4.3.4. Oligoelementos y metales pesados en tejido de peces	25
4.4. <u>Composición y diversidad de la comunidad planctónica</u>	26
4.4.1. <u>Fitoplancton</u>	26
4.4.1.1. Composición total y riqueza específica	26
4.4.1.2. Abundancia relativa de fitoplancton	27
4.4.1.3. Abundancia de fitoplancton	27
4.4.1.4. Análisis comunitario	28
4.4.1.5. Calidad del medio acuático a través del Índice Diatómico General	29
4.4.2. <u>Zooplancton</u>	30
4.4.2.1. Composición total y riqueza específica	30
4.4.2.2. Abundancia relativa de zooplancton	31
4.4.2.3. Densidad de zooplancton	32
4.4.2.4. Análisis comunitario	33
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
<b>6. RECOMENDACIÓN</b>	<b>39</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA CITADA</b>	<b>39</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>42</b>
<b>9. FOTOGRAFÍAS</b>	<b>49</b>

## INFORME TÉCNICO

### MONITOREO ECOLÓGICO Y LIMNOLÓGICO DE LA LAGUNA LAGUNILLAS, LAMPA - PUNO

Por: René Chura Cruz<sup>(1)\*</sup>, Jhon H. Robles Trujillo<sup>(2)</sup>, Humberto Siguyayro Mamani<sup>(1)</sup> & Ernesto Yujra Flores <sup>(1)</sup>  
Por: Luis Alberto Puntaca Quispe<sup>(3)</sup>, Wagner Yana Tipo<sup>(3)</sup> & Cristian Casas Yupanqui<sup>(3)</sup>

(1) Instituto del Mar del Perú – Laboratorio Continental de Puno, (2) Dirección General de Investigaciones en hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca y (3) Proyecto Especial Lago Titicaca

\* Profesional Responsable – [rchura@imarpe.pe](mailto:rchura@imarpe.pe)

#### RESUMEN

El IMARPE y el PELT entre el 26 y 31 de Mayo 2014 realizaron el monitoreo ecológico y limnológico de la Laguna Lagunillas, siendo dos objetivos; (i) determinar la biomasa, concentración, distribución y aspectos biológicos – pesqueros (ii) caracterizar el medio ambiente a través de estudios biológicos, limnológicos y batimétricos. La Laguna Lagunillas (15° 40' 26,4" y 15° 46' 33,6"S - 70° 48' 57,6" y 70 39' 46,8"W) presentó un área de 65,71 km<sup>2</sup>, ubicada a una altitud de 4.174 m.s.n.m y con profundidad media y máxima de 15,2 y 53,4 m, respectivamente.

Para las pescas se utilizaron redes cortinas, lográndose una captura total de 29,16 kg, compuesto por “carachi amarillo” *Orestias luteus* con 71,8% y de “trucha arco iris” *Oncorhynchus mykiss* con 28,2%. Se estimó una biomasa para “carachi amarillo” de 28.227 kg en una área distribución de 1,62 mn<sup>2</sup>. La población de “carachi amarillo” estuvo compuesto de juveniles y adultos en proceso de madurez sexual y en proceso de reinicio de madurez sexual. De los valores de RLP indican un crecimiento alométrico positivo lo que refleja que los peces grandes estuvieron en mejor condición somática respecto a los peces juveniles.

El ambiente acuático de la laguna mostró características fisicoquímicas dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para la conservación del medio acuático. La formación de un periodo nictemeral diaria, el inicio de un periodo de mezcla y presencia de ligeras estratificaciones mostrarían un régimen de tipo polimictico. Las ligeras variaciones del pH con tendencia alcalina y agotamiento de CO<sub>2</sub> en zonas poco profundas, mostraría una actividad fotosintética fitoplanctónica. La composición iónica ligeramente baja en concentración de sales, la concentración de oxígeno disuelto y de temperatura se encontró dentro de los límites señalados como aceptables en los criterios ecológicos y de calidad del agua para la protección de la vida acuática, en cambio según las ECAs, los fosfatos totales se encontraron por encima de los valores establecidos. De una análisis de ANOVA para estaciones próximas a las jaulas y estaciones sin actividad (pelágica) se determinó variaciones significativas para fósforo total, silicatos, CO<sub>2</sub>, pH, O<sub>2</sub> y sulfatos que podrían deberse a un aporte de actividad de cultivo de truchas al medio acuático en la zona litoral. El movimiento de masas de agua de Laguna Lagunillas es modulado por la dinámica de vientos locales y la topografía en la primera capa de masa de agua (5 m) con repercusión en los estratos medios

La diversidad de especies de plancton para la laguna fue mínima, sobresaliendo para fitoplancton el grupo de Chlorophyta y Bacillariophyta; y para el zooplancton, la dominancia del grupo de Rotíferos y Copépodos.

En base a los niveles de clorofila-a, nutrientes y visibilidad al disco de Secchi se clasifican a la Laguna Lagunillas en estado de mesotrofia (OCDE, 1982) y en base a Índice Diatómico General se encuentran en estado de polución moderada.

**Palabras Claves:** Laguna Lagunillas, “carachi”, “trucha”, limnología, plancton, batimetría.

## **1. INTRODUCCIÓN**

De acorde con la diversa geografía del Perú, los lagos y lagunas presentan sus propias características particulares. En la región Puno se cuenta 354 lagunas y 316 ríos, de los cuales por su tamaño destacan; Titicaca, Arapa y Lagunillas.

La Laguna Lagunillas localizada en el distrito de Santa Lucia, provincia de Lampa y se encuentra dentro de la Cuenca de Lago Titicaca. Destaca por sus características topográficas, batimetría, por su fauna íctica nativa e introducida y a sus alrededores de la zona litoral se desarrolla cultivo de trucha en sistema de jaulas flotantes. El PELT en la década del noventa construyó una represa lo que determinó un incremento del nivel y volumen de agua de la Laguna Lagunillas.

En la Laguna Lagunillas se desarrolla la actividad de cultivo de “trucha arco iris” en sistema de jaulas flotantes con más de 70 productores entre formales e informales generando una mano de obra de mas 300 puestos de trabajo en forma permanente y eventual y con una producción para el 2008 de mas de 300 toneladas al año (PRODUCE-GR-AECID, 2009). Para el 2013 la producción de trucha para la región Puno fue de 29000 t de las cuales para Laguna Lagunillas corresponde una producción del 10% (DIREPRO Puno).

La presa Lagunillas es el tipo de gravedad con una altura de 14,35 m y una capacidad de almacenamiento de 500 MMC de agua, que junto a las descargas naturales del río cerrillos y el encauzamiento del río verde y la precipitación aseguran las irrigaciones existentes y proyectadas de Santa Lucia – Cabanilla – Lampa, Cabanilla – Lampa, Huataquita, Cabana, Vilque – Mañazo, Cabanilla, Yanarico, Yocara, Canteria (PELT 2014).

El IMARPE y el PELT en el Marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre 26 y 31 de mayo del 2014 realizó el “Monitoreo Ecológico y Limnológico de la Laguna Lagunillas”, con la finalidad de determinar la composición poblacional de los peces y la caracterización limnológica del cuerpo lenticó con fines de contar con información actualizada de Laguna Lagunillas para una manejo sostenible de este recurso hídrico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar la biomasa, concentración y distribución de los recursos pesqueros de Laguna Lagunillas y caracterizar el medio acuático a través de estudios biológicos, limnológicos y batimétricos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la composición de la captura y el esfuerzo de pesca a través de las pescas experimentales con redes agalleras de diferentes mallas.
- ✓ Descripción de los aspectos biológicos de las especies capturadas.
- ✓ Determinar la biomasa, concentración y distribución de los principales recursos pesqueros.
- ✓ Evaluar los principales parámetros fisicoquímicos de calidad del agua.
- ✓ Determinar la composición y diversidad biológica de las comunidades acuáticas, presentes en la Laguna Lagunillas (fitoplancton y zooplancton).
- ✓ Determinar el estado trófico de la laguna

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área Geográfica

La Laguna Lagunillas se encuentra ubicada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y Región Puno, a una altitud a los 4.174 m.s.n.m. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 15° 40' 26,4" y 15° 46' 33,6" latitud Sur y 70° 48' 57,6" y 70 39' 46,8" longitud oeste. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Juliaca – Arequipa y con desvío de enlace troncal poco accesible del distrito de Santa Lucía por la antigua carretera vial (trocha carrosable) (Fig. 1).



FIG. 01. Imagen satelital de la Laguna Lagunillas. Fuente Google Earth.

#### 3.2. Materiales y equipos utilizados

- Ictiómetro
- Balanza digital electrónica
- Vernier
- Wincha de 1 m
- Balanza digital de gancho
- Formatos de captura y esfuerzo pesquero y biológico
- GPS Garmin.
- pHmetro digital Oakton Series 110
- Termómetro de inmersión
- Botella Niskin
- Test Hach para determinación de alcalinidad.
- Test Hach para determinación de CO<sub>2</sub>.
- Test Hach para determinación de dureza
- Test Hach para determinación de cloruros.
- Multiparametro Hanna HI9821.
- Espectrofotómetro estándar UV
- Ecosonda Lowrance Inc.
- Correntómetro modelo SonTek Argonaut-XR .750 MHz.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Pesca

Se utilizó un total de seis (06) redes de tamaños de malla entre 25 y 64 mm LM, con una longitud total de 472,72 m, una altura entre 1,45 y 2,45 m sumando un área total de 800,5 m<sup>2</sup> de paño (TABLA 1). Las redes están confeccionadas con nylon monofilamento de 0,1 mm de diámetro de colores verde, similar a los utilizados por los pescadores artesanales en el Lago Titicaca.

TABLA 1. Características físicas de las redes cortina nylon monofilamento según tamaños de malla.

CARACTERÍSTICAS	N° DE REDES CORTINA						AREA (m <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	5	6	
N° Malla (pulg)	1	1 3/8	1 1/2	1 4/9	1 4/9	2 1/2	
N° Malla (mm)	25	35	38	62	62	64	
Largo (m)	35,34	63	75,38	103	90	106	472,72
Alto (m)	2,45	2,25	1,7	1,5	1,45	1,5	10,85
Area (m <sup>2</sup> )	86,6	141,8	128,1	154,5	130,5	159,0	800,5
Division	1	2	2	4	4	4	

Las redes se colocaron fondeadas las zonas de Represa, Isla Grande y Pucara entre profundidades de 8 y 10 m (Fig. 2). El calado se realizó en horas de la tarde (14:00 horas) y el cobrado al día siguiente (07:00 horas). Las orientaciones de las redes en las calas fueron paralelas a la costa. El cobrado de las redes se realizó después de permanecer la red en el agua por un periodo de 17 horas.

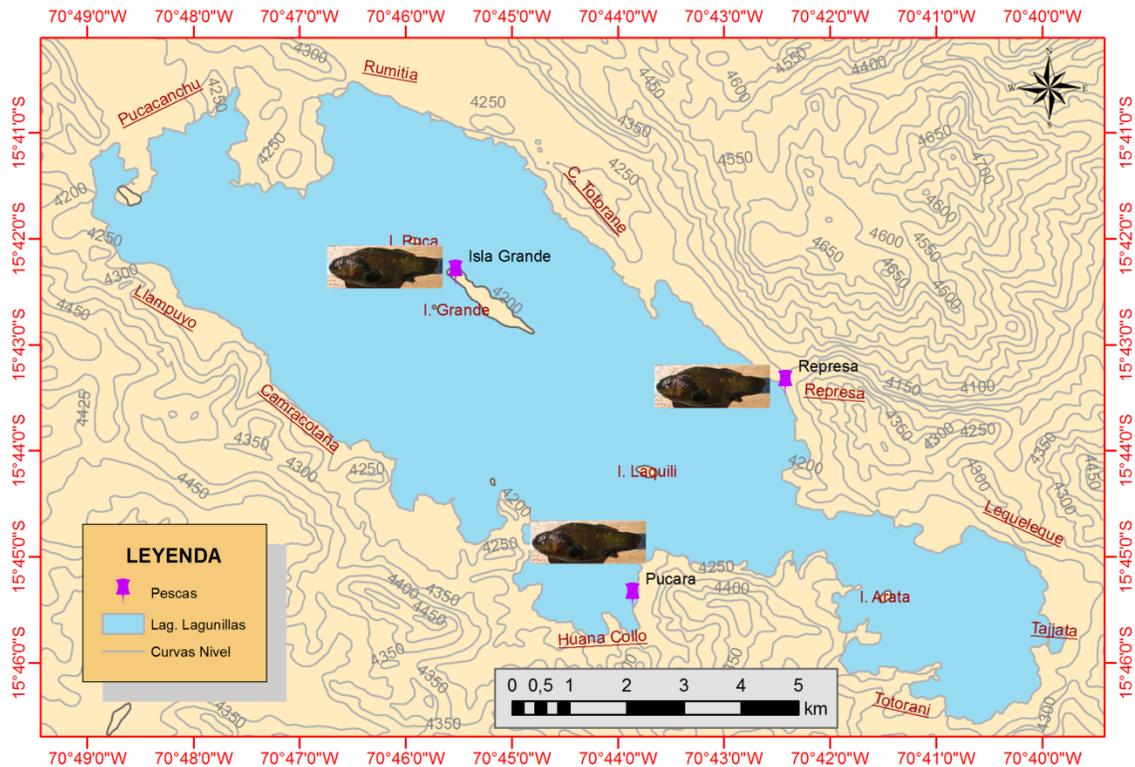


Fig. 02. Puntos de pesca con redes cortina en el Laguna Lagunillas (Mayo, 2014).

### a) Identificación de la fauna íctica de la laguna

Se realizó mediante el empleo de las claves de identificación de PARENTI 1984 y DE SOSTOA ET AL (2010), que basan la identificación en las diferencias biométricas, merísticas y genéticas del género *Orestias*.

### b) Aspectos biológico-pesqueros

El muestreo biométrico fue aleatorio simple se realizó utilizando un formulario estandarizado. La longitud total de los especímenes fue medido en centímetros, siendo agrupados por marca de clase de 0,5 cm.

Para los muestreos biológicos se realizó una selección de 10 ejemplares por estratos de longitud. El tamaño de muestra fue de 100 individuos. El formato del muestreo biológico consignó aspectos como: fecha, zona de pesca, longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo, madurez sexual, longitud y peso de gónadas, peso del estómago, contenido estomacal, peso del hígado y diámetro mayor del cuerpo.

Se analizó la progresión y desarrollo del grado de madurez gonadal. Los estadios de madurez sexual se determinaron mediante un examen macroscópico en fresco utilizando la escala empírica de 8 estadios de JOHANSEN (1924) modificada por PALACIOS ET AL (2009). La escala considera estadio I Virgen; estadio II Inmaduro; estadio III Maduro virginal o reinicio de puesta; estadio IV Desarrollado; estadio V Maduro o Grávido; estadio VI Desovado; estadio VII Desovados y estadio VIII Reposo o Terminado.

La talla de primera madurez sexual se define cuando la ojiva de madurez alcanza el 50% de la probabilidad de observar un individuo maduro (CUBILLOS 2005).

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{\alpha_0 + \beta_1 l}}$$

Donde:  $\alpha_0$  y  $\beta_1$  = Coeficientes;  $l$  = Longitud total (cm).

Para efectos de determinación de la talla a la primera madurez sexual se consolidó la información proveniente de las observaciones macroscópicas de las gónadas, donde los estadios I y II se consideraron como "inmaduros" y los estadios del III al VIII como "maduros".

La relación entre el peso y la longitud, se determinó por la regresión de tipo potencial  $P = a * Lt^b$  ajustada a la regresión lineal logarítmica:  $\log(P) = \log(a) + b * \log(Lt)$  por el método de mínimos cuadrados, donde "a" representa el intercepto con el eje de las coordenadas, "b" representa la pendiente de la recta, "Lt" la longitud total en centímetros (cm) y "P" el peso del pez en gramos (g).

### c) Estimación del rendimiento –esfuerzo con redes cortinas

El rendimiento del esfuerzo de pesca (R/E) está expresado en número y peso de especímenes capturados (kg) en función al área de la red y el tiempo efectivo en horas de la red en el agua.

*Estimación de la Unidad de Esfuerzo (UE):*

$$UE = N_R \times A \times h \quad (1)$$

Donde:

$N_R$  = Número de redes cortina;  $A$  = Área de la red en  $m^2$ ;  $h$  = Tiempo en horas de permanencia de la red en el agua.

Estimación de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en número y peso de peces:

$$R/E = N/UE \quad R/E = \frac{P}{UE} \quad (2)$$

Donde:

R/E = CPUE

N = Número de peces

P = Peso de los peces en gramos

UE = Unidad de esfuerzo

Estimación de la captura día (R/E / día):

$$C_d = CPUE \times h_d$$

Donde: CPUE = N / UE y/o P / UE  $h_d$  = horas de actividad pesquera durante el día

### 3.2.2. Evaluación hidroacústica

La evaluación hidroacústica de los recursos pesqueros de la Laguna Lagunillas se realizó a bordo de una embarcación de fibra de vidrio (4,5 m de eslora) propulsada por un motor fuera de borda YAMAHA de 50 HP. La navegación se realizó a una velocidad promedio de 5 nudos, el rastreo comprendió una grilla de transectos transversales a lo largo de la laguna.

Para la obtención de datos acústicos se utilizó un ecosonda científica portátil SIMRAD modelo EY60 (Kongsberg Simrad AS, Kongsberg, Norway), transductor ES120-7 split-beam de 120 kHz de frecuencia (Fig. 03). Este sistema permitió detectar los organismos y el fondo lacustre hasta una profundidad de 100 metros, usando una longitud de pulso de 0,512.

El transductor se instaló en la banda de babor de la embarcación a 0,5 m de la superficie. La información de posicionamiento se colectó con un GPS Charploter Modelo HDS-5, marca LOWRANCE. Los datos acústicos se almacenaron en una laptop, para su posterior procesamiento. El post-procesamiento de los datos acústicos se realizó mediante el programa Echoview 5.1 (Sonar Data, Tasmania, Australia); los cuales luego del análisis se exportaron a archivos en formato CSV como valores ecointegrados de peces (NASC, coeficiente náutico de dispersión acústica) y de la profundidad también con el mismo formato. Se corrigieron los valores de profundidad por la posición del transductor 0,5 m debajo de la superficie del agua.

Adicionalmente, para la extracción de los ecos fuertes se usó los paquetes A, B y C del software libre Echopen, y se filtraron las muestras con valores de Sv (Volumen backscattering strength, Volumen de retrodispersión) entre -30 y -50 dB, y se los integró hasta 100 m de profundidad.

Para generar las áreas de distribución, se interpolaron las bitácoras georeferenciadas usando los módulos de interpolación krigging del software Surfer 11 (Golden Software, Colorado, USA), al mismo tiempo se cuantificaron las áreas de distribución.



Fig. 03. Ecosonda portátil Simrad EY60 (Split Beam)

La distribución espacial de los recursos en la zona evaluada se presenta como un gráfico de contorno, donde las curvas de nivel unen puntos de igual concentración; permitiendo observar la distribución espacial de los recursos pesqueros, además la morfología del fondo.

El método de krigeo es un interpolador de promedios ponderados, en el que la influencia de la profundidad en un punto declina en relación con la distancia hasta los nodos más cercanos (Davis, 1986). La ponderación se realiza midiendo la distancia a la cual el factor de ponderación disminuye en tanto la distancia a los nodos se incrementa (FRANKE, 1982).

### 3.3.3 Factores físico químicos

Se establecieron 37 estaciones de muestreo superficial (Fig. 04) y 01 sección vertical hasta 04 niveles de evaluación (0, 10, 20 y 40 m) de acuerdo a la profundidad. La colecta de muestras de agua se realizó empleándose un balde para superficie y una botella Niskin (5 L de capacidad) para las muestras de diferentes profundidades. La determinación de los principales parámetros fisicoquímicos se realizaron con un equipo Multiparámetro HANNA (registro de pH y conductividad eléctrica), la temperatura fue registrada con un termómetro de mercurio ASTM, la concentración de oxígeno disuelto con un oxímetro óptico METTLER TOLEDO y comprobado por el método Winkler (modificado por CARRIT & CARPENTER, 1966); se empleó kits HANNA, para la determinación de la dureza total, CO<sub>2</sub>, alcalinidad y cloruros; los nutrientes (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PO<sub>4</sub>) y clorofila-a se determinaron mediante el método de Strickland & Parsons (1972) por espectrofotometría; para la determinación de fósforo total, Nitrógeno total, silicato y manganeso se usó el método HACH, los sólidos totales suspendidos por gravimetría, además se registró la transparencia. Se empleó el protocolo del IMARPE y guías nacionales e internacionales.

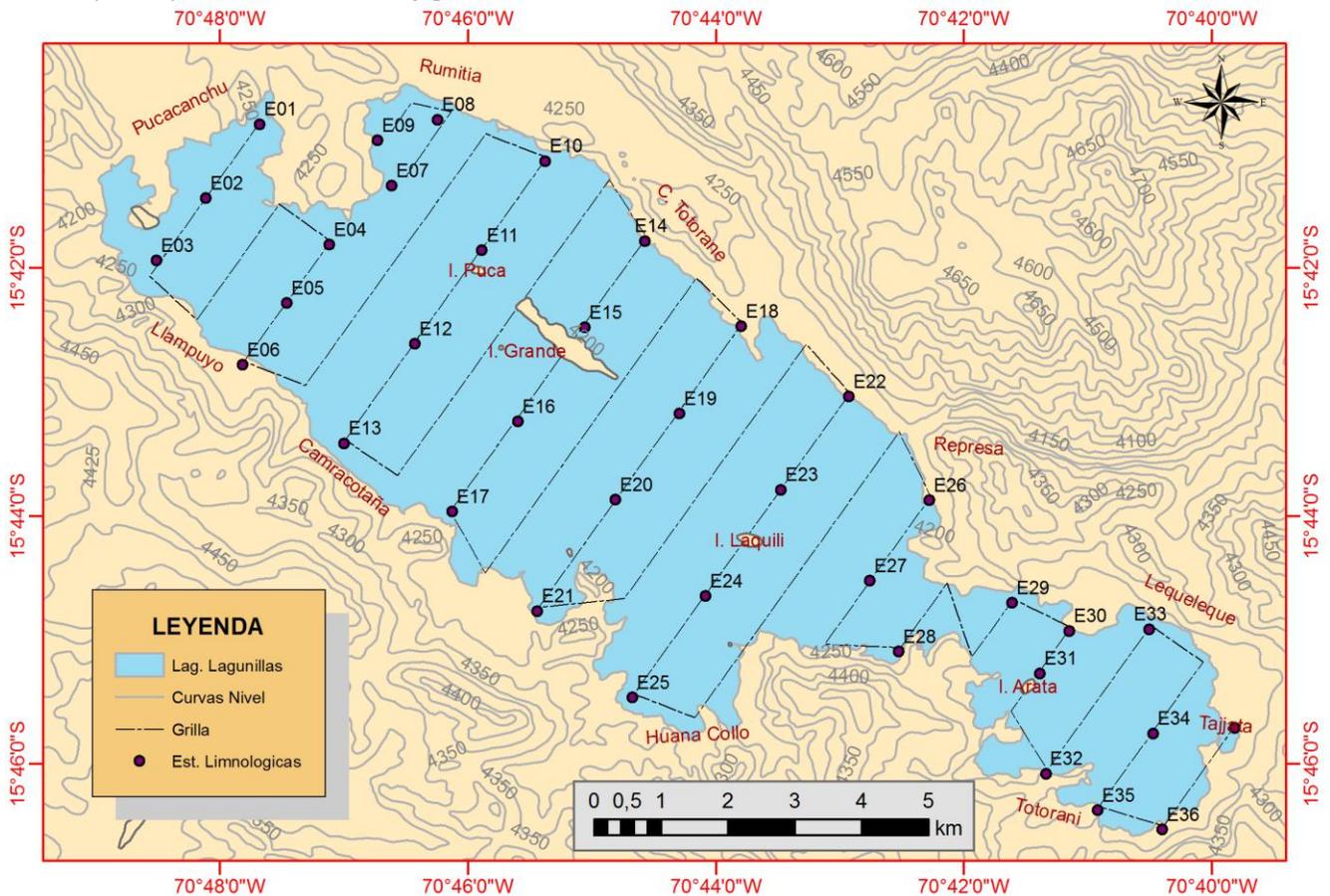


Fig. 04. Grilla de estudio y estaciones limnológicas en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

### 3.3.4. Circulación de masas de agua

Para la medición de las corrientes en la columna de agua se utilizó un correntómetro modelo SonTek Argonaut-XR 750 MHz (Fig. 5). El equipo antes de ser colocado en el agua fue programado con un computador portátil en base a la profundidad máxima de la estación y anclado con dos lastres de 10 kg cada uno. Como parámetros de entrada se considero la coordenada geográfica usando un GPS, lugar, hora de inicio y la profundidad máxima con un ecosonda. Los aspectos técnicos se consideran en la Tabla 2.



Fig. 05. Correntómetro ADCP SONTEK

La data fue procesada y analizada con el programa Matlab V.10 y graficada con el programa Grapher V 9,0.

TABLA 2. Aspectos técnicos de entrada para lectura de corriente de masas de agua con el equipo SonTek Argonaut XR-750 MHz en Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

Aspetos Tecnicos	Estación Chacra (15°44,887'S;70°42,021'W)	Estación Isla Laquili (15°44,239'S;70°43,865'W)	Estación Isla Grande (15°42,819'S;70°45,974'W)
Frecuencia muestreo (min)	1	1	1
Celda inicio (m):	1	1	1
Celda final (m) :	10	10	10
Blanking -ruido (m):	1	1	1
Numero de celdas:	2	2	2
Inicio (fecha:hhmm):	28/05/2014 12:30 hr	29/05/2014 10:00 hr	30/05/2014 11:07 hr
Final (fecha:hhm):	29/05/2014 09:20 hr	30/05/2014 07:48 hr	31/05/2014 08:40 hr
Tiempo Lectura (hhmm)	20:50	21:48	21:33
Profundidad máxima (m)	10	16,5	12

### 3.3.5. Caracterización de la comunidad planctónica

Se realizó el muestreo en doce (12) estaciones para colecta de fitoplancton y 18 estaciones para colecta de zooplancton.

#### a) Fitoplancton.-

Para obtención de las muestras de fitoplancton, se utilizó una red cónica de 30 cm de diámetro de aro y 20  $\mu$ m de abertura de malla, mediante un filtrado de 2 litros de agua del área superficial se colectaron submuestras de 200 ml las cuales fueron preservadas con formalina al 2%. El análisis cualitativo y semicuantitativo de fitoplancton se realizó utilizando el método de UTHERMOL (1958) y un microscopio invertido marca TCM 400. Se calculó el índice de diversidad H' estandarizado con  $2\sqrt{\quad}$  (raíz cuadrada), (SHANNON Y WEAVER, 1963). Para el análisis de similaridad se utilizó el índice de BRAY-CURTIS, estandarizando previamente el número de individuos a  $2\sqrt{\quad}$  (raíz cuadrada) a fin de aproximarlos a cierta normalidad. Los valores de similaridad fueron ordenados en un dendrograma

por el método UPGMA, utilizando el programa PRIMER 6. Para la determinación taxonómica de los componentes del fitoplancton se consultaron las siguientes trabajos (ROBIN ET, AL 2004), ACLETO (1966), REYES (1975), PRESCOTT (1978), BELCHER & SWALE (1979), ALDAVE (1989) Y OLDEPESCA (1987). ILTIS (1991) PINILLA G. (2000) PARRA O. (1982) Y BOURELY (1966; 1968; 1970).

## b) Zooplancton.-

Las muestras fueron obtenidas filtrando 2 litros de agua, con una red manual de 25 cm de diámetro de abertura y 50 µm de malla, sugerido por MARGALEF (1983), Las muestras fueron concentradas en frascos de 250 ml y fijadas *in situ* con formol al 4% en frascos previamente rotulados (tipo de monitoreo, estación, N° de frasco, profundidad, fecha y hora).

El análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras de zooplancton se efectuó empleando un microscopio compuesto. Para realizar el análisis se procedió a la toma 1ml de la muestra concentrada en el frasco de 250ml, esta fue aleatoria y con sus respectivas repeticiones. Se hizo uso de una cámara Sedgwick-Rafter con capacidad de 1ml de muestra, se procedió la lectura de la cámara Sedgwick-Rafter con un objetivo de 10X esto con la finalidad de analizar los organismos más grandes del zooplancton (mesozooplancton) como los organismos más pequeños del zooplancton como nauplios y rotíferos (microzooplancton). Los volúmenes de filtración se obtuvieron usando la formula descrita y usada por ALVEAL ET AL, 1995.

Para la determinación de las especies se emplearon los trabajos DE REY (1991), STREBLE & KRAUTER (1987), NEEDHAM (1978), PENNAK (1991), PINTO (1991), GRANT (2001) Y UENO (1967). Los resultados de densidad del zooplancton fueron expresados en ind/m<sup>3</sup> y para el procesamiento de la información se emplearon los programas de Word, Excel. Se efectuó los análisis del índice de diversidad de Shannon (H'), Simpson (D) y Equidad (J).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS PESQUEROS

#### 4.1.1. Composición de la captura

La captura total fue de 29,16 kg y estuvo compuesto por dos especies: "carachi amarillo" (*Orestias luteus.*) con 20,9 kg (71,8%) y de la "trucha arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*) con 8,2 kg (28,2%). El "carachi amarillo" fue identificada como una especie local; mientras la "trucha arco iris" como una especie introducida y producto de las fugas de los módulos de jaulas que están distribuidos en la zona Sureste de la laguna (Fig. 6; Anexo 1).

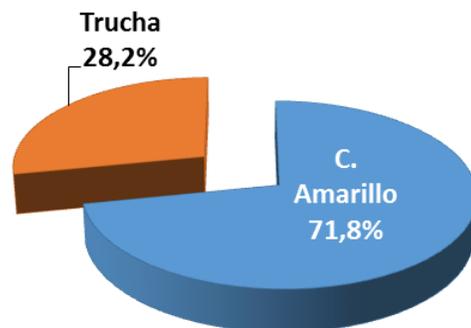


Fig. 06. Composición % de captura total Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

#### 4.1.2. Composición de captura por malla

Se utilizó seis (06) redes cortina de diferentes tamaños de malla (Tabla 1) y registrándose capturas para todas las mallas en la captura de peces. Las mallas 35, 62 y 64 mm fueron selectivas en la pesca de "carachi amarillo" y "trucha arco iris" (Fig.7). Todos los ejemplares capturados de "carachi amarillo" la mayoría fueron peces adultos, mientras las truchas fueron juveniles.

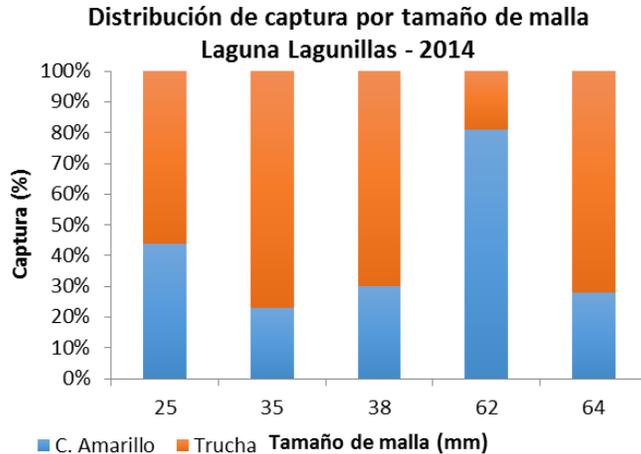


Fig. 07. Composición relativa de captura total por tamaños de malla (Mayo, 2014)

#### 4.1.3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

En operaciones de pesca con redes agalleras de diferentes tamaños de malla (Tabla 1), que conformaron un área de pesca de 800,5 m<sup>2</sup> y un tiempo efectivo de pesca de 51 horas, se determinó la captura por unidad de esfuerzo.

La CPUE, en **número** de peces o individuos, según tamaños de malla se determinó un máximo de 3,5 ind/100m<sup>2</sup>.h para la malla 62 mm y un mínimo de 0,031 ind/100m<sup>2</sup>.h de la malla 38 mm y un promedio de 0,93 ind/100m<sup>2</sup>.h (Fig. 08; Anexo 2). Mientras, el CPUE en **peso**, tuvo un máximo en la malla de 62 mm (173,6 g/100m<sup>2</sup>.h) y una mínima de 1,9 g/100m<sup>2</sup>.h para la malla 38 mm y una media de 58,7 g/100m<sup>2</sup>.h. Las mallas 38 y 62 mm presentaron el mejor rendimiento en la captura de “carachi amarillo” y “trucha arco iris” (Fig. 08; Anexo 3).

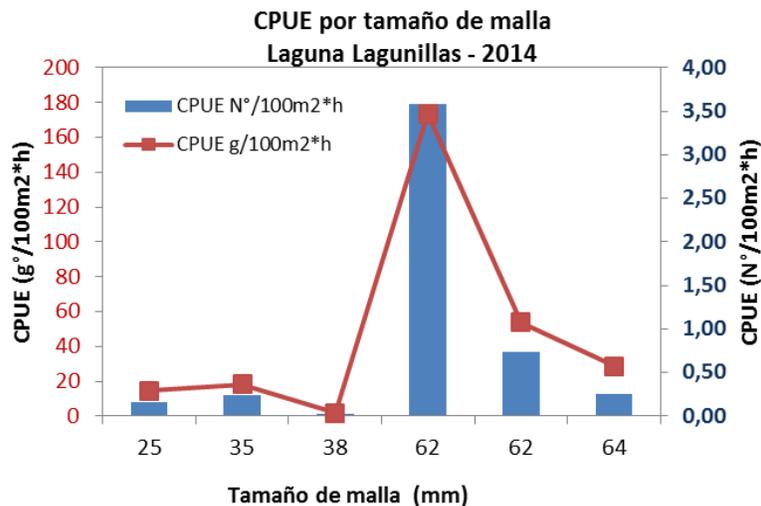


Fig. 08. CPUE por tamaños de malla para la zona de Lagunillas (Mayo, 2014).

#### 4.1.4. Aspectos biológicos de las especies capturados

##### 4.1.4.1. Carachi amarillo *Orestias luteus*

- a) **Composición por tamaños.**- Del muestreo biométrico de 318 ejemplares para un rango de tallas de 7 – 18 cm de LT, se determinó una distribución bimodal, siendo la moda principal en 13,1 cm LT y la secundaria en 8,3 cm LT. La longitud promedio se estimó en 11,8 cm LT (Fig. 09; Anexo 4).
- b) **Madurez sexual.**- Con una proporción sexual 1,0:1,0 (macho: hembra). La progresión modal de gónadas determinó predominancia de peces en estadio de inmaduros (I al III), seguido de peces en estadio de desovados (VIII) para ambos sexo (Fig. 10; Anexo 5). Esto indica que la población se encontraba en proceso de maduración gonadal seguido de peces en proceso de desovados para ambos sexo.

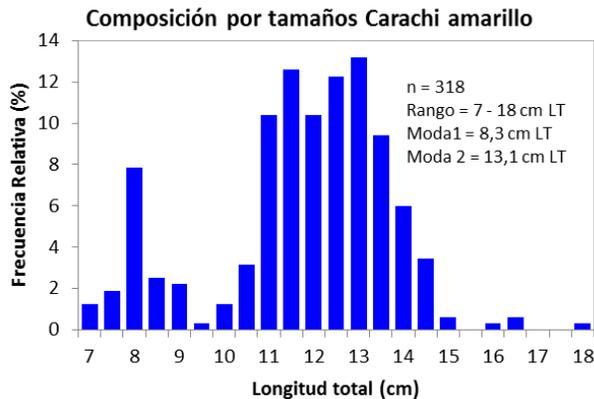


Fig. 09. Composición por tamaños de Carachi amarillo – Laguna Laaunillas, 2014

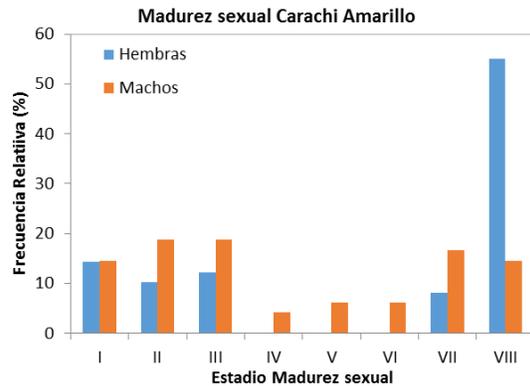


Fig. 10. Madurez sexual del Carachi amarillo– Laguna Laaunillas, 2014

- c) **Relación longitud peso.**- De los valores de LRP para “carachi amarillo” se estimó que del valor de “b” es mayor a 3 indicando que presenta un crecimiento alométrico positivo y que el 97% de la variación del peso es explicado por las variaciones de la talla y que 3% restante se atribuye a la alimentación y calidad del medio acuático. Además el valor de “b” indica que los peces adultos se encontraban en mejor condición somática con respecto a los peces juveniles (Fig. 11).

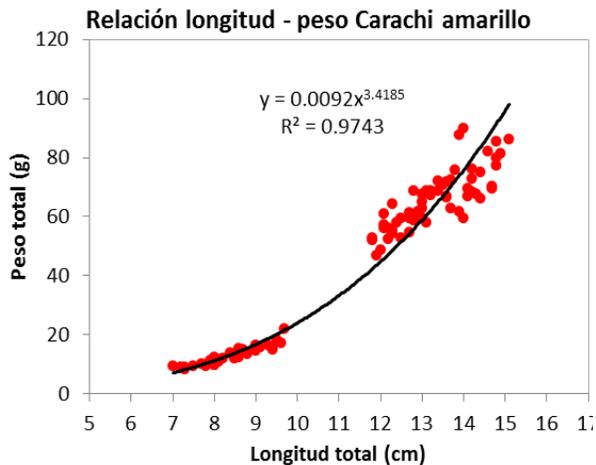


Fig. 11. RLP para Carachi amarillo– Laguna Laaunillas, 2014.

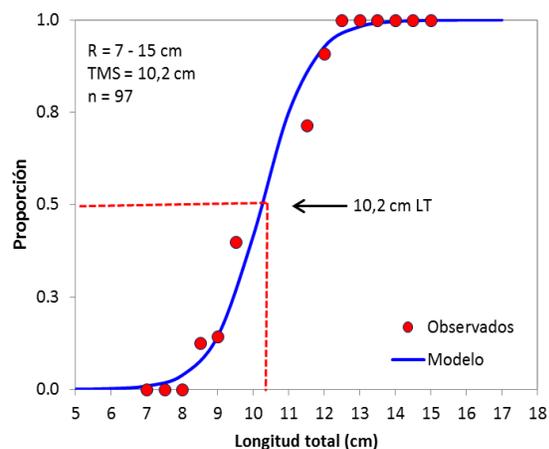


Fig. 12. Talla primera madurez sexual del carachi amarillo– Laguna Laaunillas, 2014

d) **Talla de primera madurez sexual.** La TPMS – a partir de 97 ejemplares de ambos sexo de carachi amarillo – se estimó en 10,2 cm LT para un rango de tallas de 7 – 15 cm muy similar a los ejemplares del Lago Titicaca (Fig. 12).

4.1.4.2. **Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*.**

a) **Composición por tamaños.-** A partir de un muestreo biométrico de 54 especímenes de “trucha arco iris” para un rango de longitud entre 13 y 29 cm de LT, se estableció una distribución multimodal, con moda principal en 24,5 cm LT y con longitud promedio de 21,8 cm LT (Fig. 13; Anexo 4).

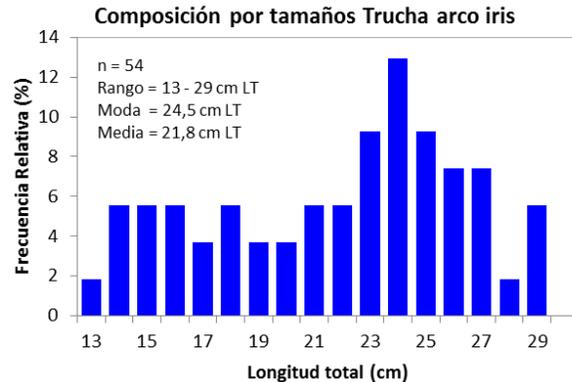


Fig. 13. Composición por tamaños de Trucha arco iris– Laauna Laaunillas. 2014

4.2. **DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIONES DE RECURSOS PESQUEROS**

La identificación de las áreas de distribución se realizó de acuerdo al protocolo acústico (CASTILLO ET. AL 2009), los colores seleccionados se utilizan para diferenciar las categorías de abundancia relativas: color verde para la categoría “muy dispersa”, amarillo “dispersa”, rojo “densa” y negro “muy densa”. La detección acústica se realizó en toda la columna de agua, la especie predominante en la zona evaluada fue el carachi amarillo. En el lado norte y noroeste de la laguna, se observan 2 importantes concentraciones con predominio “carachi amarillo”.

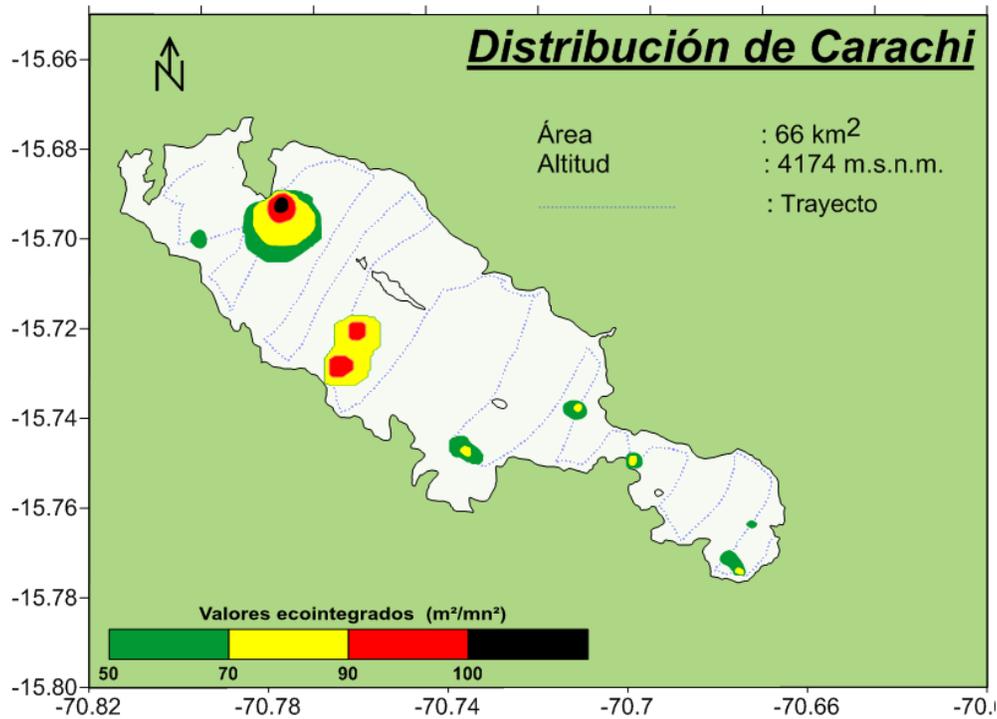


Fig. 14. Distribución y concentración de “carachi amarillo” de la Laguna Lagunillas, Mayo. 2014

Las mayores concentraciones “muy densas” de “carachi amarillo” se presentaron en la zona de mayor área de la laguna; es decir la zona norte con tres núcleos “muy densos”, asociados a las isobatas de 5 y 10 m de

profundidad, y a las zonas de mayor concentración de plantas acuáticas (llacho), otras concentraciones “muy dispersas” se ubicaron al sur y al noroeste de la laguna (Fig. 14).

La biomasa estimada fue de 28.227 kg, con un límite de confianza de  $\pm 2,08\%$ ; la mayor biomasa correspondió a la categoría “dispersa” con 16.092 kg (Tabla 03). En cuanto al área de concentración de este recurso se calculó una cobertura geográfica total de 1,62 mn<sup>2</sup> para el carachi (Tabla 03).

TABLA 03. Biomasa y áreas de distribución del recurso carachi amarillo de la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

CATEGORIA DE ABUNDANCIA		Biomasa (kg)	Area distribucion (mn <sup>2</sup> )
Muy disperso	1 a 50 m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	5052	0,03
Disperso	50 a 70 m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	16092	0,21
Denso	70 a 90 m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	6113	0,75
	> 100 m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	969	0,63
TOTAL (kilogramos)		28226	
TOTAL (mn <sup>2</sup> )			1,62
TOTAL (Km <sup>2</sup> )			5,55

En las capturas se determinó la presencia de “trucha arco iris” que representó un 28,2% de la captura total, los ejemplares capturados corresponderían a las fugas de la jaulas. En la presente evaluación no se determinó la biomasa de la “trucha arco iris” por no contar con la fuerza de blanco de la especie.

### 4.3. ASPECTOS LIMNOLÓGICOS

#### 4.3.1. Batimetría de la laguna

Se aplicó el método de interpolación de los puntos de profundidad y se elaboró el mapa batimétrico (Fig. 15). Para obtener el área y el perímetro de la laguna se utilizó una imagen satelital de Landsat-5. En la TABLA 3 se muestran las características e índices morfométricos estimados de acuerdo con HUTCHINSON (1957), HAKANSON (1981) y WETZEL & LIKENS (2010).

La morfometría de la Laguna Lagunillas está relacionada principalmente con su origen, historia y con las características geológicas de su cubeta. Estos condicionantes influyen a su vez en el comportamiento térmico, régimen hidrológico y dinámica de la misma. Presenta las mayores profundidades en la parte Sur-este que oscilan entre 20 y 53,4 m, mientras que al Nor-oeste se caracteriza por una pendiente que suave (< 10 m) que se extiende hasta el cauce del río Cerrillos.

En el mapa batimétrico detallado de la laguna, longitudinalmente se observa que está formada por dos cubetas, siendo la primera una cubeta grande, ancha y de pendiente con una profundidad máxima de 15 m y la segunda una cubeta angosta y profunda llegando hasta una profundidad máxima de 53,4 m. La profundidad relativa (Zr) se determinó en 1,7% valor que estaría influenciando relativamente sobre la estabilidad de la columna de agua debida por factores externos (sedimento de río Cerrillos, erosión de suelos).

El perfil longitudinal de la laguna mostró pendientes muy suave en la costa Nor-Oeste y pendiente muy fuerte en el sector Sur-este (Fig. 16). Mientras que en el perfil transversal (medio) del fondo se observa una pendiente muy suave casi simétrica a lo largo de los 5,55 km, con la mayor profundidad en la parte media (Fig. 16). La cubeta presenta una dirección de Nor-oeste a Sur-este.

Se estimó un área de 65,71 km<sup>2</sup> y un perímetro de 75,24 km, se considera un cuerpo de agua grande con una longitud máxima de 17,5 km, ancho medio y máximo entre 4,44 km y 5,55 km, respectivamente (Fig. 16). A través de área de laguna y la profundidad promedio se determinó un volumen de 0,99 km<sup>3</sup> y/o 990 MMC.

Estos parámetros pueden variar en función de las precipitaciones y la evaporación, debido a que las aguas de lagunillas son derivados para riego para las zonas bajas de los distritos de Cabana, Cabanilla y Mañazo.

TABLA 04. Parámetros morfológicos de la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

Parametros morfométricos	Unidad	Valores
Area de superficie (A)	km <sup>2</sup>	65,71
Perimetro (P)	km	75,24
Profundidad máxima (Z)	m	53,40
Profundidad media (z)	m	15,10
Coficiente entre profundidad media y máxima (z/Z)		0,28
Indice de la profundidad relativa $Zr = \frac{50 Z \sqrt{P}}{\sqrt{A}}$	%	1,7
Volumen de la laguna (V=A*Z)	km <sup>3</sup>	0,99
Longitud máxima (L)	km	17,50
Ancho media (W)	km	4,44
Ancho máximo (Wmax)	km	5,55
Relación entre longitud maxima y ancho medio (L/W)		3,94
Indice de desarrollo de costa $DI = \frac{P}{2\sqrt{P*A}}$		2,62

El valor de desarrollo de la costa se calculo en 2,62 lo que muestra cierta irregularidad de la línea de costa lo que refleja la forma elongada e irregular que presenta este cuerpo de agua. La zona Nor-oeste es mas amplia con respecto a la zona Sur-este que es angosta, y que estaría reflejando el potencial para el desarrollo de comunidades litorales es decir con alta producción biológica (WETZEL & LIKENS, 2010). El aporte de agua a la laguna es procedente de las lluvias (precipitación) y de aguas del río Cerillos que desembocan en la época de lluvia (enero-abril) en la zona de Pucacanchu.

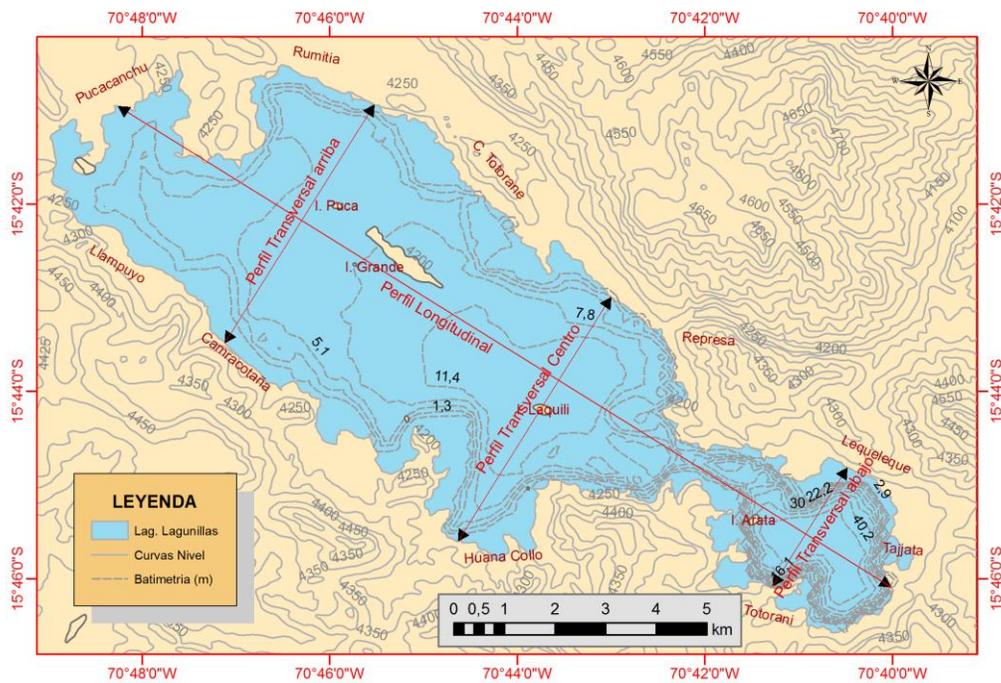


Fig. 15. Batimetría de la Laguna Lagunillas, Mayo 2014

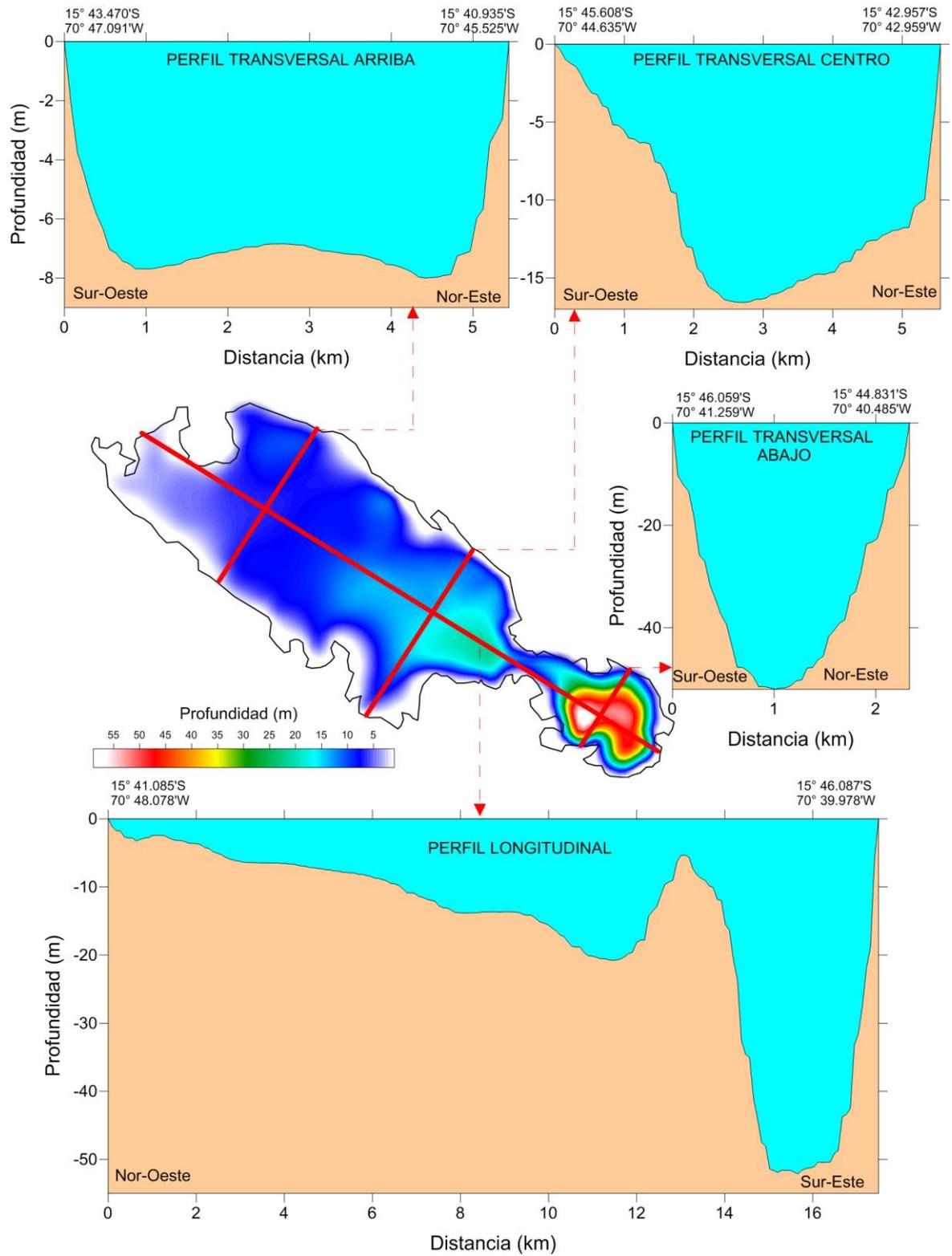


Fig. 16. Perfiles transversal y longitudinal de la Laguna Lagunillas, 2014.

## 4.3.2. Parámetros físicos y químicos

### 4.3.2.1. Temperatura.

La temperatura superficial media (8,5 °C) en zonas someras frente al río (Nor-oeste de la laguna) mostró una distribución térmica irregular debido principalmente a la proyección de masas de aguas frías provenientes de los deshielos de nevados de zonas altas de la cordillera, y los mayores contrastes térmicos (13,5 °C) se observaron al sureste de la laguna (Fig.17). Con respecto a la distribución vertical, en el epilimnion manifestaron variaciones nictemerales horarias, en las zonas poco profundas registró un periodo de mezcla y en zonas más profundas mostró una ligera estratificación (12,9°C en superficie y 10,3 °C en fondo), manifestó una gradiente ligeramente fluctuante con dos isotermas (Fig. 18; (Anexos 6 al 11).

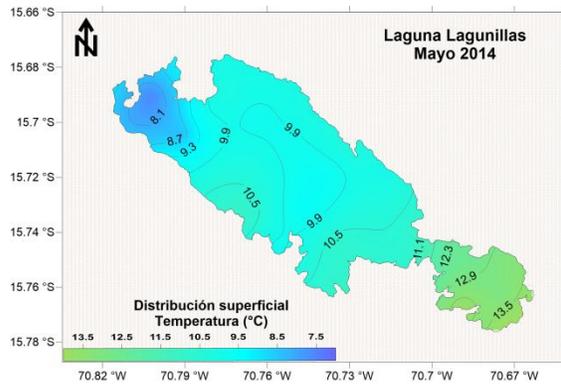


Fig. 17. Distribución superficial de la temperatura (°C). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

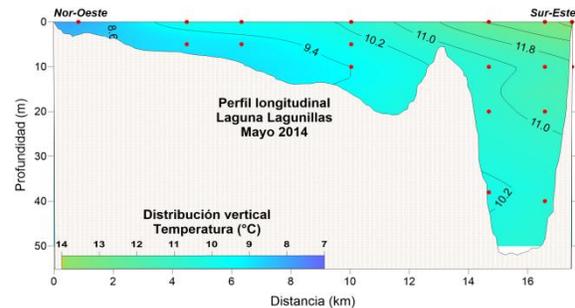


Fig. 18. Distribución vertical de la temperatura (°C). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 4.3.2.2. Oxígeno disuelto.

Las aguas superficiales registraron concentraciones de oxígeno disuelto entre 5,3 y 9,3 mg/L; los valores más altos presentaron al Nor-oeste de la laguna, explica el aumento de solubilidad del oxígeno que acompaña la disminución de la temperatura del agua, y la actividad fotosintética fitoplanctónica (Fig. 19). La distribución vertical del oxígeno disuelto fue fluctuante (Fig. 20), en zonas someras presentó una difusión de gas casi homogénea (mezcla vertical), al Sur-este de la laguna en la columna de agua registró concentraciones medias de 5,7 mg/L (superficie) y 0,7 mg/l (fondo 40 m), expresó una moderada dispersión. (Anexo 7, 8, 9, 10 y 11).

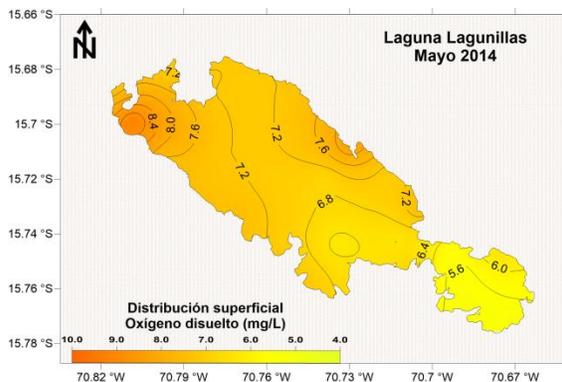


Fig. 19. Distribución superficial del oxígeno disuelto (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

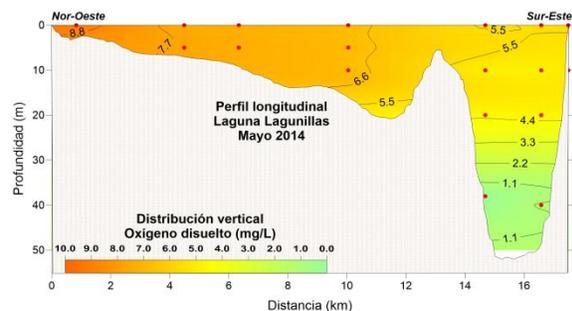


Fig. 20. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

#### 4.3.2.3. Dióxido de carbono.

La distribución superficial de CO<sub>2</sub> varió desde ND (frente al río Cerillos, al Nor-oeste) hasta 3,0 mg/L al Sur-este (Fig. 21) y a nivel vertical en zonas someras (5 m profundidad) fue homogénea, hacia el Sur-este de la laguna la distribución vertical del CO<sub>2</sub>, mostró rangos medios entre 1,7 mg/L (superficie) y 5,5 mg/L hasta los 40 m de profundidad (Fig. 22); los registros altos pueden estar asociados a ambientes ricos en materia orgánica, probablemente por presentar una respiración bacteriana muy baja (Anexos 6 al 11).

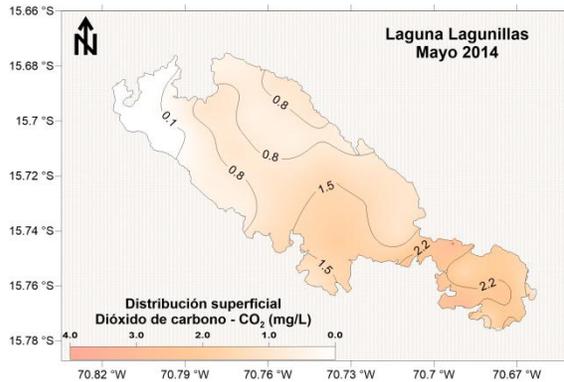


Fig. 21. Distribución superficial del dióxido de carbono (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

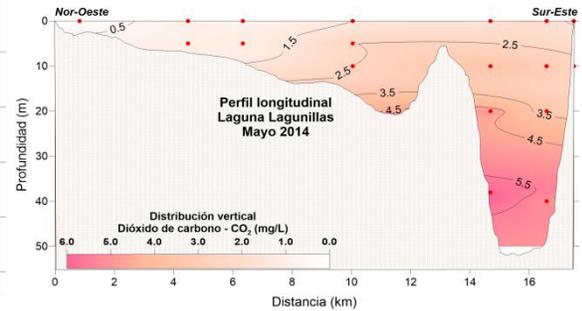


Fig. 22. Distribución vertical del dióxido de carbono (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

#### 4.3.2.4. pH.

La distribución del pH indicó una tendencia alcalina, en superficie registro valores entre 8,6 y 9,6 con una media de 9,0 unidades (Fig. 23); mostró una ligera homogeneidad en toda la laguna, con excepción en la zona Nor-oeste (frente al río Cerillos) con presencia de macrófitas y microalgas fue alto (>9,0) así como la distribución vertical en zonas poco profundas manifestó una forma lineal ( $\bar{x}=9,1$ ); muy probablemente por la alta productividad primaria que posiblemente hace uso del CO<sub>2</sub> y predomina las formas de carbonatos y bicarbonatos. En la zona más profunda hasta los 40 m, la distribución vertical del pH fluctuó entre 8,7 (superficie) y 8,2 en el hipolimnion (Fig. 24); conforme aumenta la profundidad el descenso del pH fue ligero, y su lenta restitución al medio por la respiración de las bacterias descomponedoras (casi anoxia), de Hoyos, 1996 (Anexos 6 al 11).

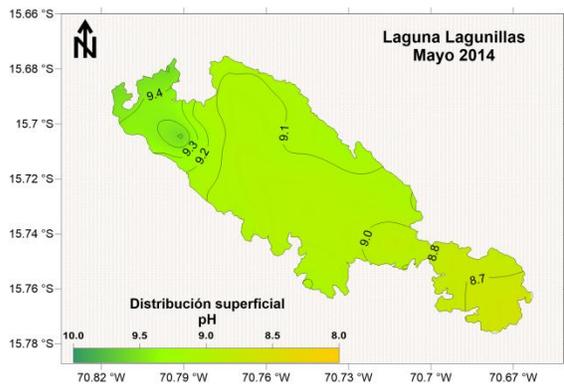


Fig. 23. Distribución superficial del pH. Laguna Lagunillas. Mayo 2014

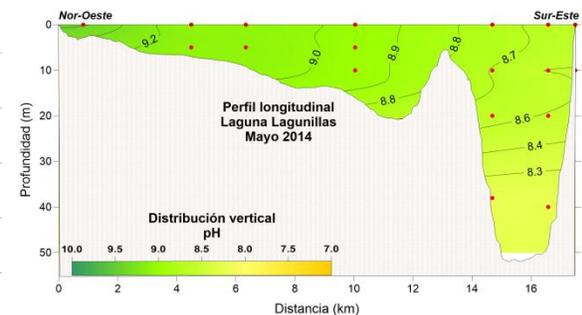


Fig. 24. Distribución vertical del pH. Laguna Lagunillas. Mayo 2014

#### 4.3.2.5. Conductividad eléctrica y cloruros

Los cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) en superficie registraron concentraciones medias homogéneas (218,1mg/L) y a nivel vertical mostro una distribución fluctuante ( $\bar{x}=213,9$  mg/L). La conductividad eléctrica presentó valores medios de 959,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; probablemente a la leve presencia de sales iones (Anexos 6 al 11).

#### 4.3.2.6. Alcalinidad y dureza

Las concentraciones de alcalinidad total expresado en  $\text{CaCO}_3$  mostraron tendencias fluctuantes, en superficie presentó una media de 116,3 mg/L y en columna de agua hasta 40 m denotó ligera dispersión ( $\bar{x}=122,1$  mg/L). La dureza total en superficie presentó una media de 156,7 mg/L y la distribución vertical fue ligeramente oscilante ( $\bar{x}=152,2$  mg/L); indican aguas medianamente duras la totalidad de bases se presentaron en forma de bicarbonatos (Wetzel, 1981), probablemente a una leve meteorización geológica. (Anexos 6 al 11).

#### 4.3.2.7. Concentración de nitrógeno.

Las concentraciones evaluadas fueron fluctuantes. Los valores de nitritos presentaron moderada variabilidad, a nivel superficial mostró una media de 0,005 mg/L y la distribución vertical en zona profunda fue casi uniforme ( $\bar{x}=0,007$  mg/L). Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en la superficie mostró una ligera dispersión con una media de 0,034 mg/L con mayor intensidad se presentó en la línea de costa al Sur-este de la laguna (Fig. 25). A nivel vertical en zonas poco profundo mostraron concentraciones casi homogéneas ( $\bar{x}=0,039$  mg/L), a mayores profundidades (40 m) registró valores medios de 0,082 mg/L (Fig. 26).L (Fig. 27b; Anexos 6 al 11).

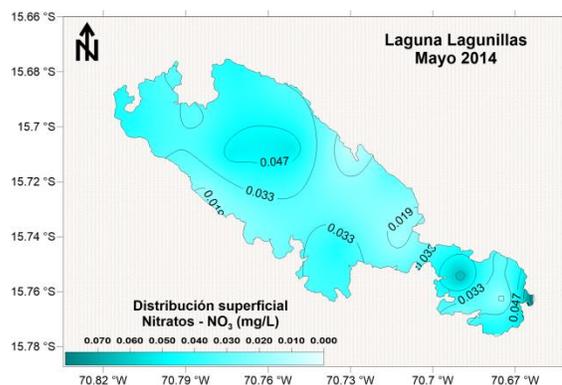


Fig. 25. Distribución superficial de nitratos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

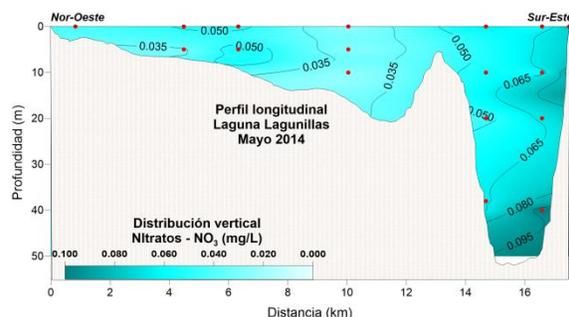


Fig. 26. Distribución vertical de nitratos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

Con respecto a la distribución del **nitrógeno total** (N-T) manifestó ligeras oscilaciones, a nivel superficial presentó una media de 0,68 mg/L, con mayores concentraciones en zonas poco profundas al noroeste (Fig. 27). En columna de agua hasta 40 m de profundidad fue ligeramente homogénea ( $\bar{x}=0,039$  mg/L) expresó ligera variabilidad (Fig. 28). Según la norma peruana de ECA los valores determinados de nitrógeno total se encuentran por debajo del valor máximo de concentración (1,6 mg/L) (Anexos 6 al 11).

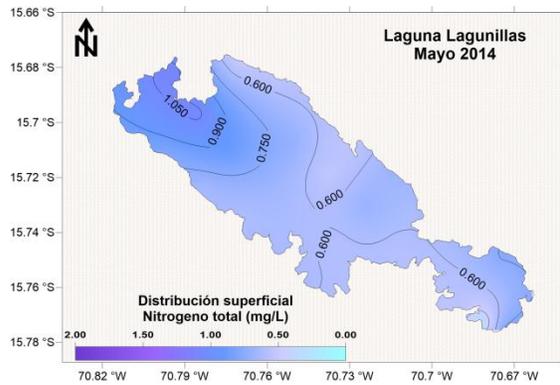


Fig. 27. Distribución superficial de nitrógeno total (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

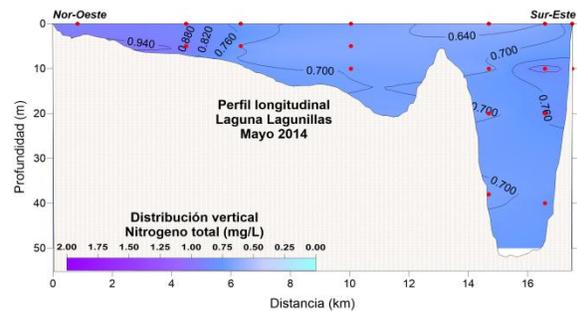


Fig. 28. Distribución vertical de nitrógeno total (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.8. Silicatos ( $\text{SiO}_2$ ).

Las variaciones de las concentraciones de silicatos fueron moderadas, a nivel superficial (Fig. 29) se observó un progresivo aumento hacia el Suroeste y leve disminución en zonas iluminadas ( $\bar{x}=0,230$  mg/L), a nivel vertical presentó una gradiente ligeramente homogénea ( $\bar{x}=0,375$  mg/L) Fig. 30; probablemente al entrar al periodo de mezcla (invierno) devuelve al epilimnion la sílice para el crecimiento de las diatomeas (De Hoyos, 1996) (Anexos 6 al 11).

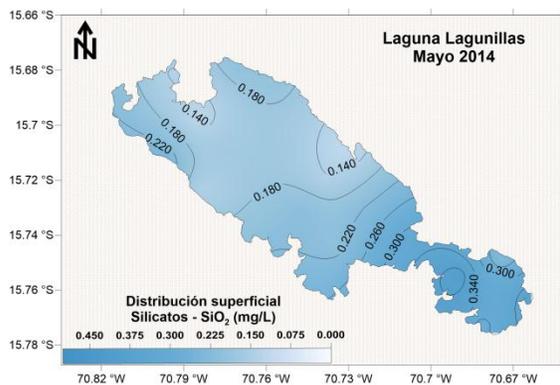


Fig. 29. Distribución superficial de silicatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

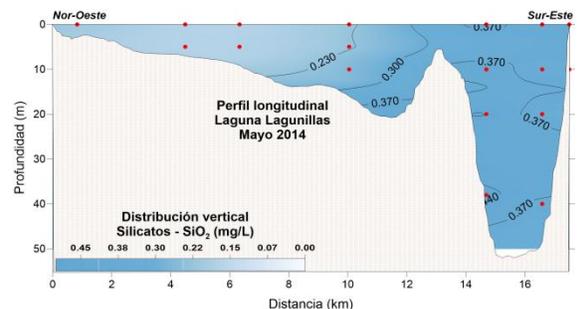


Fig. 30. Distribución vertical de silicatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.9. Sulfatos ( $\text{SO}_4$ )

Uno de los aniones que abundan son los sulfatos, probablemente son propias de la geología de la laguna, debido a la meteorización que sufren las rocas. Las concentraciones de los sulfatos a nivel superficial (Fig. 31) mostraron una variabilidad moderada ( $\bar{x}=62,11$  mg/L) y a nivel vertical (Fig. 32) hasta los 40 m de profundidad se presentó casi homogénea ( $\bar{x}=72,80$  mg/L) (Anexos 6 al 11).

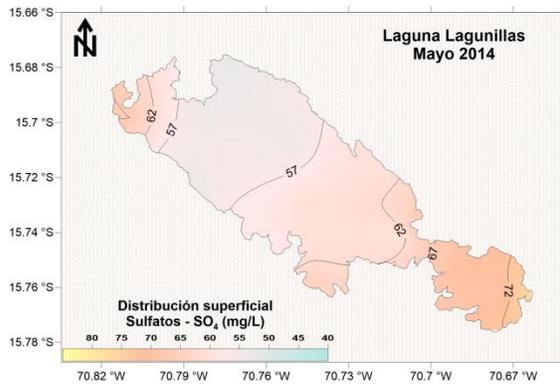


Fig. 31. Distribución superficial de sulfatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

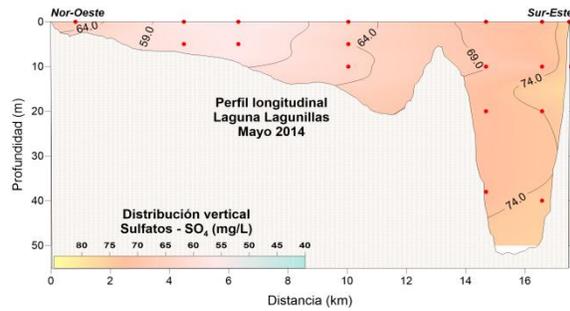


Fig. 32. Distribución vertical de sulfatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.10. Clorofila

Mostró tendencias fluctuantes, en la superficie registró concentraciones medias de 2,59 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 33), en zonas poco profundas presentó máxima concentración (>2,5 mg/m<sup>3</sup>), en la columna de agua denotó una tendencia espacial oscilante con una media de 2,70 mg/m<sup>3</sup> presentándose núcleos con máxima concentración de 3,88 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 34); indica una actividad fotosintética fitoplanctónica.) (Anexos 6 al 11).

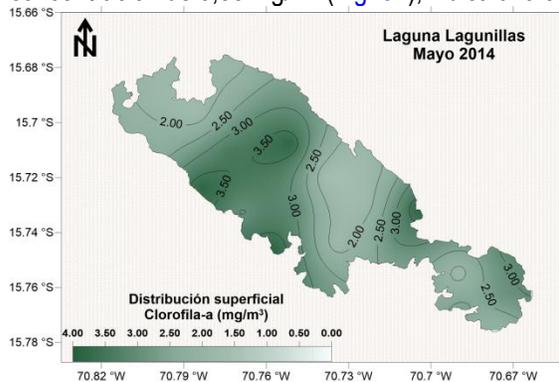


Fig. 33. Distribución superficial de clorofila-a (mg/m³). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

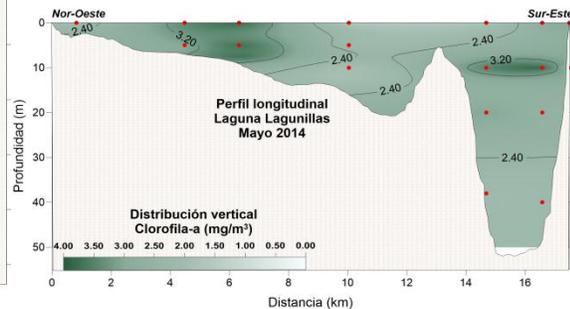


Fig. 34. Distribución vertical de clorofila-a (mg/m³). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.11. Fosfatos.

La distribución superficial de fosfatos (PO<sub>4</sub>) presentó un valor promedio de 0.162 mg/L alcanzando su máxima concentración (0,264 mg/l) al Sur-este de laguna (Fig. 35), a nivel vertical la distribución de los fosfatos en zonas someras fue casi homogénea ( $\bar{x}$  = 0,186 mg/L), en la parte más profunda la columna de agua mostró tendencias oscilante con una media de 0,159 mg/L (Fig. 36; Anexos 6 al 11). Según la norma peruana de ECA para conservación del ambiente acuático, los valores de fosfatos se encuentran por debajo del valor máximo de concentración (0,4 mg/L).

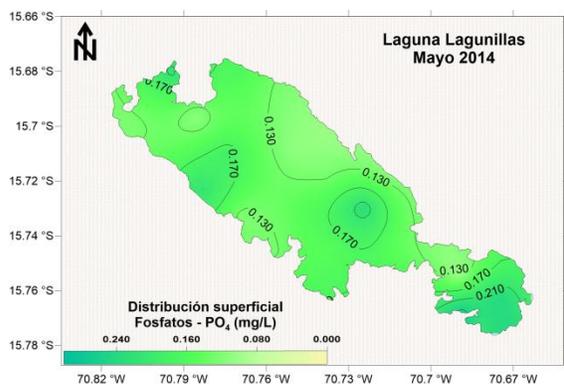


Fig. 35. Distribución superficial de fosfatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

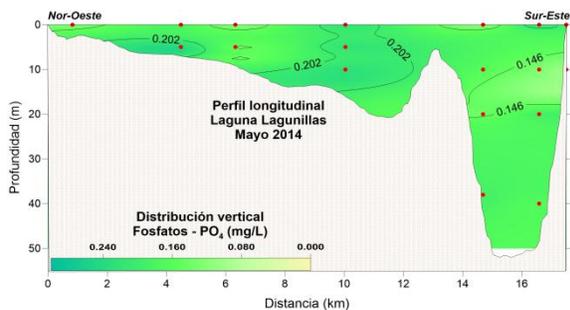


Fig. 36. Distribución vertical de fosfatos (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.12. Fosforo total.

Las concentraciones de fósforo total (P-T) a nivel superficial registró una media de 0,83 mg/L, con valores máximos >1,00 mg/L (sureste de la laguna) y la mínima (< 0,70 mg/L) en zonas con presencia de macrófitas y microalgas (Fig. 37). Con respecto a la distribución vertical mostró una columna casi homogénea ( $\bar{x}$ =0,44 mg/L) en zonas someras y en la parte más profunda fue fluctuante registró valores >1,20 mg/L (Fig. 38); en zonas donde se ejerce la actividad truchícola las concentraciones de fósforo fueron altas (Anexos 6 al 11).

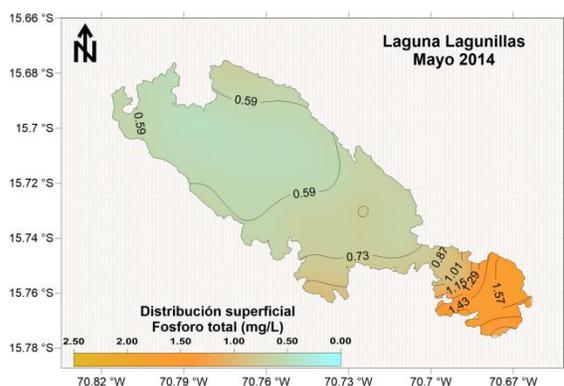


Fig. 37. Distribución superficial del fósforo total (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

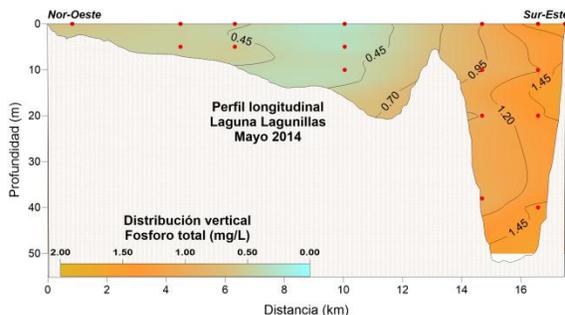


Fig. 38. Distribución vertical del fósforo total (mg/L). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

### 2.3.2.13. Sólidos suspendidos totales (SST).

Denotó una tendencia espacial moderadamente variable, registró una media de 13,32 mg/L con una mínima de 2,33 mg/L y una máxima de 24,00 mg/L (Anexos 6 al 11). Según la norma peruana de ECA para conservación del ambiente acuático, los valores de SST se encuentran por debajo del valor máximo de concentración (<25 mg/L).

### 2.3.2.14. Transparencia.

Medida al disco Secchi, permite conocer el nivel de penetración de la luz, en zona litoral registró una heterogeneidad, presentó rangos entre 2,5 m y 6,2 m, mostró valores altos en zonas más profundas. (Anexos 6 al 11).

### 4.3.3. Aspectos de viento y corriente de agua en Laguna Lagunillas

#### 4.3.3.1. Viento

Los valores de velocidad y dirección de viento fueron facilitados por SENAMHI Puno de la estación de Lagunillas (15°46'4,8"S; 70°39'40,68"W, altitud de 4250msnm) de una frecuencia horaria. La dinámica de los vientos para el periodo de estudio la Laguna Lagunillas se caracterizó en tres momentos: primero los vientos entre 6:00 am y 12:00 pm tienen predominancia con dirección hacia Sur-este con una velocidad máxima de hasta 3 m/s, a partir de 1:00 pm a 7:00 pm se intensifica en velocidad y cambia de dirección hacia el Norte y Nor-este con una velocidad máxima de 7 m/s y en horas de la noche (8:00 pm – 5:00 am) se debilita los vientos con dirección hacia Sur-este con una velocidad máxima de hasta 4 m/s (Fig. 39).

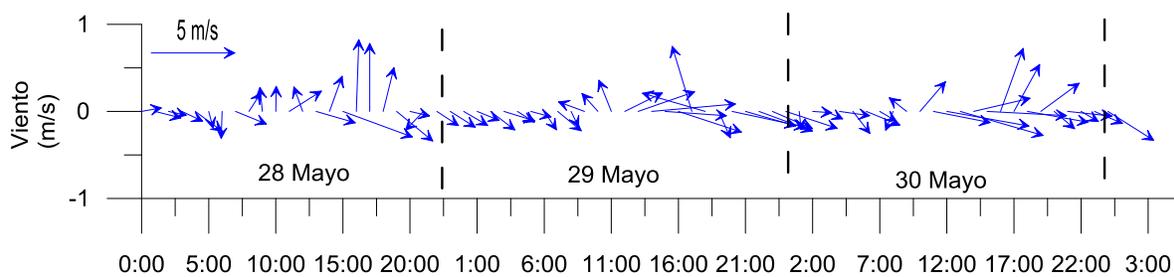


Fig. 39. Dirección y velocidad de viento de la estación de Lagunillas (SENAMHI Puno)

#### 4.3.3.2. Movimiento de masas de agua.

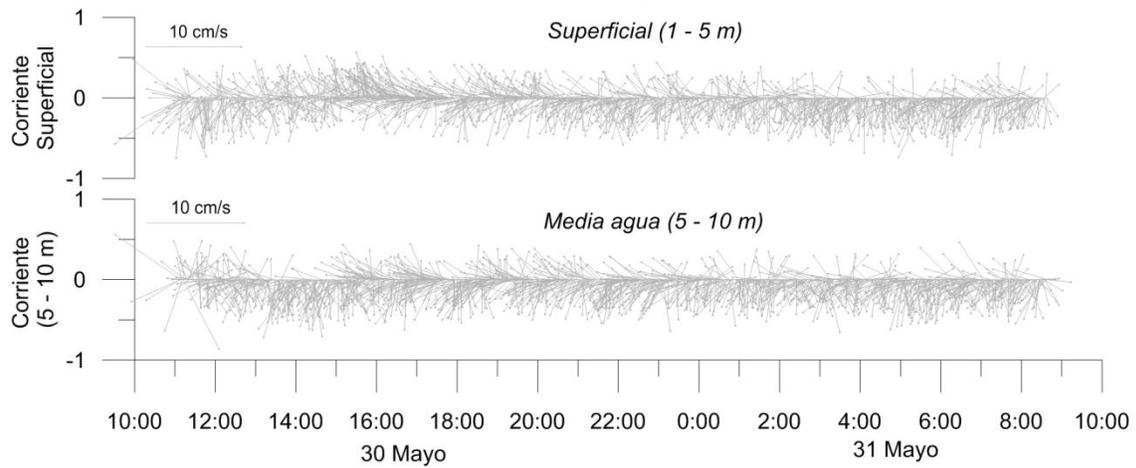
Los registros de corriente de agua se obtuvieron con un correntómetro modelo SonTek Argonaut-XR 750 MHz instalado en tres zonas de la laguna a diferentes profundidades y en diferentes periodos (72 días) (Tabla 2). Los flujos de agua (corriente) observados en las estaciones no mostraron una dirección definida. Para la zona de Chacra (estrecho) a nivel superficial presentó valores corriente de 0,1 a 11,3 cm/s ( $\bar{x}=3,4 \pm 1,8$  cm/s) y la predominancia de aguas con dirección hacia Sur y Sur-oeste; mientras en capa media (5-10 m) una velocidad promedio de  $2,7 \pm 1,6$  cm/s y con dirección hacia Norte.

Para la zona de Isla Laquili a nivel de capa superficial (1 – 5m) se determinó velocidades entre 0,1 y 11,5cm/s ( $\bar{x}= 2,7 \pm 1,4$  cm/s) y la dirección de masas de agua con predominancia hacia Sur, Oeste y Norte; mientras, en la capa una velocidad promedio de  $2,5 \pm 1,6$  cm/s.

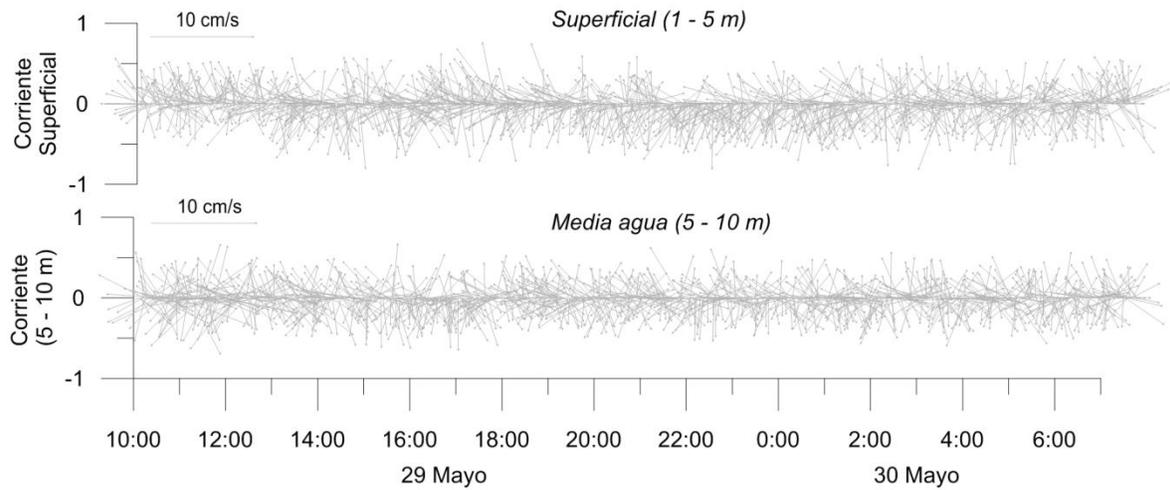
Una tercera estación se evaluó cercanía de Isla Grande (Rumitía) donde se estableció un rango entre 0,1 y 13,9 cm/s y una media de  $3,3 \pm 1,8$  cm/s y la dirección de masas de agua fue hacia Sur-oeste, Oeste y Sur; mientras, en la capa media con dirección hacia Sur-Oeste y una velocidad promedio de  $3,1 \pm 1,6$  cm/s. en esta zona se determinó los mayores valores de corriente.

La dinámica de movimiento de masas de agua de Laguna Lagunillas estaría influenciando en la dinámica de vientos locales y la topografía en la primera capa de masa de agua (5 m) con repercusión en los estratos medios.

DINAMICA DE MASAS DE AGUA EN ZONA DE ISLA GRANDE - LAGUNILLAS  
 Latitud: 15° 42,819'; Longitud: 70° 45,974'



DINAMICA DE MASAS DE AGUA EN ZONA DE ISLA LAQUILI - LAGUNILLAS  
 Latitud: 15° 44,239'; Longitud: 70° 43,865'



DINAMICA DE MASAS DE AGUA EN ZONA DE CHACRA - LAGUNILLAS  
 Latitud: 15° 44,887'; Longitud: 70° 42,021'

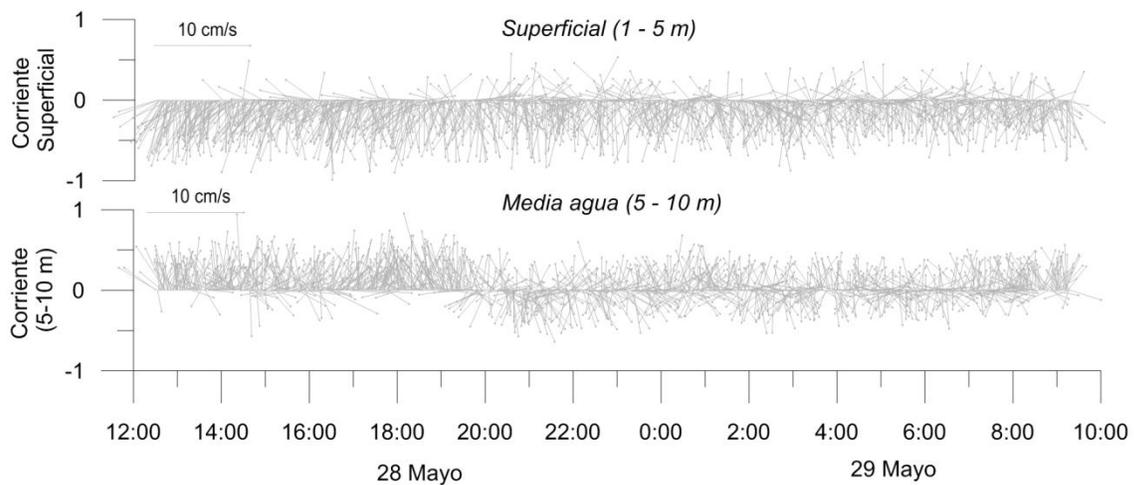
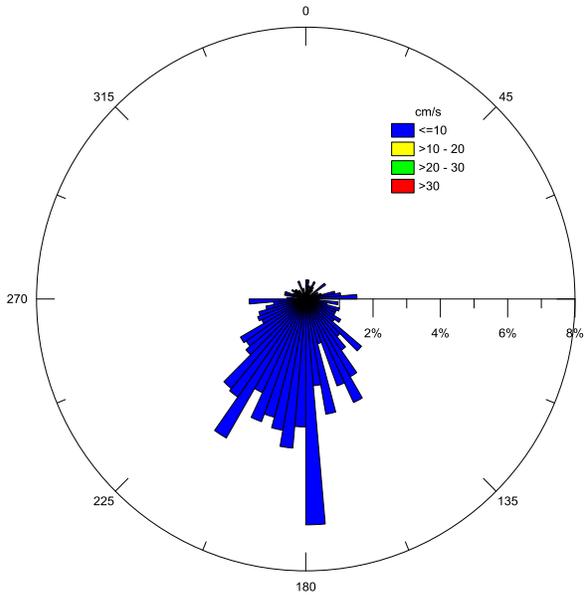
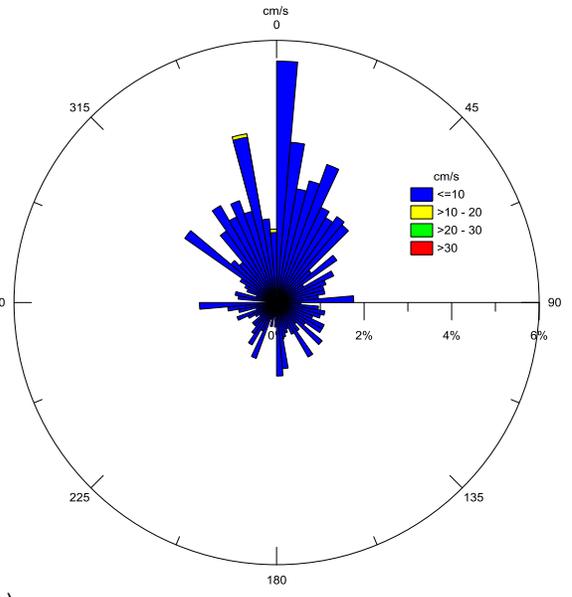


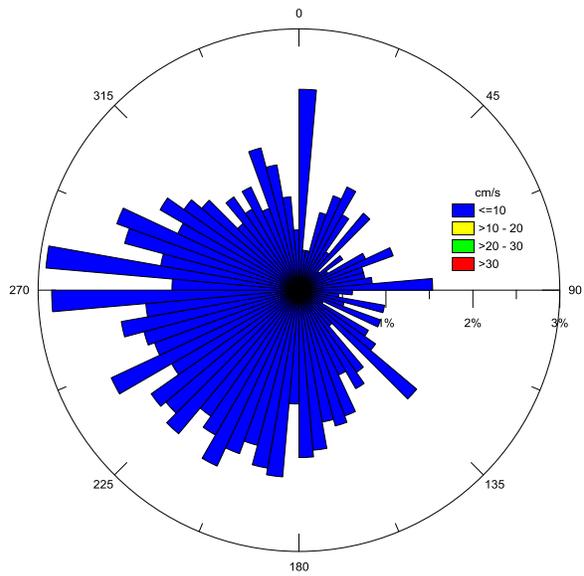
Fig. 40. Serie de tiempo de aspectos climáticos y corrientes de la Laguna Lagunillas, 2014.



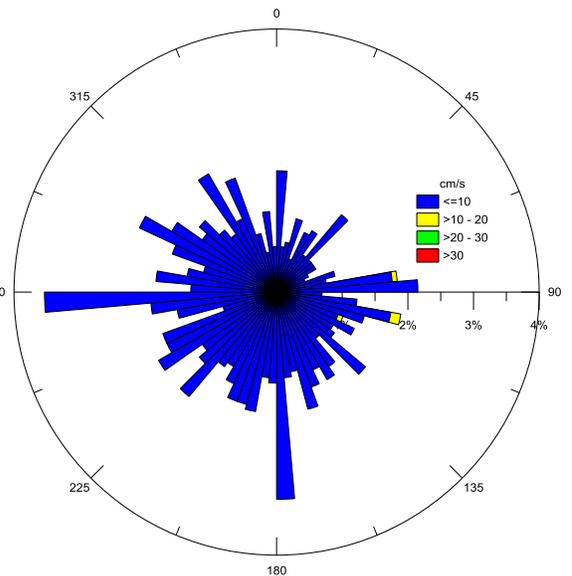
(a) **Zona Chacra (estrecho) – Superficie (1-5m)**  
 Velocidad corriente: Media =  $3,4 \pm 1,8$  cm/s  
 Max = 11,3 cm/s y Min = 0,1 cm/s



(b) **Zona Chacra (estrecho) – Media (5-10m)**  
 Velocidad corriente: Media =  $2,7 \pm 1,6$  cm/s  
 Max = 9,8 cm/s y Min = 0 cm/s



(c) **Zona Isla Laquili – Superficie (1-5m)**  
 Velocidad corriente: Media =  $2,7 \pm 1,4$  cm/s  
 Max = 11,5 cm/s y Min = 0,1 cm/s



(d) **Zona Isla Laquili – Media (5-10m)**  
 Velocidad corriente: Media =  $2,5 \pm 1,6$  cm/s  
 Max = 9 cm/s y Min = 0 cm/s

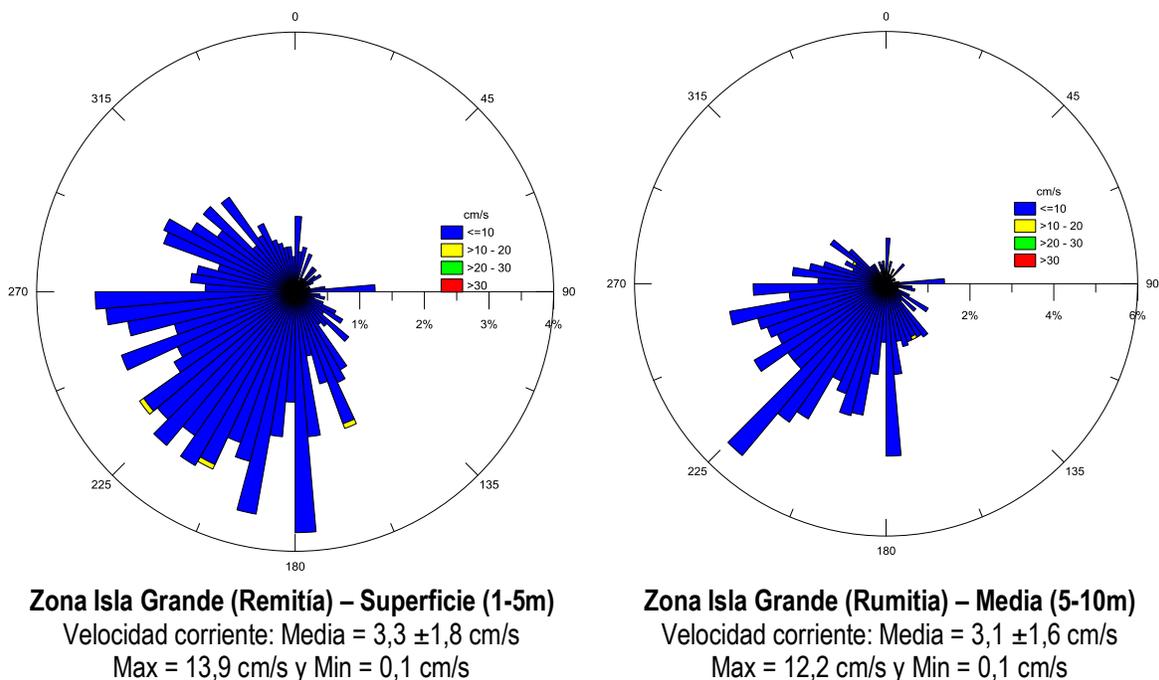


Fig. 41. Diagrama de resumen dirección y velocidad de masas (corriente) de agua a nivel superficial y media de la Laguna Lagunillas, 2014.

#### 4.3.4. Oligoelementos y metales pesados en tejido de peces

Se determinó la presencia de oligoelementos y de metales pesados en la musculatura de peces capturados en la Laguna Lagunillas, las muestras corresponden a “carachi amarillo” y “trucha arco iris”. Los análisis fueron realizados por la empresa Laboratorios Analíticos del Sur SAC determinándose los siguientes valores tal como se observa en la Tabla 05.

De los resultados se determinó la presencia de arsénico para “carachi amarillo” y “trucha arco iris” que se encuentran por encima del límite máximo permisible - LMP (0,1 mg/L) según la norma de EAST AFRICAN STANDARD: Fresh and frozen fin fish - Part 1: Whole fish - Specification CD/K/513:2010 ICS 67.120.30 (BRICEÑO & MONTOYA 2012). Asimismo, se determinó concentración elevada de plomo para “carachi amarillo” capturada en Isla Grande (Rumitía).

La presencia de arsénico en “carachi amarillo” y “trucha” estaría asociado por la erosión de las áreas rocosas con concentraciones de varios minerales especialmente del elemento arsénico, ya que este elemento se encuentra en más de 200 especies de minerales entre ellos arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ), la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y la tennantita ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ ), además las fuentes de exposición de este metal son entre otras las plaguicidas, pinturas, preservadores de la madera, la industria del vino y de los componentes electrónicos. Mientras, el plomo tendría un origen natural o por el uso de combustible y lubricantes para los motores de fuera de borda de las embarcaciones pesqueras (Botes).

TABLA 05. Valores de concentraciones de oligoelementos y metales pesados en la musculatura de peces capturados en Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

Nombre Especie	Orestias luteus "Carachi Amarillo"			Oncorhynchus mykiss "Trucha"			Limite Maximo Permissible (*)
	Zona	Represa	Isla Grande	Pucara	Represa	Isla Grande	
Latitud	15° 44.171'S	15° 42.625'S	15° 45.169'S	15° 44.171'S	15° 42.625'S	15° 45.169'S	
Longitud	70° 43.719'W	70° 45.471'W	70° 43.817'W	70° 43.719'W	70° 45.471'W	70° 43.817'W	
Oligoelementos y metales pesados <sup>(a)</sup>							
Plata	Ag (mg/kg)	< 0,048	< 0,048	< 0,048	< 0,048	< 0,048	< 0,048
Aluminio	Al (mg/kg)	2,5	0,97	< 0,58	2,8	2,2	< 0,58
Arsenico	As (mg/kg)	<b>0,756</b>	<b>0,527</b>	<b>0,822</b>	<b>0,294</b>	<b>0,315</b>	0,068
Boro	B (mg/kg)	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11
Bario	Ba (mg/kg)	0,3931	0,3082	0,5064	< 0,013	0,0342	0,0271
Berilio	Be (mg/kg)	< 0,0016	0,00183	< 0,0016	0,00211	0,00242	0,0018
Calcio	Ca (mg/kg)	4100	2700	4700	620	520	760
Cadmio	Cd (mg/kg)	< 0,0022	0,0143	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022
Cerio	Ce (mg/kg)	< 0,019	< 0,019	< 0,019	0,01308	0,01932	0,01124
Cobalto	Co (mg/kg)	0,1327	0,167	0,2313	0,0335	0,4022	0,0724
Cromo	Cr (mg/kg)	1,1	0,789	0,795	1,12	0,986	1,41
Hierro	Fe (mg/kg)	10	8,7	11	3,2	6,4	5,1
Potasio	K (mg/kg)	9500	11000	10000	11000	12000	12000
Litio	Li (mg/kg)	0,0982	0,0848	0,094	0,0675	0,0477	0,0846
Magnesio	Mg (mg/kg)	730	830	860	830	940	960
Manganeso	Mn (mg/kg)	2,119	1,776	4,022	0,3209	0,2281	0,3999
Molibdeno	Mo (mg/kg)	0,0612	0,0656	0,0909	< 0,0076	< 0,0076	< 0,0076
Sodio	Na (mg/kg)	4100	4000	3900	1400	1600	1600
Niquel	Ni (mg/kg)	0,032	< 0,01	0,022	< 0,01	0,027	< 0,01
Fosforo	Mg (mg/kg)	7800	8200	9400	8200	9400	9500
Plomo	Pb (mg/kg)	< 0,052	<b>0,595</b>	< 0,052	< 0,052	0,232	0,133
Antimonio	Sb (mg/kg)	0,0921	0,2625	0,0164	0,2049	1,522	< 0,0098

(a) Servicios Analíticos Generales SAC con numero de acreditacion 174.2010/SNA INDECOPI y registro LE-047

(\*) EAST AFRICAN STANDARD: Fresh and frozen fin fish - Part 1: Whole fish - Specification CD/K/513:2010 ICS 67.120.30

#### 4.4. COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA

##### 4.4.1. Fitoplancton

##### 4.4.1.1. Composición total y riqueza específica

Se registró un total de 63 géneros de fitoplancton, representados en 5 grupos taxonómicos: Las Chlorophytas que representan el 53,6%, Bacillariophyta el 40,6%, Cyanophyta el 5,5%, las Cryptophytas con 0,3% y las Pyrrophytas con 0,04%. Respecto al número de géneros Las Chlorophytas presentan con 30 géneros, Bacillariophyta con 16 géneros, Cyanophyta con 14 géneros, las Cryptophytas con 1 género y las Pyrrophytas con 1 género. (Fig. 42).

Las estaciones de muestreo E10, E04, E28, E01 y E12 presentaron el mayor número de géneros presentes (21,0%, 17,85%, 10,71%, 8,32% y 8,15%

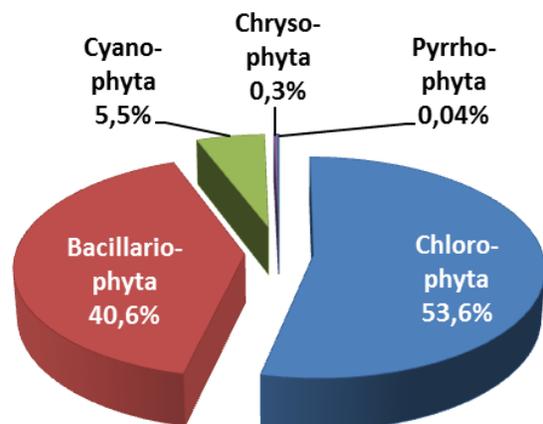


Fig. 42. Composición en porcentaje de la comunidad fitoplanctónica, Laguna Lagunillas, 2014

respectivamente cada una), seguido de las estaciones E18, E15, E25, E08 y E03 con (6,58%, 6,33%, 5,69%, 5,47%, 5,0% respectivamente) las estaciones con menos géneros fueron E21 y E06 (2,69% y 1,91% respectivamente). Anexo 12.

#### 4.4.1.2. Abundancia relativa de fitoplancton

La especies más abundantes fueron el *Closterium aciculare* con el 36,70% del total de individuos, seguido de *Fragilaria* sp con 25,49%, *Coconeis* sp. 4,10%, *Gomphosphaeria* sp. 3,95%, *Closterium* sp 3,76%, *Cymbella* sp con 2,65%, *Synedra* sp. 2,51%, *Sphaerocistys* sp. 2,49% y *Gloeocystis* sp. 2,20% y en mínima proporción *Stephanodiscus* sp. 1,76%, *Dictiosphaerium* sp. 1,29, *Diploneis* sp.1,23%, *Clamidocapsa* sp. 1,07%, *Navicula* sp. 1,06%.

Respecto a la abundancia relativa por grupos taxonómicos, La Clase **Bacillariophyta** y **Chlorophyta** fueron predominantes en las 12 estaciones de muestreo, esto indica que son los principales representantes de la composición fitoplanctónica en Lagunillas, seguido de las **Cyanophytas**. (Fig. 43).

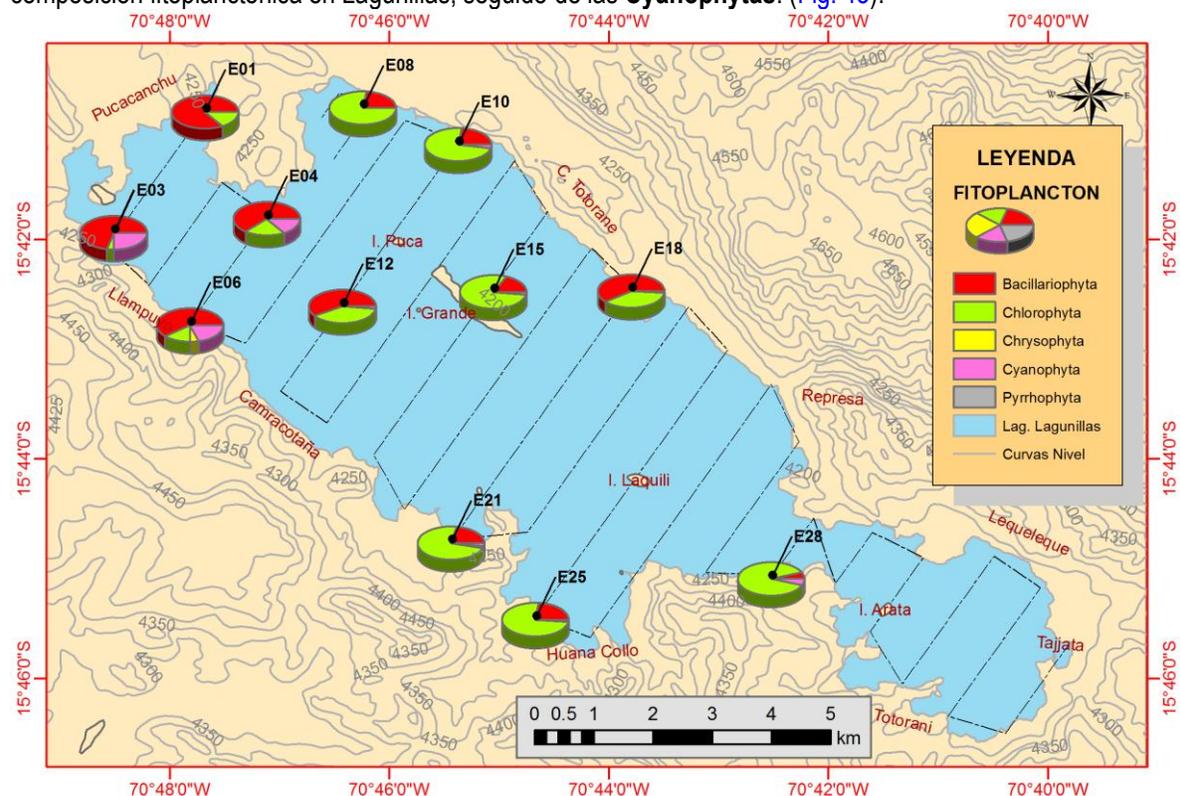


Fig.43. Abundancia relativa por grupos taxonómicos del fitoplancton en Laguna Lagunillas, (Mayo 2014).

#### 4.4.1.3. Abundancia del fitoplancton

Las estaciones de muestreo con mayor concentraciones en volumen total de fitoplancton por encima del promedio general fueron (Fig. 44): E10 con 15.505 ind/m<sup>3</sup>, E04 con 13.280 ind/m<sup>3</sup>, E28 con 8.758 ind/m<sup>3</sup>, las estaciones con menor concentraciones en volumen total de fitoplancton fueron: E03 con 5.706 ind/m<sup>3</sup>, seguido de la estación E08 con 4.790 ind/m<sup>3</sup> (Anexo 12).

#### 4.4.1.4. Análisis comunitario

Diversidad, dominancia, equidad y similaridad.

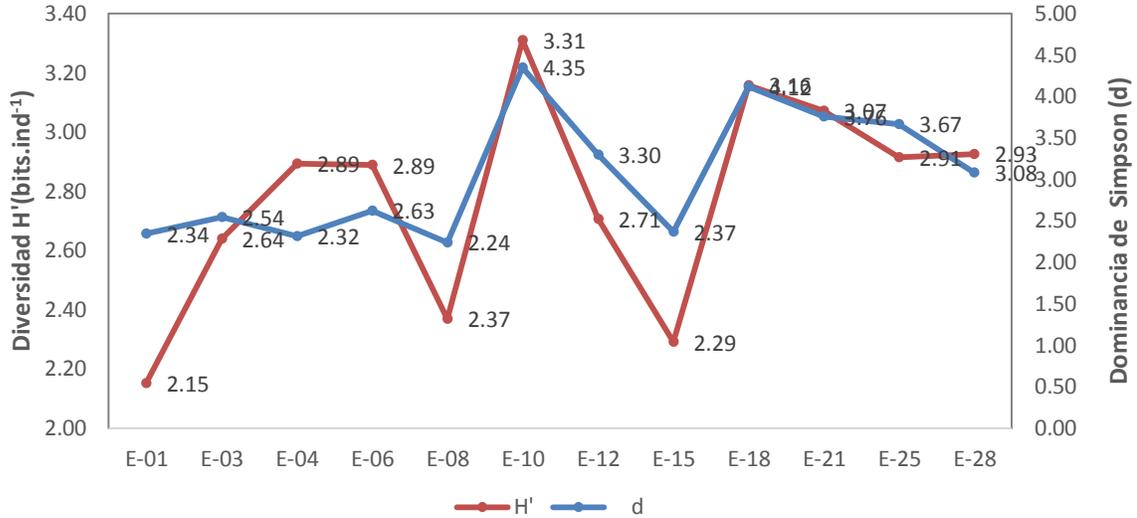


Fig. 44 Distribución de la diversidad del fitoplancton en las estaciones.

Dentro del registro de la diversidad, el máximo valor de diversidad se registró en la estación E-10, con 3,31 bits.ind<sup>-1</sup> y el más bajo en la estación E-01 con 2,15 bits.ind<sup>-1</sup> (Fig. 44). La diversidad esta inversamente relacionada con la dominancia de las especies, es decir que a mayor número de individuos de una especie (Fig. 45).

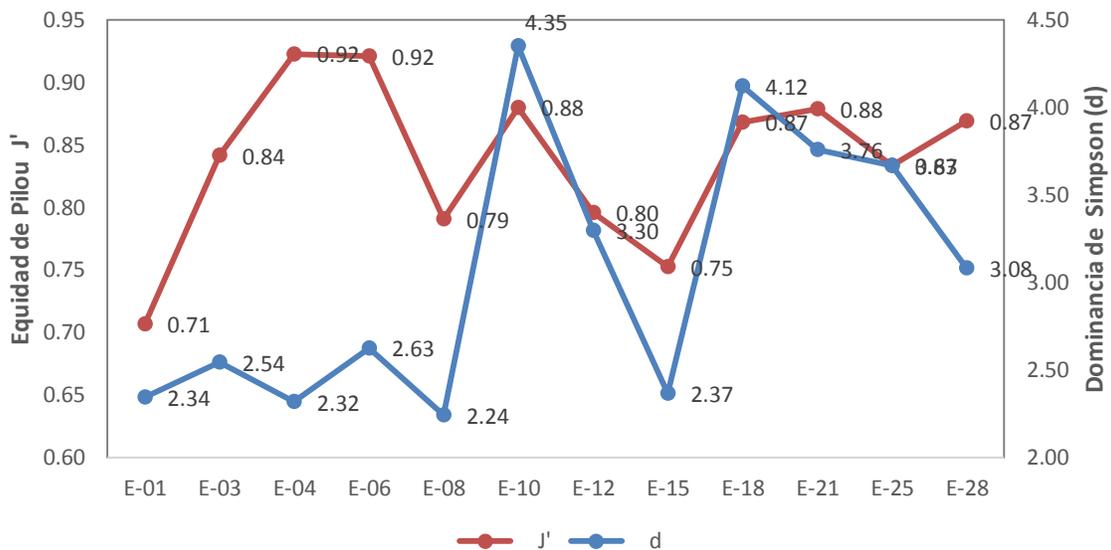


Fig. 45. Relación entre Equidad y Dominancia del fitoplancton en las estaciones.

También este valor de diversidad refleja un número considerablemente bajo de especies para la zona de estudio y una distribución moderadamente homogénea de las especies, lo que se reflejó en la prevalencia de

bajos valores de la dominancia de Simpson (D), en el cual el grupo dominante fue las **Chlorophytas** para dicha estación (Fig. 44). Por otro lado, los valores de equidad, reflejaron que la distribución de los individuos entre las especies fue inversa a los de dominancia con valores por encima de 0,80, a excepción de la E-01, que registró un valor de 0,71 (Fig. 45).

Del análisis de clusters (UPGA) origino el dendrograma expuesto en la Figura 46. Se tiene una matriz de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo, calculado con densidades muestrales.

Con respecto a los tipos de agrupamiento conformados por el método cluster (dendrograma) se mostró 4 grupos por encima del 60% que lo corresponden las estaciones E15 E28, E01 E12 E18, E10 E28 situación atribuida a la dominancia de **Chlorophytas** de los géneros *Closterium aciculare* y *Closterium sp* por lo que existe claramente una marcada dominancia del grupo de Chlorophyta; el segundo se atribuyó a la dominancia de **Bacillarophyta** las especies *Cymbella sp.*, *Fragilara sp* y *Coconeis sp.*, ambas agrupaciones disgregaron en dos subgrupos definidos, siempre siguiendo la misma secuencia lógica caracterizados por la disminución progresiva de las densidades de las demás especies registradas.

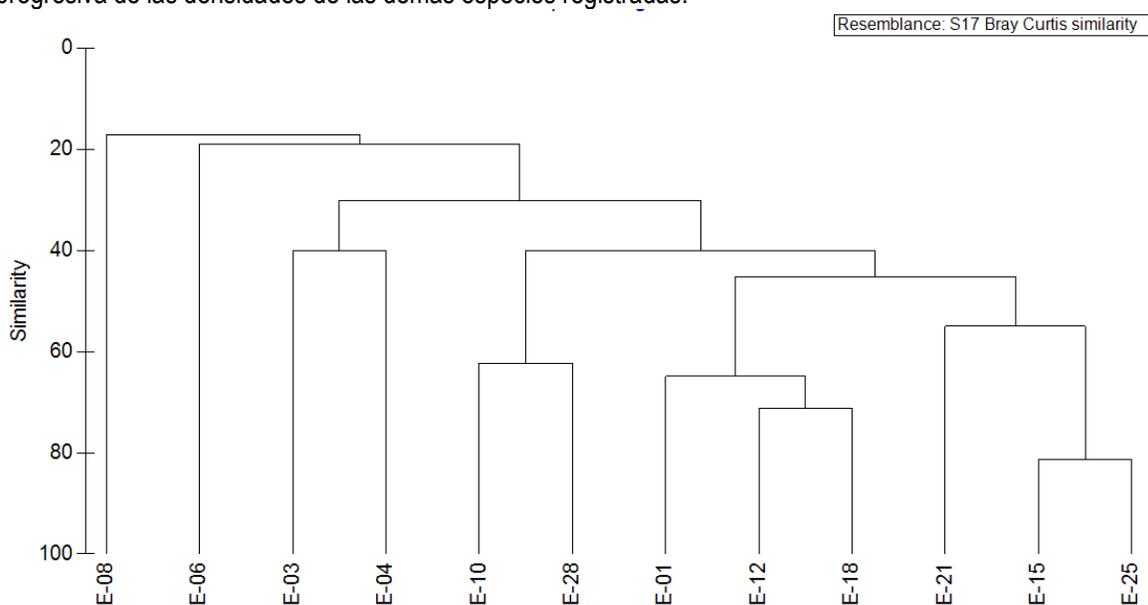


Fig. 46 Dendrograma de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo.

#### 4.4.1.5. Calidad del medio acuático a través del Índice Diatómico General (IDG)

El principio de este índice es el mismo que para los índices bióticos pudiendo determinar el índice a través cantidad relativa de taxones. Donde viene referido para todos los ecosistemas de agua dulce, porque las diatomeas se caracterizan por estar presentes en todas partes y sobre todo, en todo tipo de sustratos, considerando que las diatomeas son sensibles a la contaminación, además estas reaccionan de manera muy rápida a las modificaciones de la calidad del agua y pueden detectar las poluciones producidas de una manera discontinua (TABLA 5). Son indicadores de calidad a corto plazo porque las poblaciones de diatomeas se reconstituyen rápidamente después de la desaparición de la polución.

Tabla 05. Tabla de índices de IDG para calidad acuática para Lagos y Lagunas.

VALOR SIGNIFICADO	SIGNIFICADO
IDG > 4.5	Calidad Biológica optima
4 < IDG < 4.5	Calidad normal polución débil
3.5 < IDG < 4	Polución moderada eutrofización
3 < IDG < 3.5	polución media, eutrofización acentuada
2 < IDG < 3	Desaparición de especies sensibles, polución fuerte
1 < IDG < 2	Polucion muy fuerte
IDG = 0	Polución toxica por debajo de 10 individuos

De acuerdo al IDG aplicado en las zonas litorales de lagos y lagunas, donde las estaciones corresponden a la zona de Lagunillas se encuentra en un estado de **polución moderada (IDG = 3,77)**, esto en base a la presencia de microalgas determinados en el cuerpo de agua (TABLA 6).

Tabla 06. Determinación del Índice Diatómico General (IDG) para la Laguna Lagunillas, Mayo 2014.

TAXON	INDIVIDUOS	ABUNDANCIA %	SENSIBILIDAD	VARIABILIDAD	V*A	S*V*A
<i>Amphora ovalis</i>	128000	0.482698283	3	2	0.97	2.90
<i>Asterionella sp</i>	20800	0.078438471	2	3	0.24	0.47
<i>Cocconeis sp</i>	2681600	10.11252904	4	1	10.11	40.45
<i>Cyclotella sp</i>	121600	0.458563369	3	1	0.46	1.38
<i>Cymbella sp</i>	1737400	6.551874981	3	1	6.55	19.66
<i>Diploneis sp</i>	803200	3.028931728	3	1	3.03	9.09
<i>Ephytemia sp</i>	134200	0.506078982	3	2	1.01	3.04
<i>Fragilaria sp</i>	16649600	62.78697921	4	2	125.57	502.30
<i>Frustulia vulgaris</i>	462400	1.743747549	5	2	3.49	17.44
<i>Gomphonema sp</i>	4800	0.018101186	3	1	0.02	0.05
<i>Gyrosigma sp</i>	190400	0.718013697	2	3	2.15	4.31
<i>Navicula sp</i>	695600	2.623163484	3	1	2.62	7.87
<i>Nitzschia sp</i>	78400	0.295652699	1	1	0.30	0.30
<i>Stephanodiscus sp</i>	1148800	4.332217094	2	1	4.33	8.66
<i>Surirella sp</i>	20800	0.078438471	3	3	0.24	0.71
<i>Synedra sp</i>	1640000	6.184571756	2	1	6.18	12.37
	26517600	100			167.27	630.97

#### 4.4.2. Zooplancton

##### 4.4.2.1. Composición total y riqueza específica

Se registró un total de 13 especies de zooplancton, representados en 3 grupos taxonómicos: **Rotíferos** que representan el 60,9%, **Copépodos** el 33,1% y **Cladóceros** el 6%. Respecto al número de especies Rotíferos presentó 5 especies, Copépodos con 5 especies y Cladóceros con 3 especies (Fig. 47).

Las estaciones de muestreo E1, E25, E6 y E28 presentaron el mayor número de especies (entre 11 y 13), seguido de las estaciones E10, E22, E21 con (11-12), las estaciones con menos especies fueron E20 y E12 con (9-10).

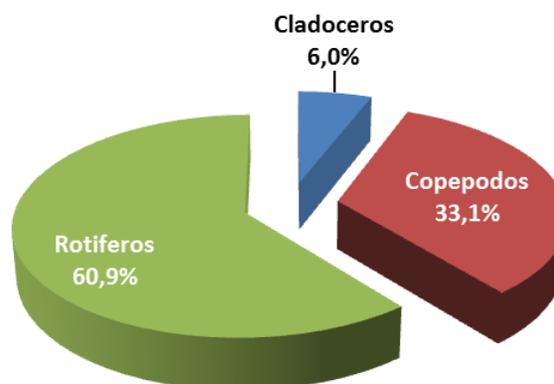


Fig. 47. Composición en porcentaje de la comunidad zooplanctónica, Laguna Lagunillas

Para las taxas en **Rotíferos** las especies más frecuentes fueron *Keratella quadrata* con presencia en 18 estaciones y *Keratella cochlearis* con presencia en las 17 estaciones de muestreo, los **Copépodos** en las 18 estaciones. Para **Cladóceros**, *Daphnia pulex* en 17 estaciones, *Ceriodahnia* sp en las 13 estaciones y *Pleuroxussp* en 16 estaciones.

#### 4.4.2.2. Abundancia relativa por especies

La especie más abundante fue el Rotífero *Keratella quadrata* con el 40,27% del total de individuos, seguido de *Keratella cochlearis* con 16,04%, y en mínima proporción *Asplanchna* sp. 2,36%, *Polyarthra* sp. 1,68 y *Brachionus* sp 0,53%; los Copépodos más abundantes fueron *Boeckella occidentalis* con 9,87%, *Boeckella titicacae* con 6,45%, *Metacyclops leptopus* con 6,73, *Nauplios cyclopoideos* con 6,36% y *Nauplios calanoideos* con 3,74%; en Cladóceros: *Daphnia pulex* con 2,33, *Ceriodaphnia* sp. con 1,38% y *Pleuroxus* sp. con 2,24%(Fig. 48).

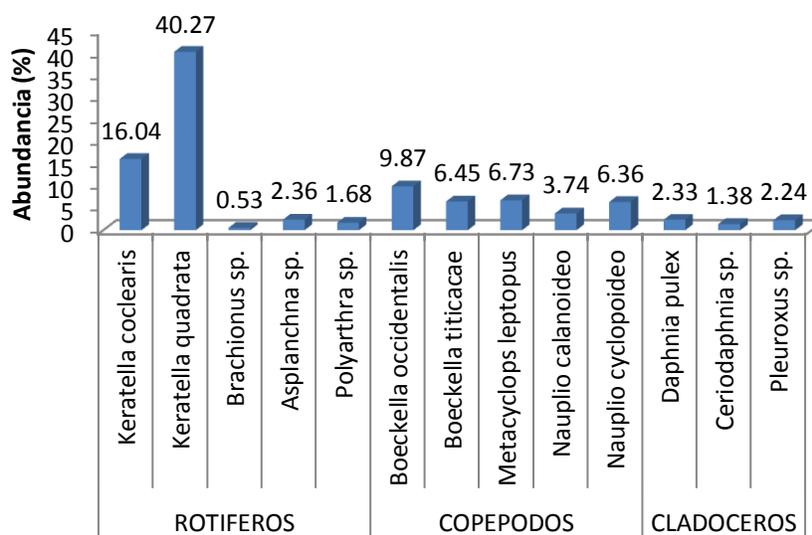


Fig. 48. Composición porcentual por especies del zooplancton en muestras de Lagunillas.

Respecto a la abundancia relativa por grupos taxonómicos, los **Rotíferos** fueron predominantes en las 18 estaciones de muestreo, esto indica que los Rotíferos junto a los **Copépodos** son los principales representantes de la fauna zooplanctónica, que estaría indicando que los copépodos y rotíferos constituyen una fracción importante de la biomasa del zooplancton, está representado alrededor del 94,05% en los ambientes naturales; el grupo que presenta una menor abundancia en la laguna fueron los **Cladóceros** (Fig. 49).

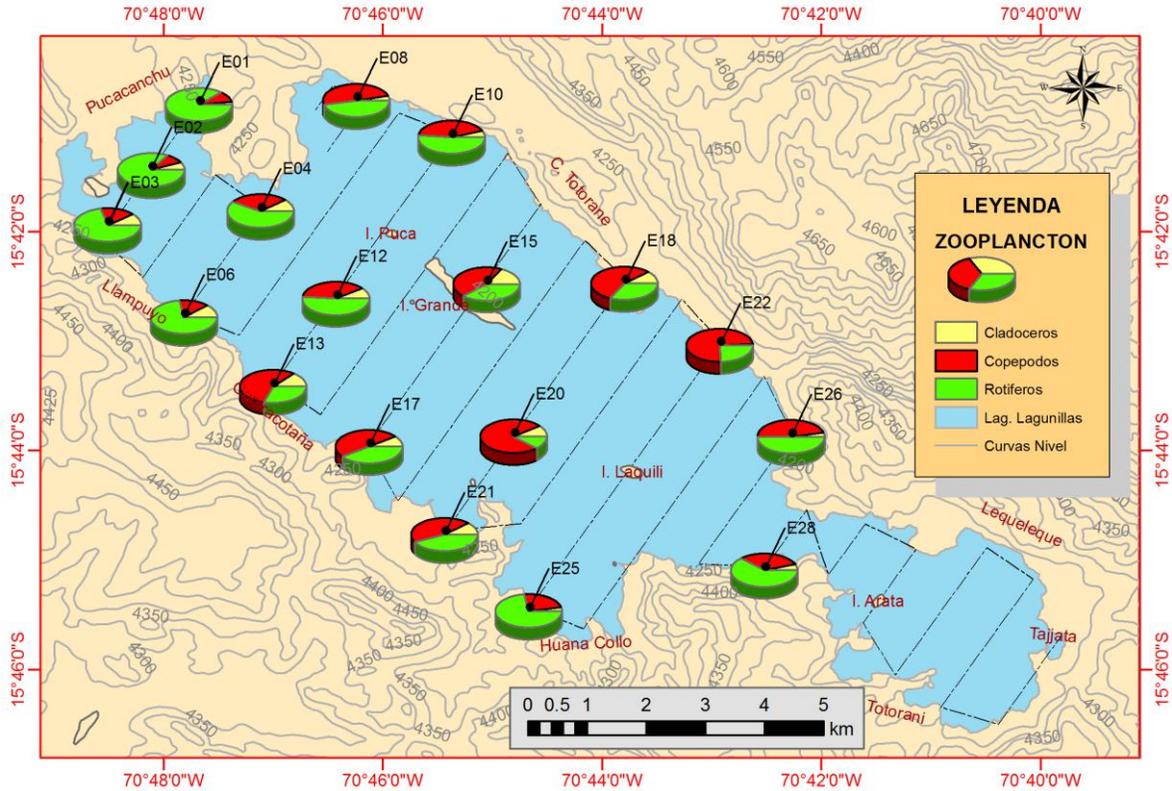


Fig. 49. Abundancia relativa por grupos taxonómicos del zooplancton; Laguna Lagunillas (Mayo, 2014).

#### 4.4.2.3. Densidad del zooplancton

Las estaciones de muestreo con mayor densidad total de zooplancton por encima del promedio general fueron: E1 con 560.500 ind/m<sup>3</sup>, E25 con 267.250 y E28 con 195.000 ind/m<sup>3</sup>; las estaciones con menores densidades fueron: E3 con 89.000 ind/m<sup>3</sup>, E22 con 88.250 ind/m<sup>3</sup> y E4 con 80.500 ind/m<sup>3</sup> (Fig. 50).

Las especies con mayor densidad fueron: para **Rotíferos**, *Keratella q.* con 1161.500 ind/m<sup>3</sup> y *Keratella cochlearis* con 462.750 ind/m<sup>3</sup> y; para **Copépodos** las especies con mayor densidad fueron *Boeckella occidentalis* con 284.750 ind/m<sup>3</sup> y *Metacyclops leptopus* con 194.250 ind/m<sup>3</sup>; para **Cladóceros** las especie con mayor abundancia fue, *Daphnia pulex*. con 67.250 ind/m<sup>3</sup>. (Anexo 13).

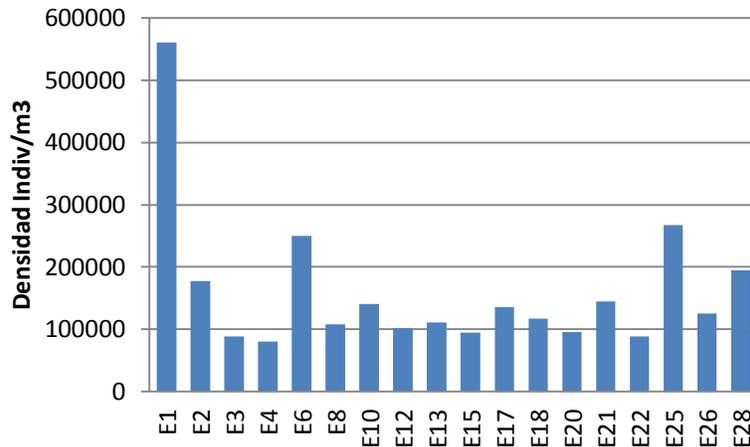


Fig. 50. Densidad de especies de zooplancton (ind/m<sup>3</sup>) en muestras de Lagunillas

#### 4.4.2.4. Análisis comunitario

Diversidad, dominancia, equidad y similitud.

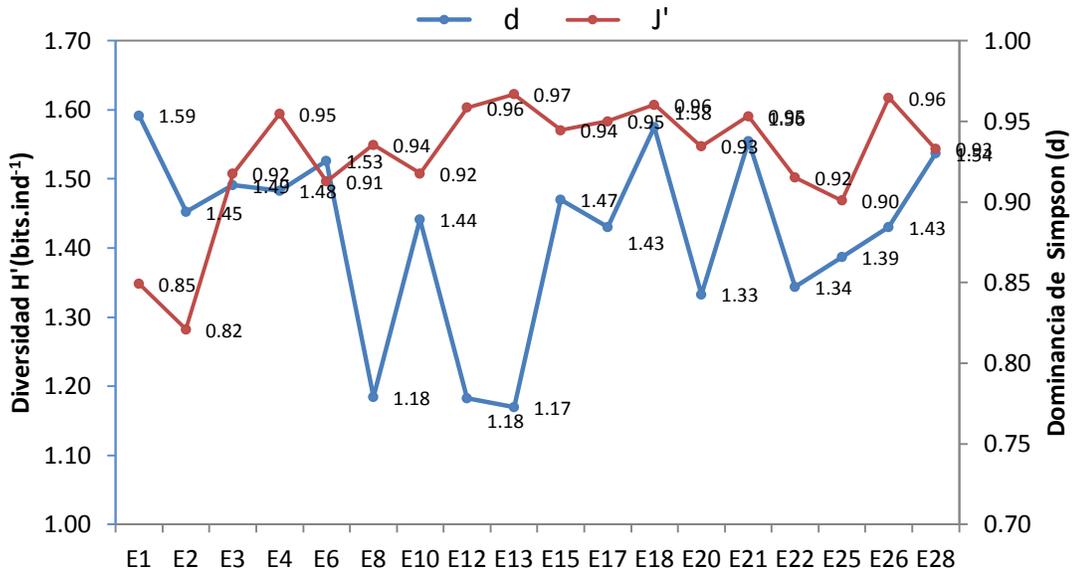


Fig. 51. Distribución de la diversidad del zooplancton en las estaciones.

Dentro del registro de diversidad, el máximo valor se registró en la estación E-18, E-21 con 0,90 bits.ind<sup>-1</sup> y el más bajo en la estación E-2 con 0,82 bits.ind<sup>-1</sup> (Fig. 51).

La diversidad esta inversamente relacionada con la dominancia de las especies, es decir que a mayor número de individuos de una especie menor será el valor de diversidad de la zona (Fig. 52).

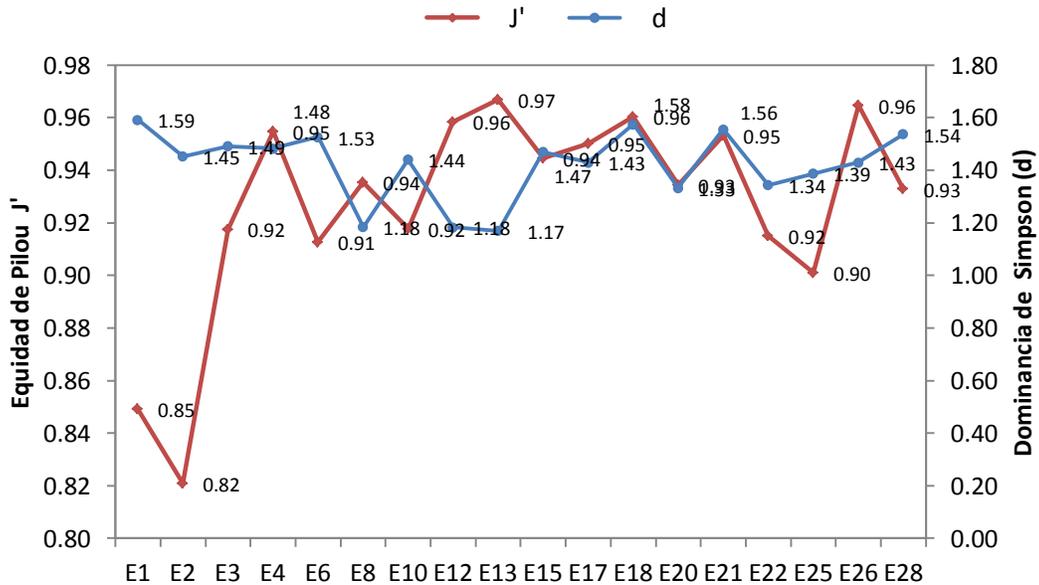


Fig. 52 Relación entre Equidad y Dominancia del zooplancton en las estaciones.

También este valor de diversidad reflejó un número considerablemente bajo de especies para la zona de estudio y una distribución moderadamente homogénea de las especies, lo que se reflejó en la prevalencia de bajos valores de la dominancia de Simpson (D), con valores menores a 1,17 a excepción de la estación E-1 que presentó un valor muy alto de 1,59 (Fig. 51); en el cual el grupo dominante fue el de los rotíferos con la especie de *Keratella quadrata* para dicha estación en mención (Fig. 52). Por otro lado, los valores de equidad, reflejaron que la distribución de los individuos entre las especies fue inversa a los de dominancia con valores por encima de 0,91, a excepción de la E-2, que registró un valor de 0,82 (Fig. 52).

Del análisis de Clúster (UPGA) origino el dendrograma expuesto en la Fig. 53. Se tiene una matriz de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo, calculado con densidades muestrales.

Con respecto a los tipos de agrupamiento conformados por el método Clúster (dendrograma) se mostró dos grupos por encima del 60%, situación atribuida a la dominancia de las especies *Keratella quadrata* y *Keratella cochlearis*, por lo que existe claramente una marcada dominancia del grupo de rotíferos; el segundo se atribuyó a la dominancia de copépodos especies *Boeckella occidentalis* *Boeckella titicacae*, ambas agrupaciones disgregaron en dos subgrupos definidos, siempre siguiendo la misma secuencia lógica caracterizados por la disminución progresiva de las densidades de las demás especies.

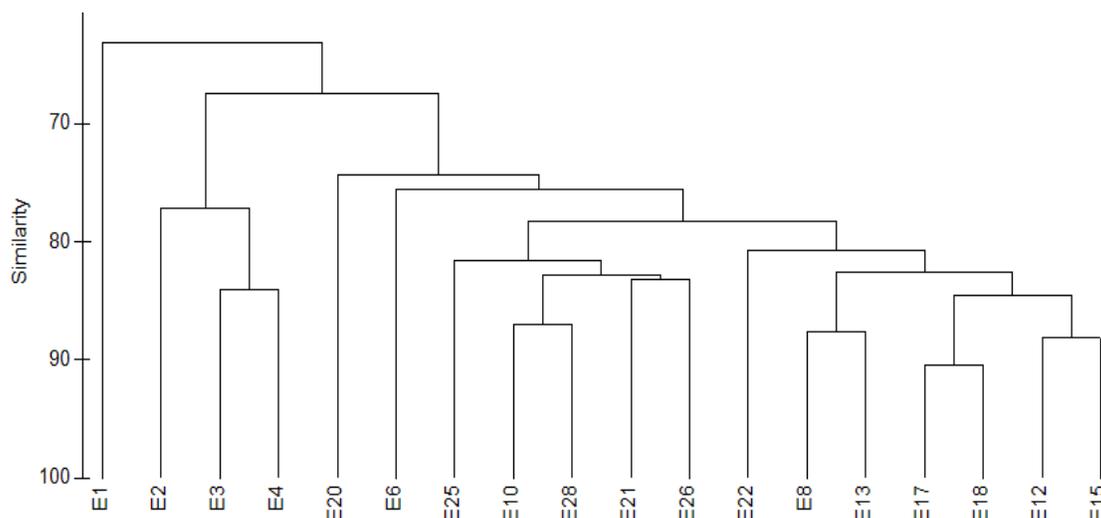


Fig. 53 Dendrograma de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Aspectos pesqueros

La distribución de las *Orestias* es en la región andina de América del sur de los países de Perú y Bolivia, presenta un rango de distribución para las *Orestias* desde Ancash (Perú) hasta Antofagasta (Chile) y una distribución altitudinal hasta los 4.200 msnm (PARENTI 1984; SARMIENTO ET AL 1987), en tal sentido los peces capturados en Laguna Lagunillas corresponden al género *Orestias*. Asimismo, se reporta la presencia de un salmónido, “trucha arco iris”, que habría sido introducido a la laguna en la década ochenta (común. Personal Hugo Treviño) y a nivel de crianza intensivo aproximadamente desde 1997 a través de Fondo de Desarrollo Pesquero – FONDEPES.

De las capturas con redes agalleras en tres zonas solo se pudo capturar dos especies: un pez nativo *Orestias luteus* “carachi amarillo” y una especie introducida *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” lo que refleja una

baja diversidad. No se pudo capturar a *Orestias agassii owenii* “carachi gris enano” ni a *Trichomycterus rivulatus* “suche” tal como se reporta en los trabajos de taxonomía de TCHERNAVIN 1944 Y PARENTI 1984.

Se estimó una biomasa de “carachi amarillo” de 28.226 t en una área de distribución de 1,62 km<sup>2</sup> determinando dos núcleos grandes en la zona Nor-oeste (Isla Grande, Rumitía). La población de “carachi amarillo” estuvo compuesto de juveniles y adultos en proceso de madurez sexual y en proceso de reinicio de madurez sexual. De los valores de RLP indican un crecimiento alométrico positivo ( $b= 3,4185$ ;  $r^2 =0,97$ ) lo que refleja que los peces grandes estuvieron en mejor condición somática respecto a los peces juveniles.

Los individuos de “trucha arco iris” estuvieron compuesto principalmente por individuos juveniles, lo que es reflejado en la talla media (21,8 cm LT) y en la moda (24,5 cm LT).

## 5.2. Aspectos limnológicos

La distribución de los parámetros limnológicos de la Laguna Lagunillas, mostraron una ligera variabilidad, influenciados por las características morfobatimétricas de la laguna y las condiciones ambientales presentadas.

Con una evaluación, la variación espacio - temporal de los parámetros limnológicos no es suficiente para definir el estado ecológico, según las variables estudiadas probablemente estaría explicada por la gradiente vertical, la estabilidad de la columna de agua y la temporalidad.

Según los resultados determinados, las aguas mostraron un comportamiento térmico fluctuante, es decir, un periodo de mezcla en la zona poco profunda que estaría condicionada por la entrada de aguas del río Cerrillos y una ligera estratificación en zonas profundas debido a la formación de una capa superficial menos densa y caliente, y el flujo del calor hacia el interior de la columna de agua y la disminución de la turbulencia generados por el viento establece una formación ligera de una termoclina entre 10 y 20 m de columna de agua (Fig. 54).

Además se observó, conforme avanza el día periodos nictemerales, debido a la presencia de los rayos solares que genera una intensa energía calórica y calienta las aguas superficiales ocasionando el incremento gradual de la temperatura.

En zonas profundas de la columna de agua se encontró menor oxígeno disuelto (casi anoxia) puede existir una alta carga de materia orgánica que agota este gas por respiración bacteriana. El oxígeno disuelto alto observado hasta los 10 m de profundidad indica a su vez una posible producción primaria elevada, ya que este es un producto secundario de la fotosíntesis (WETZEL 1981); de tal forma que las máximas del oxígeno disuelto coinciden con las mínimas de CO<sub>2</sub> y máximas de pH y fue lo contrario en fondo.

Los niveles de CO<sub>2</sub> expresaron un comportamiento inverso al oxígeno disuelto, registrándose mayores concentraciones en el fondo, probablemente tiene que ver con actividad bacteriana y el proceso metabólico; el agotamiento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en zonas someras por la abundancia actividad fotosintética fitoplanctónica permite que altos rangos de pH (> 9,0), con tendencia alcalinas, debido a que este gas cumple una acción buffer (amortiguación) en el agua (ROLDAN 1992)

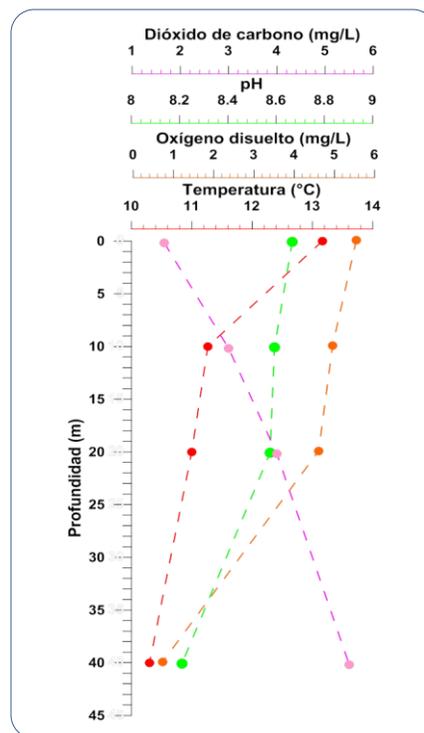


Fig. 54. Comportamiento de los parámetros limnológicos en la columna de agua. Laguna Lagunillas. Mayo 2014

Los nutrientes se determinaron ligeramente altos, elemento que en el ambiente acuático tienden a promover el desarrollo y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, macrófitas), contribuyendo al fenómeno de la eutrofización antrópica (WETZEL, 2001).

Se determinó la relación N/P, en zonas someras (que se observa un periodo de mezcla muy marcada), el elemento limitante fue las concentraciones de nitrógeno debido probablemente a que tiene una relación con el crecimiento y sucesión del fitoplancton. En zonas más profundas (con ligeras estratificaciones térmicas) el limitante fue el fósforo, probablemente a la alta mineralización que se presenta en los sedimentos debido a la actividad acuícola instalada.

Debido a la alta productividad de la laguna, las oscilaciones de silicatos fueron máximas, probablemente a la presencia del cuarzo existente en las rocas metamórficas de la cuenca de la laguna, el cual ejerce como un nutriente fundamental para las diatomeas.

A través de una matriz de correlación Pearson calculados para los datos limnológicos de la zona superficial de la Laguna Lagunillas se determinó relaciones de tipo directa e indirecta muy significativas. La temperatura se relaciona inversamente con pH y oxígeno disuelto y una relación directa con el fósforo. Mientras el pH se relaciona de forma directa con el oxígeno disuelto y de forma inversa con el CO<sub>2</sub>. Las correlaciones significativas podrían estar explicando el estado ecológico de la Laguna Lagunillas. En la Tabla 6 se muestra la matriz de correlaciones más significativas.

Tabla N° 06. Matriz de correlación de Pearson calculada para parámetros limnológicos. Se marcan con cursivas los valores de mayor correlación calculada.

Parametros	Transparencia (m)	Temp. (°C)	pH	Conduc. eléctrica ((uS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Dioxido carbono (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitrogeno total (mg/L)	Fosforo total (mg/L)	Silicatos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
Transparencia (m)	1,00											
Temperatura (°C)	0,29	1,00										
pH	-0,58	<b>-0,86</b>	1,00									
Conductividad eléctrica ((uS/cm)	-0,17	-0,46	0,28	1,00								
Oxígeno disuelto (mg/L)	-0,61	<b>-0,83</b>	<b>0,83</b>	0,64	1,00							
Dioxido carbono (mg/L)	0,59	0,75	<b>-0,84</b>	-0,32	<b>-0,80</b>	1,00						
Alcalinidad total (mg/L)	0,47	0,63	-0,75	-0,26	-0,66	0,69	1,00					
Fosfatos (mg/L)	0,28	0,51	-0,35	-0,44	-0,53	0,45	0,30	1,00				
Nitrogeno total (mg/L)	-0,34	-0,33	0,48	-0,04	0,26	-0,36	-0,51	0,10	1,00			
Fosforo total (mg/L)	0,31	<b>0,82</b>	-0,71	-0,24	-0,69	0,71	0,51	0,65	-0,29	1,00		
Silicatos (mg/L)	0,39	0,72	-0,68	-0,10	-0,68	0,63	0,60	0,31	-0,29	0,70	1,00	
Sulfatos (mg/L)	0,15	0,66	-0,54	0,00	-0,49	0,55	0,61	0,33	-0,14	0,72	0,77	1,00

Rojo = Relación Inversa y Azul = Relación Directa.

Es importante destacar la dinámica de movimiento de masas de agua de Laguna Lagunillas influenciado por la dinámica de vientos locales y la topografía en la primera capa de masa de agua (5 m) con repercusión en los estratos medios. Asimismo, el movimiento de masas de agua estaría modulando las fluctuaciones y/o variaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos a nivel superficial y en la columna de agua. Según AGUIRRE 2009 indica que la temperatura es el principal factor que influye en las corrientes que se presentan en el Lago Titicaca, mientras el viento solo tiene un rol importante en la superficie libre del lago.

### 5.3. Comunidades biológicas

La diversidad de comunidades de **fitoplancton** para la Laguna Lagunillas fue moderadamente baja con la dominancia de dos grupos: Chlorophyta y Bacillariophyta. El valor de diversidad reflejó un número considerablemente bajo de especies y una distribución moderadamente homogénea de las especies, lo que se reflejó en la prevalencia de bajos valores de la dominancia de Simpson, en el cual el grupo dominante fue las **Clorophytas** para dicha estación

Con respecto al **Zooplancton**, la clase de Rotíferos y Copépodos fueron los que alcanzaron mayores poblaciones que estarían asociados a las presencia de macrófitas sumergidos (PENNAK, 1940). En caso de la *Keratella quadrata* especie abundante en la laguna es propia de aguas frías ubicándose en el hipolimnion donde desarrolla una máxima crecimiento población (WETZEL 2001).

### 5.4. Desarrollo de la acuicultura en Laguna Lagunillas

La acuicultura es definida como el conjunto de actividades tecnológicas orientadas al cultivo o crianza de especies acuáticas que abarca su ciclo biológico completo o parcial y se realiza en un medio seleccionado o controlado, en ambientes hídricos naturales o artificiales, tanto en aguas marinas, dulces o salobres (Ley 27460).

La introducción de la “trucha arco iris” a la Laguna Lagunillas no se tiene una fecha exacta, pero se asocia a la década del ochenta del siglo pasado (común. Personal Hugo Treviño) a nivel extensivo (poblamiento). El rol del FONDEPES es vital en el crecimiento y desarrollo del cultivo de truchas en sistema de jaulas flotantes a través de la capitalización (créditos) y su posterior asistencia técnica a los productores.



Fig. 55. Mapa de ubicación de concesiones vigentes para la crianza de trucha arco iris, Laguna Lagunillas

En el 2009 la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través del Proyecto ProPesca: “Programa de Apoyo a la Pesca Artesanal, la Acuicultura y el Manejo Sostenible del Ambiente” determinó la existencia de 70 productores de trucha en sistema intensivo de los cuales el 51% corresponde a concesiones con producción, el 25% a concesiones sin producción y el 24% a productores informales. La truchicultura en Lagunillas genera más 300 puesto de trabajo en forma permanente (30%) y eventual (70%). Asimismo la capacidad productiva para el 2009 fue una biomasa de 120.620,9 Kg en engorde, 103.031,4 Kg en juveniles, 13.260,1 Kg en alevinos, 3.857 Kg en reproductores ([PRODUCE-GR-AECID, 2009](#)).

Para 2014 según datos de DIREPRO Puno se cuenta con más de 96 concesiones vigentes para Laguna Lagunillas lo que representa un total de más de 96 hectáreas para una producción de entre 2 y 50 toneladas por concesión (CME) y que en términos globales se tendría una producción entre 192 y 4800 t/año.

Según expertos de la ONU para cada tonelada de pez la acuicultura intensiva produce: 110 kg de nitrógeno, 12 kg de fósforo y 450 kg de carbono ([BERTRAND 2003](#)). En el caso del cultivo de salmones, alrededor de un 75% del nitrógeno, fósforo y carbono que ingresa al sistema como alimento, se pierde como alimento no ingerido, fecas y otros productos de excreción. Solo un 25% se convierte en carne para comercio. El fósforo se acumula principalmente en los sedimentos que se encuentran bajo las jaulas de cultivo, por lo que resulta un buen indicador de contaminación ([BUSCHMANN & FORTT 2005 FIDE MARIANO ET AL 2010](#)).

Tabla N° 07. Resultados de ANOVA obtenidos para los datos de análisis limnológicos

Parametro	Intervalo confianza	Valor F calculado	Valor F Tabulado	Valor p	Criterio
Fosforo total	95%	12,23	4,3	0,00146	Existe diferencia significativa
Silicatos	95%	11,64	4,3	0,00250	Existe diferencia significativa
CO2	95%	10,44	4,3	0,00383	Existe diferencia significativa
pH	95%	7,17	4,3	0,01370	Existe diferencia significativa
Oxigeno disuelto	95%	5,66	4,3	0,02640	Existe diferencia significativa
Fosfatos	95%	5,59	4,3	0,02730	Existe diferencia significativa
Sulfatos	95%	5,43	4,3	0,02930	Existe diferencia significativa
Transparencia	95%	2,77	4,3	0,11100	No existe diferencia significativa
Alcalinidad	95%	2,42	4,3	0,13400	No existe diferencia significativa
Nitrogeno total	95%	1,37	4,3	0,25400	No existe diferencia significativa
Nitritos	95%	1,15	4,3	0,29600	No existe diferencia significativa
Nitratos	95%	1,11	4,3	0,30300	No existe diferencia significativa
Conductividad	95%	0,51	4,3	0,48100	No existe diferencia significativa
Manganeso	95%	0,44	4,3	0,51300	No existe diferencia significativa
Clorofila	95%	0,29	4,3	0,54000	No existe diferencia significativa
Cloruros	95%	0,11	4,3	0,74900	No existe diferencia significativa
SST	95%	0,003	4,3	0,95500	No existe diferencia significativa
Dureza total	95%	0,000	4,3	1,00000	No existe diferencia significativa

Se realizó el agrupamiento de datos de factores físico químicos entre estaciones próximas a módulos de jaulas con estaciones en zonas con ausencia de jaulas (pelágica) y aplicando análisis de ANOVA se determinó variaciones significativas para fosforo total, silicatos, CO2, pH, O2 y sulfatos que podrían deberse a un aporte del cultivo de truchas en sistema de jaulas flotantes al medio acuático en la zona litoral ([Tabla 7](#)).

En el presente estudio en la zona se ha observado que el proceso primario de eviscerado se realiza en la zona litoral cuyas sanguaza de los pescados son liberados directamente a la laguna, contraviniendo a la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) donde indica claramente la construcción de pozos sépticos para las vísceras y sangre ([Ley 25977](#); [D.S. 012-2011](#)).

## 5.5. Estado trófico de la Laguna Lagunillas

Los niveles de fósforo total, clorofila-a y visibilidad al disco de Secchi, indicarían condiciones mesotróficas, en base a la clasificación trófica de límites fijada por la OCDE, 1982.

De acuerdo al Índice Diatómico General (IDG) aplicado para Laguna Lagunillas se encuentra en un estado de polución moderada (IDG = 3,77), esto en base a la presencia de microalgas determinados en el cuerpo de agua (TABLA 6).

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un segundo monitoreo que sea en otra época del año (primavera) para validar los resultados obtenidos y adicionalmente realizar análisis de DBO, turbidez y coliformes fecales. Además, estudiar la comunidad bentónica y distribución de macrófitas. Además, análisis de sedimento en módulos de jaulas para descartar los valores observados en el presente estudio.

Se requiere estimar la capacidad de biogénica y de carga para Laguna Lagunillas ante un proceso de enriquecimiento del sistema por los valores fósforo, clorofila y transparencia reportados que clasificarían a la laguna en condiciones de mesotrofia.

## 7. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ACLETO O. 1966.** Algas de agua dulce de las cascadas de Barranco. Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado". No. 21. 171 pp.
- AGUIRRE C. 2009.** Simulación numérica de la hidrodinámica del Lago Titicaca, frente a las costas de la ciudad de Puno en el Perú. Tesis de Magister. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Unidad de Postgrado de Física. Lima, Perú. 103 pp.
- ALDAVE A. 1989.** Algas. Editorial Libertad E.I.R.L. Trujillo-Perú. Primera Edición. 459 pp.
- APHA. 1992.** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, 17 Edición. Editores Díaz de Santos S.A. Madrid. 1816 pp.
- BAIRD C. 2004.** Química ambiental. Editorial Reverté S.A. Barcelona. 622 pp.
- BELCHER H., SWALE E. 1979.** An illustrated guide to river phytoplankton. McCorquodale Printers Ltd. London. 64 pp.
- BERTRAND A. 2003.** Enfoque ecosistémico aplicado a la ecología pesquera. Institut de recherche pour le développement (IRD). 65 pp.
- BRANDORFF, G, ANDRADE E.. 1978.** The relationship between the water level of the Amazon river and the fate of the zooplankton population in Lago Jacaretinga, a varzea lake in the Central Amazon. Studies on Neotropical fauna and Environment 13: 63-70.
- BRICEÑO E., MONTOYA S. 2012.** Análisis de la Exposición a Metales Pesados en Especies Ícticas de importancia Comercial del Lago Titicaca. Convenio FONCHIP-PRODUCE y GORE Puno. Informe Técnico. 98 pp.
- BRÖNMARK C, HANSSON L. 2005.** The biology of lakes and ponds, 2nd ed. United State: Oxford University Press Inc., New York. 285 pp.

- CASTILLO, R., PERALTILLA, S., ALIAGA, A., FLORES, M., BALLÓN, M., CALDERÓN, J., GUTIÉRREZ, M., 2009.** Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano. Inf Inst Mar Perú Vol 36 N°1-2.
- CARRIT D., CARPENTER J. 1966.** Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater. J.Mar. Res., 24:286-318.
- CONDE, J., RAMOS, E. MORALES, R. 2004.** El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Ecosistemas, 13(2), 23-29. Extraído el 22 de Octubre de 2008 desde <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=8>
- DECRETO LEY 25977.** Ley general de Pesca.
- DECRETO SUPREMO 012-2001.** Reglamento de la Ley General de Pesca, Art. 90 y 92.
- DE SOSTOA A., DOADRIO I., ORNELAS-GARCÍA C., CAIOLA N., PEDRAZA C., FLORES O., MONROY M., MACEDA A. 2010.** Estudio Genético de las Especies Ícticas Nativas del Lago Titicaca. Caracterización y Estructura Poblacional. Informe Final. Universidad de Barcelona-Museo Nacional de Ciencias Naturales- Proyecto Especial Lago Titicaca - Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. 190 pp.
- DEJOUX, C., ILTIS A. 1991.** El Lago Titicaca (Síntesis Limnología Actual). Edición ORSTON/HISBOL, La Paz. 584 pp.
- DOMENÈCH X, PERAL J. 2006.** Química ambiental de sistemas terrestres. Editorial Reverté S. A. Barcelona. 210 pp.
- FUENTES F, MASSOL-DEYÁ A. 2002.** Manual de laboratorio: ecología de microorganismos. Universidad de Puerto Rico.
- FOOTE, K.G., KNUDSEN, H.P., VESTNES, G., MACLENNAN, D.N. AND SIMMONDS, E.J. 1987.** Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep. 144, 57 pp.
- GOLICHER J.D., O'HARA R.B., RUÍZ-MONTOYA L., CAYUELA L. 2006.** Lifting a veil on diversity: a bayesian approach to fitting relative-abundance models. Ecological Applications. 16(1): 202- 212.
- IBANEZ F., SEQUIN G. 1972.** Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyse multivariabl: composants principales, correspondances, coordonnees principales. Investigac. pesq. 36 (1) 81-108
- ILTIS A. 1991.** Físico Química. En: Dejoux, C. & A. Iltis (eds.), El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual. La Paz: Hisbol - ORSTOM. 584 pp.
- INEI. 2009.** Puno Compendio Estadístico regional. Puno, Perú.
- JOSÉ DE PAGGI, S. 1985.** Distribución vertical del zooplancton en el río Paraná medio (km. 603). Revista de Hydrobiología Tropical 18(1): 13-21.
- KLECKNER, D. 1996.** Surfer for Windows user guide. Golden Software Inc. 458 pp.
- LAUZANNE L. 1991.** VI.5a. Especies nativas: los *Orestias*. In *El Lago Titicaca: Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual*. C. Dejoux & A. Iltis (Eds). OSTOM-HISBOL, La Paz, Bolivia. 584(Cap. VI.5a): 409-421.
- LEY N° 27460.** Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 12 pp.
- MARGALEF R. 1983.** Limnología. Ediciones Omega S.A Barcelona 1010 p.
- MARIANO M., HUAMAN P., MAYTA E., MONTOYA H., CHANCO 2010.** Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas altiandinas de Junin, Peru. Rev. Peru. Biol. 18(1): 137-140.
- MENU-MARQUE SILVANA, J. J. MORRONE AND C. LOCASCIO DE MITROVICH. 2000.** Distributional patterns of the South American Species of *Boeckella* (Copepoda: Centropagidae): A track Análisis. Journal of Curstacean Biology, 20(2):262-272 p.
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, GOBIERNO REGIONAL DE PUNO Y AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO (2009)** "Informe final: Mejoramiento del catastro acuicola del departamento de Puno efectuando acciones en diversas áreas del lago Titicaca y de Laguna Lagunillas". Proyecto-PROPESCA. 160 pp. (en: [http://www.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA\\_OTRO/actividades\\_convenios/DGA%20Informe%20final.pdf](http://www.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/actividades_convenios/DGA%20Informe%20final.pdf)).

- MORENO, C. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. M & T. Manuales y Tesis. SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- NORTHCOTE, T., MORALES O., LEVY D. GREAVEN M. 1991.** Contaminación en el Lago Titicaca, Peru: Capacitación y Manejo. Universidad of British, Vancouver, Canada & Instituto de Aguas Alto Aldinas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru. 278 pp.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. 1982.** Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Final report, OECD cooperative programme on monitoring of inland waters (eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris. 154 p.
- PALACIOS J., BARRIGA E., SALAZAR C., RODRÍGUEZ A., ROMERO M. 2009.** Aspectos de la biología de *Coryphaenoides delsolari* Chirichigno & Iwamoto, 1977 frente a la zona norte del Perú. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(3): 455-462, 2009
- PARENTI L. 1984.** A taxonomic revision of the Andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 178, 107–214.
- PENNAK, R. 1991.** Fresh-water invertebrates of the United States of America. Second Edition. Editorial John Wiley – Interscience Publication. 628 pp.
- PRESCOTT W. 1979.** How to know the freshwater algae. Third Edition 293 pp.
- RAMOS O R, SEPÚLVEDA M R, VILLALOBOS M F. 2003.** El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. Plaza y Valdez editores S.A. México. 210 pp.
- REYES G. 1975.** Diatomeas litorales de la familia Naviculacea, de la Laguna La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. Bol. Inst. Oceanog. Universidad de Oriente. 14 (2): 199-225.
- RICHERSON P, WIDMER J, KITTEL C. 1977.** The limnology of lake Titicaca (Perú-Bolivia), a large, high altitude tropical lake. Inst. Ecol. Publ. N° 14, Davis: Univ. of California.
- ROCHE M A, BOURGES J, CORTES J, MATTOS R. 1991.** Climatología e hidrología de la cuenca del Lago Titicaca. En: Dejoux, C. & A. Itis (eds.), El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual. La Paz: Hisbol - ORSTOM. 584 pp.
- RODRÍGUEZ M J, MARÍN G R. 1999.** Físicoquímica de aguas. Ediciones Días Santos S.A. Madrid – España. 488 pp.
- SHANNON C., WEAVER W. 1963.** The mathematical theory of Communication. Univ. of Illinois Press. 117 pp.
- SIMMONDS J. & MACLENNAN D. 2005.** Fisheries Acoustics. Theory and practices 2nd Ed. Chapman & Hall: 325 p.
- TCHERNAVIN V. 1944.** A revision of the Subfamily Orestiinae. Departament of Zoology, British Museum, Natural History.
- WETZEL R., LIKENS G. 2010.** Limnological Analysis. Tercera Edición. Editorial springer. USA. 429 pp.
- WETZEL, R. 1981.** Limnología. Ediciones OMEGA S.A. Barcelona - España. 671 pp.

## ANEXOS

Anexo 1. Composición de la captura en peso de las especies capturas con redes cortina en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014).

Nombre Común	Nombre Científico	Tipo de arte pesca	Total (g)	%
Carachi amarillo	<i>Orestias luteus</i>	Cortina	20939,9	71,8
Trucha arco iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Cortina	8216,7	28,2
Total			29156,6	100,0

Anexo 2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para redes cortina comercial en N° de ejemplares capturados / área de malla\*tiempo efectivo de pesca en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

N°	Malla (mm)	Longitud (m)	Altura (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Tiempo calado (h)	N° de peces	CPUE N°/100m <sup>2</sup> *h
1	25	35,3	2,5	86,6	51	7	0,16
2	35	63,0	2,3	141,8	51	17	0,24
3	38	75,4	1,7	128,1	51	2	0,03
4	62	103,0	1,5	154,5	51	282	3,58
5	62	90,0	1,5	130,5	51	49	0,74
6	64	106,0	1,5	159,0	51	21	0,26
<b>800,5</b>					<b>51</b>	<b>378</b>	<b>0,93</b>

Anexo 3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para redes cortina comercial en peso de ejemplares capturados / área de malla\*tiempo efectivo de pesca en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

N°	Malla (mm)	Longitud (m)	Altura (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Tiempo calado (h)	peso de peces (g)	CPUE g/100m <sup>2</sup> *h
1	25	35,3	2,5	88,4	51	663	14,7
2	35	63,0	3,3	204,8	51	1914	18,3
3	38	75,4	2,0	147,0	51	142	1,9
4	62	103,0	2,2	226,6	51	20058	173,6
5	62	90,0	1,7	148,5	51	4065	53,7
6	64	106,0	1,5	159,0	51	2315	28,6
<b>974,2</b>					<b>17</b>	<b>29156,6</b>	<b>176,1</b>

Anexo 4. Aspectos biométricos de las principales especies capturadas en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

ESPECIES	N° Muestras	N° Ejemp.	Longitud total (cm)			< %TMC
			Rango	Moda	Media	
Carachi Amarillo <i>Orestias luteus</i>	1	318	7,0 - 18	8,3; 13,1	11,8	
Trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i>	1	54	13 - 29	24,5	21,8	
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>372</b>			

Anexo 5. Madurez sexual, proporción sexual y rango de peces capturados en la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014).

ESPECIES	NOMBRE CIENTIFICO	Sexo	N°	ESTADIO SEXUAL								PROP. SEXUAL	RANGO (cm)
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
Carachi Amarillo	<i>Orestias luteus</i>	Machos	48	14,6	18,8	18,8	4,2	6,3	6,3	16,7	14,6	1,0:1,0	7,0 - 15,0
		Hembras	49	14,3	10,2	12,2	0,0	0,0	0,0	8,2	55,1		7,0 - 14,5

Anexo 6. Estaciones de muestreos físicos químicos, biológicos y pesca en Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

Estacion	Longitud	Latitud	Abioticos				Bioticos		Nutrientes	Corrientes	Pesca
			Sup	10 m	20 m	fondo	Zoo	Fito			
E01	-70,794604	-15,680679	x					x	x	x	
E02	-70,801857	-15,690609	x	x							
E03	-70,808461	-15,699021	x				x	x	x		
E04	-70,785253	-15,696887	x	x			x	x	x		
E05	-70,790958	-15,704704	x	x	x	x					
E06	-70,796909	-15,713034	x				x	x	x		
E07	-70,776850	-15,688941	x	x							x
E08	-70,770670	-15,680068	x	x			x	x	x		
E09	-70,778802	-15,682835	x	x			x		x		
E10	-70,756196	-15,685635	x				x	x	x		
E11	-70,764768	-15,697657	x	x	x	x					
E12	-70,773769	-15,710185	x	x	x	x	x	x	x	x	
E13	-70,783302	-15,723577	x				x		x		
E14	-70,742806	-15,696386	x								
E15	-70,750887	-15,707993	x	x	x	x	x	x	x		
E16	-70,759888	-15,720625	x	x	x	x					
E17	-70,768743	-15,732737	x				x		x		
E18	-70,729903	-15,707868	x				x	x	x		x
E19	-70,738198	-15,719581	x	x	x	x					
E20	-70,746766	-15,731169	x	x	x	x	x		x	x	
E21	-70,757280	-15,746123	x				x	x	x		
E22	-70,715428	-15,717315	x				x		x		
E23	-70,724561	-15,729823	x	x	x	x	x		x		
E24	-70,734647	-15,744122	x	x	x	x					
E25	-70,744486	-15,757762	x				x	x	x		
E26	-70,704585	-15,731249	x	x			x		x		x
E27	-70,712610	-15,742063	x	x	x	x	x		x	x	
E28	-70,708651	-15,751552	x	x			x	x	x		
E29	-70,693472	-15,745028	x	x							
E30	-70,685720	-15,748785	x								
E31	-70,689728	-15,754502	x	x	x	x			x		
E32	-70,688918	-15,767991	x						x		
E33	-70,674986	-15,748576	x						x		x
E34	-70,674496	-15,762586	x	x	x	x			x		
E35	-70,681979	-15,772897	x	x							
E36	-70,673251	-15,775507	x	x					x		
E37	-70,663547	-15,761833	x						x		

Anexo 7. Parámetros limnológicos por estaciones de muestreo superficial y en columna de agua. Laguna Lagunillas (Mayo. 2014).

ESTACION	FECHA MUESTREO	HORA MUESTREO	LONGITUD °W	LATITUD °S	PROF. (m)	TRANSP. (m)	PROF. MUEST. (m)	TEMP. (°C)	pH	C. E. (uS/cm)	PRESION (mbar)	O.D. (mg/L)	CO2 (mg/L)	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)		DUREZA TOTAL (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	PO4 (mg/L)	NO2 (mg/L)	NO3 (mg/L)	N-T (mg/L)	PO4 - T (mg/L)	P-T (mg/L)	SiO2 (mg/L)	SO4 (mg/L)	Mn (mg/L)	CLOROFILA (mg/m3)	SST (mg/l)
E-1	29/05/2014	11:00 a.m.	-70,795	-15,681	4,90	2,5	0	9,0	9,57	815	620	7,10	0,0	105	136,8	220	0,216	0,011	0,031	1,10	1,60	0,52	0,136	58	0,05	1,77	11,00	
E-2	29/05/2014	11:15 a.m.	-70,802	-15,691	1,50	-	0	7,5	9,41	912	620	8,08	0,0	111	153,9	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-3	29/05/2014	11:35 a.m.	-70,808	-15,699	3,50	2,5	0	8,0	9,42	1199	618	9,27	0,0	105	171,0	210	0,123	0,007	0,043	0,91	1,90	0,62	0,214	67	0,052	2,11	19,00	
E-4	29/05/2014	12:15 p.m.	-70,785	-15,697	4,80	3,5	0	9,7	9,14	988	619	7,57	1,0	102	171,0	200	0,110	0,006	0,031	1,08	1,40	0,46	0,117	54	0,043	1,70	8,67	
E-5	26/05/2014	12:01 p.m.	-70,791	-15,705	3,50	2,8	0	8,4	9,60	960	619	7,86	0,0	105	171,0	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-6	29/05/2014	11:50 a.m.	-70,797	-15,713	3,50	3,0	0	9,4	9,24	986	618	7,53	0,0	108	153,9	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-7	29/05/2014	12:24 p.m.	-70,777	-15,689	6,00	4,5	0	10,2	9,07	965	619	7,16	1,0	105	153,9	230	0,147	0,012	0,032	0,76	1,70	0,55	0,256	55	0,042	2,46	21,00	
E-8	29/05/2014	12:38 p.m.	-70,771	-15,680	7,00	6,0	0	10,0	9,09	981	619	7,18	0,5	108	136,8	220	0,165	0,007	0,043	0,53	2,20	0,72	0,194	53	0,032	1,90	18,33	
E-9	29/05/2014	12:56 p.m.	-70,779	-15,683	6,80	4,7	0	10,0	9,10	955	619	7,23	0,5	105	153,9	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-10	29/05/2014	01:09 p.m.	-70,756	-15,686	6,80	5,0	0	10,0	9,09	979	617	7,20	1,0	105	153,9	220	0,127	0,004	0,033	0,56	1,90	0,62	0,192	55	0,034	2,58	17,33	
E-11	29/05/2014	01:32 p.m.	-70,765	-15,698	6,70	5,0	0	9,8	9,05	957	617	7,10	0,5	108	153,9	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-12	29/05/2014	02:00 p.m.	-70,774	-15,710	6,00	5,2	0	10,0	9,04	956	616	7,21	1,0	111	153,9	240	0,185	0,006	0,051	0,90	1,50	0,49	0,171	56	0,032	3,40	11,00	
E-13	29/05/2014	02:20 p.m.	-70,783	-15,724	4,00	-	0	10,4	9,09	960	615	7,43	0,5	117	153,9	220	0,213	0,001	0,016	0,64	1,90	0,62	0,142	54	0,035	3,81	13,00	
E-14	29/05/2014	04:00 p.m.	-70,743	-15,696	4,50	-	0	10,2	9,09	986	615	7,55	1,0	111	153,9	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-15	29/05/2014	03:47 p.m.	-70,751	-15,708	7,60	4,8	0	9,8	9,10	962	615	7,28	0,5	114	153,9	220	0,110	0,001	0,054	0,72	1,50	0,49	0,168	54	0,032	3,82	19,00	
E-16	29/05/2014	03:00 p.m.	-70,760	-15,721	7,00	5,0	0	10,2	9,00	940	615	7,07	1,0	117	153,9	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-17	29/05/2014	-	-70,769	-15,733	2,50	-	0	11,0	9,06	969	616	7,46	0,5	120	153,9	200	0,120	0,001	0,022	0,61	1,80	0,59	0,184	58	0,042	2,93	10,67	
E-18	29/05/2014	04:24 p.m.	-70,730	-15,708	0,50	-	0	10,4	9,21	949	615	8,40	0,5	111	171,0	200	0,103	0,006	0,007	0,53	1,90	0,62	0,108	60	0,025	1,83	24,00	
E-19	30/05/2014	09:20 a.m.	-70,738	-15,720	10,00	6,0	0	9,6	9,00	985	619	6,84	1,5	120	153,9	210	0,130	0,001	0,024	0,52	1,70	0,55	0,142	59	0,048	1,55	15,67	
E-20	30/05/2014	08:40 a.m.	-70,747	-15,731	12,40	6,0	0	9,5	8,98	983	619	6,94	1,5	123	153,9	210	0,154	0,001	0,030	0,61	2,10	0,69	0,214	61	0,046	2,93	11,67	
E-21	30/05/2014	08:25 a.m.	-70,757	-15,746	3,00	-	0	9,8	9,00	1015	619	7,13	1,5	120	153,9	220	0,127	0,001	0,024	0,63	1,90	0,62	0,221	57	0,049	3,88	18,00	
E-22	30/05/2014	-	-70,715	-15,717	6,30	5,0	0	10,0	9,06	969	619	7,01	1,0	120	171,0	220	0,110	0,009	0,033	0,67	2,00	0,65	0,198	60	0,052	2,11	7,67	
E-23	30/05/2014	10:56 a.m.	-70,725	-15,730	12,40	6,2	0	10,3	9,01	961	619	6,84	1,5	126	153,9	210	0,230	0,002	0,022	0,69	2,30	0,75	0,219	62	0,047	1,70	5,67	
E-24	30/05/2014	11:30 a.m.	-70,735	-15,744	13,50	6,2	0	10,8	8,99	940	619	6,24	2,0	120	153,9	230	0,154	0,004	0,044	0,58	2,10	0,69	0,204	60	0,058	1,77	4,33	
E-25	30/05/2014	12:00 p.m.	-70,744	-15,758	4,00	-	0	10,5	9,09	978	618	7,20	1,0	123	153,9	220	0,161	0,001	0,035	0,61	2,80	0,91	0,241	65	0,055	3,06	11,00	
E-26	30/05/2014	01:16 p.m.	-70,705	-15,731	4,40	-	0	10,7	9,10	1059	617	7,50	1,0	120	153,9	210	0,123	0,001	0,017	0,61	1,90	0,62	0,287	67	0,042	3,88	9,33	
E-27	30/05/2014	12:56 p.m.	-70,713	-15,742	18,50	6,0	0	10,6	8,86	1043	617	6,37	1,0	126	153,9	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-28	30/05/2014	-	-70,709	-15,752	11,20	6,0	0	10,7	8,97	916	617	6,75	2,5	123	153,9	220	0,144	0,011	0,016	0,59	2,00	0,65	0,304	60	0,051	3,06	22,67	
E-29	27/05/2014	-	-70,693	-15,745	12,40	6,0	0	12,4	8,75	939	618	5,58	3,0	123	171,0	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-30	27/05/2014	-	-70,686	-15,749	12,00	6,0	0	12,5	8,73	978	618	5,87	2,0	120	153,9	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-31	27/05/2014	02:50 a.m.	-70,690	-15,755	40,00	5,6	0	12,7	8,73	923	619	5,38	1,5	126	153,9	230	0,103	0,009	0,067	0,59	2,80	0,91	0,4	71	0,056	1,77	2,33	
E-32	27/05/2014	02:23 a.m.	-70,689	-15,768	18,10	5,2	0	14,0	8,73	937	620	5,36	3,0	120	153,9	220	0,264	0,009	0,021	0,54	5,10	1,66	0,363	69	0,034	2,65	4,00	
E-33	27/05/2014	02:00 a.m.	-70,675	-15,749	10,60	5,5	0	13,1	8,83	930	-	6,28	2,0	123	153,9	210	0,168	0,002	0,029	0,76	5,00	1,63	0,229	71	0,054	2,99	16,67	
E-34	27/05/2014	12:47 p.m.	-70,674	-15,763	48,00	6,0	0	13,0	8,64	928	623	5,60	2,5	126	171,0	210	0,240	0,004	0,015	0,64	5,10	1,66	0,319	70	0,042	2,86	8,33	
E-35	27/05/2014	12:34 p.m.	-70,682	-15,773	19,00	5,2	0	13,2	8,69	899	-	5,38	1,0	120	153,9	200	0,216	0,007	0,047	0,30	4,30	1,40	0,281	72	0,069	2,18	23,67	
E-36	27/05/2014	11:39 a.m.	-70,673	-15,776	8,00	4,5	0	14,2	8,64	877	624	5,31	2,5	129	171,0	219	0,244	0,007	0,045	0,79	3,50	1,14	0,328	72	0,048	2,11	13,33	
E-37	27/05/2014	12:16 p.m.	-70,664	-15,762	15,00	5,0	0	13,8	8,63	832	-	5,66	1,0	126	153,9	230	0,185	0,006	0,083	0,75	4,80	1,57	0,368	77	0,068	3,06	12,33	

Anexo 8. Medidas de tendencia y dispersión de parámetros limnológicos por estaciones de muestreo superficial. Laguna Lagunillas (Mayo. 2014).

ESTACIONES DE MUESTREO	MEDIDAS DE TENDENCIA Y DISPERSIÓN		TEMP.	pH	C. E.	PRESION	O.D.	CO2	ALCALINIDAD TOTAL	DUREZA TOTAL	CLORUROS	PO4	NO2	NO3	N-T	PO4 - T	P-T	SiO2	SO4	Mn	CLOROFILA	SST	TRANSP.
	N° muestras	DISPERSIÓN	(°C)	(uS/cm)	(mbar)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/m3)	(mg/l)	(m)
	N° muestras		37	37	37	34	37	37	37	37	37	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29
	Maximo		14,20	9,60	1199,0	624,0	9,27	3,0	129,0	171,0	260,0	0,264	0,012	0,083	1,10	5,10	1,66	0,400	77,0	0,069	3,88	24,00	6,2
	Minimo		7,50	8,63	815,0	615,0	5,31	0,0	102,0	136,8	200,0	0,103	0,001	0,007	0,30	1,40	0,46	0,108	53,0	0,025	1,55	2,33	2,5
37	Media		10,69	9,02	959,6	618,1	6,89	1,1	116,3	156,7	218,1	0,162	0,005	0,034	0,68	2,54	0,83	0,230	62,1	0,046	2,59	13,32	5,0
(Distribucion superficial)	Rango		6,70	0,97	384,0	9,0	3,96	3,0	27,0	34,2	60,0	0,161	0,011	0,076	0,80	3,70	1,21	0,292	24,0	0,044	2,33	21,67	3,7
	Varianza		2,70	0,06	3860,53	4,31	0,83	0,69	63,20	73,32	176,80	0,002	0,000	0,000	0,03	1,47	0,16	0,006	48,03	0,000	0,57	37,70	1,28
	Desviación estandar		1,64	0,24	62,13	2,08	0,91	0,83	7,95	8,56	13,30	0,049	0,004	0,017	0,17	1,21	0,40	0,079	6,93	0,011	0,75	6,14	1,13
	Coefficiente de variabilidad		15,39	2,64	6,47	0,34	13,23	72,45	6,84	5,47	6,10	29,98	68,05	50,02	25,47	47,72	47,72	34,36	11,16	23,60	29,10	46,09	22,64

Anexo 9. Distribución vertical por estaciones de muestreo (noroeste - sureste) de parámetros limnológicos. Laguna Lagunillas. (Mayo 2014)

ESTACION	FECHA MUESTREO	HORA MUESTREO	COORDENADAS		PROF.	TRANSP.	PROF. MUEST.	TEMP.	pH	O.D.	CO2	C. E.	ALCALINIDAD TOTAL	DUREZA TOTAL	CLORUROS	PO4	NO2	NO3	N-T	PO4 - T	P-T	SiO2	SO4	Mn	CLOROFILA-a
			LONGITUD	LATITUD																					
			"W	"S	(m)	(m)	(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
E-3	29/05/2014	11:35 a.m.	-70,808461	-15,699021	3,50	2,5	0	8,0	9,42	9,27	0,0	1199	105	171,0	210	0,123	0,007	0,043	0,91	1,90	0,62	0,214	67,0	0,052	2,11
E-12	29/05/2014	02:00 p.m.	-70,773769	-15,710185	6,00	5,2	0	10,0	9,04	7,21	1,0	956	111	153,9	240	0,185	0,006	0,051	0,90	1,50	0,49	0,171	56,0	0,032	3,40
							5	9,0	9,09	7,59	1,0	944	108	136,8	230	0,247	0,001	0,033	0,92	1,50	0,49	0,172	58,0	0,040	3,00
E-15	29/05/2014	03:47 p.m.	-70,750887	-15,707993	7,60	4,8	0	9,8	9,10	7,28	0,5	962	114	153,9	220	0,110	0,001	0,054	0,72	1,50	0,49	0,168	54,0	0,032	3,82
							5	9,0	9,10	7,35	1,0	977	114	153,9	220	0,137	0,001	0,058	0,68	1,60	0,52	0,175	56,0	0,040	3,75
E-23	30/05/2014	10:56 a.m.	-70,724561	-15,729823	12,40	6,2	0	10,3	9,01	6,84	1,5	961	126	153,9	210	0,230	0,002	0,022	0,69	0,75	0,24	0,219	62,0	0,047	1,70
							5	9,8	9,00	6,89	2,5	973	120	171,0	210	0,225	0,002	0,026	0,65	0,89	0,29	0,223	64	0,042	2,14
							10	9,4	8,99	6,87	2,5	977	123	153,9	220	0,231	0,003	0,024	0,70	1,2	0,39	0,258	63	0,052	1,87
E-31	27/05/2014	02:50 a.m.	-70,689728	-15,754502	40,00	5,6	0	12,7	8,73	5,38	1,5	923	126	153,9	230	0,103	0,009	0,067	0,59	2,80	0,91	0,400	71,0	0,056	1,77
							10	10,8	8,67	4,85	3,5	944	117	153,9	200	0,161	0,009	0,058	0,67	2,90	0,95	0,440	69,0	0,034	3,47
							20	10,7	8,60	4,46	5,0	944	120	136,8	200	0,134	0,009	0,045	0,67	2,90	0,95	0,450	72,0	0,055	3,06
							38	10,0	8,20	0,20	6,0	931	126	136,8	210	0,189	0,002	0,063	0,68	3,00	0,98	0,460	72,0	0,057	2,11
E-34	27/05/2014	12:47 p.m.	-70,674496	-15,762586	48,00	6,0	0	13,0	8,64	5,60	2,5	928	126	171,0	210	0,240	0,004	0,051	0,64	5,10	1,66	0,319	70,0	0,042	2,86
							10	11,2	8,55	4,85	3,0	922	120	153,9	180	0,130	0,005	0,056	0,88	3,40	1,11	0,298	69,0	0,041	3,88
							20	11,3	8,55	4,76	3,0	900	114	153,9	220	0,195	0,006	0,068	0,81	4,40	1,44	0,320	74,0	0,053	2,52
							40	10,6	8,22	1,26	5,0	923	126	153,9	190	0,161	0,011	0,102	0,74	4,90	1,60	0,321	76,0	0,066	2,18
E-37	27/05/2014	12:16 p.m.	-70,663547	-15,761833	15,00	5,0	0	13,8	8,63	5,66	1,0	832	126	153,9	230	0,185	0,006	0,083	0,75	4,80	1,57	0,368	77,0	0,068	3,06
							10	11,8	8,56	5,17	2,5	926	120	153,9	220	0,092	0,010	0,092	0,77	5,20	1,70	0,370	78,0	0,069	2,65

Anexo 10. Medidas de tendencia y dispersión. Distribución vertical (perfil longitudinal noroeste - sureste), Laguna Lagunillas. (Mayo 2014)

ESTACIONES DE MUESTREO	MEDIDAS DE TENDENCIA Y DISPERSIÓN	TEMP.	pH	O.D.	CO2	C. E.	ALCALINIDAD TOTAL	DUREZA TOTAL	CLORUROS	PO4	NO2	NO3	N-T	PO4-T	P-T	SiO2	SO4	Mn	CLOROFILA-a
		(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
	N° muestras	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
7 (Nivel vertical)	Maximo	13,80	9,42	9,27	6,0	1199,0	126,0	171,0	240,0	0,247	0,011	0,102	0,924	5,200	1,697	0,460	78,000	0,069	3,88
	Minimo	8,00	8,20	0,20	0,0	832,0	105,0	136,8	180,0	0,092	0,001	0,022	0,594	0,751	0,245	0,168	54,000	0,032	1,70
	Media	10,62	8,78	5,64	2,4	951,2	119,0	153,9	213,9	0,171	0,005	0,055	0,743	2,791	0,911	0,297	67,111	0,049	2,74
	Rango	5,80	1,22	9,07	6,0	367,0	21,0	34,2	60,0	0,155	0,010	0,080	0,330	4,449	1,452	0,292	24,000	0,037	2,18
	Varianza	2,24	0,11	4,83	2,78	4968,07	45,53	103,20	225,16	0,003	0,000	0,000	0,010	2,363	0,252	0,010	57,399	0,000	0,532
	Desviación estándar	1,50	0,33	2,20	1,67	70,48	6,75	10,16	15,01	0,050	0,003	0,022	0,102	1,537	0,502	0,102	7,576	0,012	0,729
	Coefficiente de variabilidad	14,10	3,72	38,97	69,81	7,41	5,67	6,60	7,02	29,42	61,53	40,06	13,74	55,07	55,07	34,26	11,29	24,17	26,61
Promedios	0 m	11,1	8,9	6,7	1,1	965,9	119,1	158,8	221,4	0,168	0,005	0,053	0,74	2,62	0,86	0,266	65,3	0,047	2,67
	10 m	10,8	8,7	5,4	2,9	942,3	120,0	153,9	205,0	0,154	0,007	0,058	0,76	3,18	1,04	0,342	69,8	0,049	2,97
	20 m	11,0	8,6	4,6	4,0	922,0	117,0	145,4	210,0	0,165	0,007	0,057	0,74	3,65	1,19	0,385	73,0	0,054	2,79
	40 m	10,3	8,2	0,7	5,5	927,0	126,0	145,4	200,0	0,175	0,007	0,082	0,71	3,95	1,29	0,391	74,0	0,062	2,14

Anexo 11. Medidas de tendencia y dispersión. Distribución vertical zona somera (perfil longitudinal noroeste - sureste, hasta E-23). Laguna Lagunillas. Mayo 2014

ESTACIONES DE MUESTREO	MEDIDAS DE TENDENCIA Y DISPERSIÓN	TEMP.	pH	O.D.	CO2	C. E.	ALCALINIDAD TOTAL	DUREZA TOTAL	CLORUROS	PO4	NO2	NO3	N-T	PO4-T	P-T	SiO2	SO4	Mn	CLOROFILA-a
		(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
	N° muestras	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4 (Nivel vertical)	Maximo	10,3	9,4	9,3	2,5	1199,0	126,0	171,0	240,0	0,247	0,007	0,058	0,92	1,90	0,62	0,258	67,0	0,052	3,82
	Minimo	8,0	9,0	6,8	0,0	944,0	105,0	136,8	210,0	0,110	0,001	0,022	0,65	0,75	0,24	0,168	54,0	0,032	1,70
	Media	9,4	9,1	7,4	1,3	993,6	115,1	156,0	220,0	0,186	0,003	0,039	0,77	1,36	0,44	0,200	60,0	0,042	2,72
	Rango	2,3	0,4	2,4	2,5	255,0	21,0	34,2	30,0	0,137	0,006	0,036	0,27	1,15	0,38	0,090	13,0	0,020	2,12
	Varianza	0,54	0,02	0,63	0,79	7014,27	53,84	120,10	114,29	0,003	0,000	0,000	0,01	0,15	0,02	0,001	21,43	0,000	0,75
	Desviación estándar	0,73	0,14	0,80	0,89	83,75	7,34	10,96	10,69	0,055	0,002	0,014	0,12	0,38	0,12	0,033	4,63	0,01	0,87
	Coefficiente de variabilidad	7,80	1,53	10,74	70,91	8,43	6,37	7,02	4,86	29,64	77,45	37,02	15,30	28,25	28,25	16,61	7,72	18,67	31,89
Promedios	0 m	9,5	9,1	7,7	0,8	1019,5	114,0	158,2	220,0	0,162	0,004	0,042	0,81	1,41	0,46	0,193	59,8	0,041	2,8
	5 m	9,0	9,1	7,5	1,0	960,5	111,0	145,4	225,0	0,192	0,001	0,046	0,80	1,55	0,51	0,174	57,0	0,040	3,4
	10 m	9,4	9,0	6,9	2,5	977,0	123,0	153,9	220,0	0,231	0,003	0,024	0,70	1,20	0,39	0,258	63,0	0,052	1,9

Anexo 12. Densidad de especies de fitoplancton (ind/m<sup>3</sup>) de la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)

Grupo	Especie	E01	E03	E04	E06	E08	E10	E12	E15	E18	E21	E25	E28	TOTAL		
Chlorophyta	<b>SubTotal</b>	<b>742400</b>	<b>145600</b>	<b>2912000</b>	<b>206400</b>	<b>2760000</b>	<b>10444800</b>	<b>2185600</b>	<b>3395200</b>	<b>1744000</b>	<b>1316800</b>	<b>2792000</b>	<b>6340800</b>	<b>34985600</b>		
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>				46400									46400		
	<i>Ankyra</i> sp.									11200				11200		
	<i>Chlamydocapsa</i> sp.	6400			6400		102400	176000	25600	73600	56000	56000	196800	699200		
	<i>Chlamydomonas</i> sp.	3200						1600						4800		
	<i>Chodatella quadrisetta</i>						12800							12800		
	<i>Closterium aciculare</i>	665600	113600	2217600	142400		6758400	1689600	3184000	1038400	875200	2344000	4948800	23977600		
	<i>Closterium moniliferum</i>					3200								3200		
	<i>Closterium</i> sp.					2430400		25600							2456000	
	<i>Coelastrum</i> sp.	4800			1600	30400	128000	76800	9600	33600	51200	52800	81600	470400		
	<i>Cosmarium punctulatum</i>		1600	33600			25600			4800	1600	3200		70400		
	<i>Crucigenia</i> sp.					6400								43200	49600	
	<i>Dictiosphaerium</i> sp.				6400		435200	57600	16000	84800	33600	33600	177600	844800		
	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>						128000	12800	3200	20800	1600	3200	19200	188800		
	<i>Eudurina</i> sp.	8000					51200	48000	43200	12800	27200	24000	163200	377600		
	<i>Gloeocystis</i> sp.						640000	48000	36800	188800	118400	139200	268800	1440000		
	<i>Nephrocytium</i> sp.					4800								4800		
	<i>Oocystis burki</i>	11200					192000							203200		
	<i>Oocystis crassa</i>						166400							166400		
	<i>Oocystis</i> sp.	1600					409600	12800	12800	73600	32000	38400	62400	643200		
	<i>Pandorina morum</i>	9600							3200	4800		3200	3200	24000		
	<i>Pediastrum boryanum</i>	6400	3200	190400			28800	140800	24000		6400	4800	24000	435200		
	<i>Pediastrum duplex</i>	3200	4800	78400			11200	102400		8000	17600	19200	17600	281600		
	<i>Scenedesmus arcuatus</i>		1600	257600			38400	6400	6400	3200				313600		
	<i>Scenedesmus cuadricauda</i>			8000	78400			12800		4800	3200	3200		110400		
	<i>Scenedesmus</i> sp.						68800							14400	83200	
	<i>Sphaerocystis</i> sp.					145600	985600		38400	139200	73600	54400	192000	1628800		
<i>Staurastrum</i> sp.		12800	56000	3200		76800	9600	6400	17600	9600	11200	28800	232000			
<i>Tetraedron minimum</i>	22400					30400							52800			
<i>Ulothrix</i> sp.							12800			8000	4800	3200	28800			
<i>Wostella</i>								19200		4800			100800	124800		
<b>Grupo</b>	<b>Especie</b>	<b>E01</b>	<b>E03</b>	<b>E04</b>	<b>E06</b>	<b>E08</b>	<b>E10</b>	<b>E12</b>	<b>E15</b>	<b>E18</b>	<b>E21</b>	<b>E25</b>	<b>E28</b>	<b>TOTAL</b>		
Bacillariophyta	<b>SubTotal</b>	<b>4687600</b>	<b>2302400</b>	<b>7123200</b>	<b>734400</b>	<b>808000</b>	<b>3097600</b>	<b>3051200</b>	<b>668800</b>	<b>2494400</b>	<b>371200</b>	<b>840000</b>	<b>340800</b>	<b>26519600</b>		
	<i>Amphora avalis</i>					19200	12800			89600	3200	3200		128000		
	<i>Asterionella</i> sp.						12800	3200		4800				20800		
	<i>Cocconeis</i> sp.	128000	260800	1993600			76800			153600	19200	25600	24000	2681600		
	<i>Cyclotella</i> sp.					20800	38400			25600	6400	6400	24000	121600		
	<i>Cymbella</i> sp.	49600	246400	1232000	33600	4800	12800	6400	3200	107200	6400	8000	24000	1734400		
	<i>Diploneis</i> sp.		24000	268800	73600	1600	435200							803200		
	<i>Epithemia</i> sp.	4800	11200	78400	9600		12800	3200		6400	1600	11200		139200		
	<i>Fragilaria</i> sp.	4264000	1366400	1097600	264000	688000	2086400	2982400	654400	2022400	307200	748800	168000	16649600		
	<i>Frustulia vulgaris</i>		40000	380800	4800		12800	6400		12800			4800	462400		
	<i>Gomphonemas</i> sp.									4800				4800		
	<i>Gyrosigma</i> sp.		22400	145600	6400		12800				1600	1600		190400		
	<i>Navicula</i> sp.	9200	80000	492800	54400	12800			3200	30400	6400	6400		695600		
	<i>Nitzschia</i> sp.		1600	11200	54400	3200			3200				4800	78400		
	<i>Stephanodiscus</i> sp.	232000	41600	179200	91200	57600	345600	38400	11200	25600	16000	19200	91200	1148800		
	<i>surirella</i> sp.						12800			3200	1600	3200		20800		
	<i>Synedra</i> sp.		208000	1243200	142400		25600	4800		8000	1600	6400		1640000		
	<b>Sub Total</b>	<b>7200</b>	<b>814400</b>	<b>1601600</b>	<b>240000</b>	<b>4800</b>	<b>307200</b>	<b>84800</b>	<b>72000</b>	<b>48000</b>	<b>36800</b>	<b>46400</b>	<b>307200</b>	<b>3570400</b>		
	Cyanophyta	<i>Anabaena</i> sp.	1600	0	0	6400	0	12800	3200	1600	6400	4800	4800	0	41600	
		<i>Anabaena spiroides</i>		6400	56000										62400	
		<i>Chlorhorimidium</i> sp.				6400									6400	
		<i>Chroococcus</i> sp.							14400	6400				9600	30400	
		<i>Gloeocapsa</i> sp.				1600		51200	16000	57600					33600	160000
		<i>Gomphosphaeria</i> sp.		796800	1366400	6400		140800	19200		22400	22400	32000	172800	2579200	
		<i>Hormidium</i> sp.						12800							12800	
		<i>Lyngbya</i> sp.		6400	89600	190400									286400	
		<i>Merismopedia</i> sp.	800					12800	16000					9600	39200	
<i>Microcystis delicatissima</i>										3200				3200		
<i>Microcystis</i> sp.		1600				4800	25600	11200	3200	9600			76800	132800		
<i>Nodularia</i> sp.							25600				3200	3200		32000		
<i>Nostoc</i> sp.		3200	4800	89600										97600		
<i>Oscillatoria</i> sp.				28800		25600	4800		9600	6400	6400	4800	86400			
Pyrrhophyta	<b>Sub Total</b>	<b>12800</b>					<b>12800</b>		<b>3200</b>	<b>4800</b>	<b>8000</b>		<b>28800</b>			
	<i>Ceratium</i> sp.						12800		1600	4800	8000		27200			
	<i>Peridinium</i> sp.								1600				1600			
Chryso- phyta	<b>Sub Total</b>	<b>0</b>	<b>4800</b>	<b>22400</b>	<b>68800</b>	<b>3200</b>	<b>51200</b>		<b>8000</b>	<b>25600</b>	<b>33600</b>	<b>4800</b>	<b>222400</b>			
	<i>Mallomonas</i> sp.	0	4800	22400	68800	3200	51200		8000	25600	33600	4800	222400			
<b>TOTAL</b>	<b>5437200</b>	<b>3267200</b>	<b>11659200</b>	<b>1249600</b>	<b>3576000</b>	<b>13913600</b>	<b>5321600</b>	<b>4136000</b>	<b>4297600</b>	<b>1755200</b>	<b>3720000</b>	<b>6993600</b>	<b>65326800</b>			

Anexo 13. Densidad de especies de zooplancton (ind/m<sup>3</sup>) de la Laguna Lagunillas (Mayo. 2014)

Grupo/Especie	E01	E02	E03	E04	E06	E08	E10	E12	E13	E15	E17	E18	E20	E21	E22	E25	E26	E28	Total
<b>CLADOCEROS</b>	<b>11000</b>	<b>10250</b>	<b>8000</b>	<b>7250</b>	<b>24750</b>	<b>3750</b>	<b>6750</b>	<b>8250</b>	<b>12750</b>	<b>14500</b>	<b>11000</b>	<b>11250</b>	<b>8000</b>	<b>14000</b>	<b>1000</b>	<b>6750</b>	<b>4000</b>	<b>8500</b>	<b>171750</b>
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	5500	4250	3000	0	4000	0	1750	3250	0	4500	3250	2250	2500	1500	0	750	0	3250	39750
<i>Daphnia pulex</i>	4500	5250	3750	5250	6750	0	3000	5000	6250	8250	2000	3750	1000	4000	1000	2000	3000	2500	67250
<i>Pleuroxus</i> sp.	1000	750	1250	2000	14000	3750	2000	0	6500	1750	5750	5250	4500	8500	0	4000	1000	2750	64750
<b>COPEPODOS</b>	<b>49000</b>	<b>15004</b>	<b>18250</b>	<b>27250</b>	<b>44750</b>	<b>53000</b>	<b>62000</b>	<b>41250</b>	<b>63250</b>	<b>42250</b>	<b>67500</b>	<b>65750</b>	<b>78000</b>	<b>66250</b>	<b>66000</b>	<b>67500</b>	<b>59000</b>	<b>69500</b>	<b>955504</b>
<i>Boeckella occidentalis</i>	16250	3750	4750	7000	10500	17500	16000	10250	21250	16750	17250	21250	28750	14500	24500	16500	13500	24500	284750
<i>Boeckella titicacae</i>	11750	3000	1750	3000	8500	8750	15500	6000	15000	5750	8500	13250	25750	13000	11000	9500	9000	17000	186000
<i>Metacyclops leptopus</i>	10000	6500	5750	7250	13250	13750	15000	6250	15000	5000	8500	8750	11000	17500	10000	16250	13750	10750	194250
<i>Nauplio calanoideo</i>	4000	4	1500	2250	3500	5000	6000	8000	4500	6750	14750	9750	4500	6000	7500	8250	8750	6000	107004
<i>Nauplio cyclopoideo</i>	7000	1750	4500	7750	9000	8000	9500	10750	7500	8000	18500	12750	8000	15250	13000	17000	14000	11250	183500
<b>ROTIFEROS</b>	<b>500500</b>	<b>152500</b>	<b>62750</b>	<b>46000</b>	<b>181000</b>	<b>51000</b>	<b>72250</b>	<b>52000</b>	<b>34750</b>	<b>37750</b>	<b>57250</b>	<b>40250</b>	<b>9500</b>	<b>64500</b>	<b>21250</b>	<b>193000</b>	<b>62750</b>	<b>117000</b>	<b>1756000</b>
<i>Asplanchna</i> sp.	12250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0	24750	13500	7500	68000
<i>Brachionus</i> sp.	5250	0	0	2500	3000	0	0	0	0	0	0	1500	0	2750	250	0	0	0	16250
<i>Filinia</i> sp.	4250	750	500	1000	6250	750	2750	0	0	500	1750	2000	0	0	500	7000	9250	11250	48500
<i>Keratella coelearis</i>	284750	94000	29750	15250	6750	2750	750	4500	2250	1750	5000	5500	500	1750	1500	0	3500	2500	462750
<i>Keratella quadrata</i>	194000	57750	32500	27250	165000	47500	68750	47500	32500	35500	50500	31250	9000	50000	19000	161250	36500	95750	1161500
<b>TOTAL</b>	<b>560500</b>	<b>177754</b>	<b>89000</b>	<b>80500</b>	<b>250500</b>	<b>107750</b>	<b>141000</b>	<b>101500</b>	<b>110750</b>	<b>94500</b>	<b>135750</b>	<b>117250</b>	<b>95500</b>	<b>144750</b>	<b>88250</b>	<b>267250</b>	<b>125750</b>	<b>195000</b>	<b>2883254</b>

## FOTOGRAFIAS



Foto 1. Navegando equipo técnico del IMARPE y del PELT



Foto 2. Calado de redes cortinas para pesca en Laguna Lagunillas



Foto 3. Desmallado de peces capturados con redes cortina en Laguna Lagunillas.



Foto 4. Especies capturados "trucha arco iris" y "carachi amarillo" con redes cortina, Laguna Lagunillas.



Foto 5. Muestreo biológicos de “carachi amarillo” de Laguna Lagunillas



Foto 6. Lancha para realización de trabajos acústicos y limnológicos, Laguna Lagunillas.



Foto 7. Modulo de jaulas flotantes para crianza de "trucha arco iris", Laguna Lagunillas



Foto 8. Módulos de jaulas flotantes para crianza de "trucha arco iris" zona de Totorani, Laguna Lagunillas



Foto 9. Vista panorámica de Isla Grande (Rumitía) en Laguna Lagunillas



Foto 10. Vista panorámica de Isla Laquili en Laguna Lagunillas



Foto 11. Vista panorámica de Represa sobre el Rio Verde en Laguna Lagunillas.