

**ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL****DIVERSITY OF PLANKTON AND MACROZOOBENTHOS AS ALTERNATIVE INDICATOR OF WATER QUALITY OF LURIN RIVER IN THE DISTRICT OF CIENEGUILLA, LIMA-PERU****DIVERSIDAD DEL PLANCTON Y MACROZOOBENTOS COMO INDICADOR ALTERNATIVO DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO LURÍN EN EL DISTRITO DE CIENEGUILLA, LIMA-PERU**José Iannacone<sup>1,2</sup>, Lorena Alvarino<sup>2</sup>, Roobert Jiménez-Reyes<sup>2</sup> & George Argota<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecofisiología Animal. Escuela de Biología de Facultad Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal, Calle San Marcos 351 Pueblo Libre Lima-Perú

Correo electrónico: joseiannacone@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Invertebrados. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma. Av. Benavides 5440. Santiago de Surco, Lima, Perú.

<sup>3</sup> Centro de Toxicología y Biomedicina (TOXIMED). Universidad de Ciencias Médicas. Autopista Nacional Km. 1 ½. Telef:(53)(22) 643796. AP 4033. Santiago de Cuba 90400, Cuba. Laboratorio de Ecotoxicología. Grupo de Estudios Preclínicos. Laboratorio de Patología Toxicológica. Grupo de Química y Ambiental, Cuba.

The Biologist (Lima), 2013, 11(1), jan-jun: 79-95.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the diversity of plankton and macrozoobenthos as an indicator of water quality in the Lurin River District of Cieneguilla, Lima, Peru. It established five sampling stations in the river Lurin: Acequia, left side, center, right margin and under the bridge. The diversity of phytoplankton was 35 genera. The greatest generic diversity was observed in Bacillariophyceae and Chlorophyta. Under the bridge was the station with the lowest degree of association for phytoplankton versus the other four sampling stations. The four genera of phytoplankton with higher frequency of occurrence and numerical dominance were *Cocconeis*, *Navicula*, *Pinnularia* and *Diatoma*. Regarding the diversity of zooplankton and macrozoobenthos was observed a total of nine genera for each ecological group. The zooplanktonic rotifer *Brachionus* was observed in all sampling stations. A macrozoobenthic genus of Ephemeroptera was observed in the five sampling stations. Most biological indicators of phytoplankton, zooplankton and macrozoobenthos versus physical-chemical parameters of water quality (pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and substrate type) were strongly associated with the first component (PC<sub>1</sub>) of Principal Component Analysis.

**Key words:** diversity, hydrobiological communities, Lurin, macrozoobenthos, phytoplankton, similarity.

**RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad del plancton y del macrozoobentos como indicador de calidad de agua del río Lurín en el Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú. Se establecieron cinco estaciones de muestreo en el cauce del río Lurín denominadas: Acequia, margen izquierdo, Centro, margen derecho y debajo del puente. La diversidad del fitoplancton fue de 35 géneros. La mayor riqueza de géneros se observaron en Bacillariophyceae y Chlorophyta. Debajo del puente, fue la estación con menor grado de asociación para el

fitoplancton versus las otras cuatro estaciones de muestreo. Los cuatro géneros de fitoplancton con mayor frecuencia de ocurrencia y de dominancia numérica fueron *Cocconeis*, *Navicula*, *Pinnularia* y *Diatoma*. En relación a la diversidad del zooplancton y del macrozoobentos se observaron un total de nueve géneros para cada grupo ecológico. El rotífero zooplanctónico *Brachionus* se observó en todas las estaciones de muestreo. Un género de Ephemeroptera se observó en el macrozoobentos en las cinco estaciones de muestreo. La mayoría de los indicadores biológicos de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos versus los parámetros físico-químicos de calidad de agua (pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto y tipo de sustrato) se encontraron fuertemente asociadas al primer componente (CP<sub>1</sub>) del Análisis de Componentes Principales.

**Palabras clave:** comunidades hidrobiológicas, diversidad, fitoplancton, Lurin, macrozoobentos, similaridad.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la población humana ha disminuido el acceso a aguas limpias, ocasionado aguas inadecuadas para la bebida e impacto ambiental en los ríos (Caballero 2003, Fontúrbel et al. 2006, Silva et al. 2006). Las variables físico-químicas son las mayormente utilizadas para monitorear la calidad del agua de los ríos (Fontúrbel 2005, Gonçalves & Menezes 2011).

El empleo de la biota para evaluar y monitorear la calidad del agua se ha incrementado considerablemente durante los últimos años (Arcos-Pulido & Gómez-Prieto 2006, Abuhatab-Aragón & Donato-Rondón 2012). Un alto número de agencias ambientales de todo el mundo emplean métodos para la evaluación de la calidad del agua basados en la utilización de comunidades biológicas (Barbour et al. 1999, Fontúrbel 2005, Cuesta et al. 2007). Las principales razones para el empleo de seres vivos para monitorear la calidad del agua, son el costo relativo bajo y lo sencillo de implementar este tipo de estudios, en comparación con los onerosos análisis químicos o de toxicidad (Montejano et al. 1999, Iannacone & Alvarino 2000, Iannacone et al. 2000b, Vouilloud et al. 2005, Ruiz et al. 2007).

De los organismos que habitan los ambientes lóticos, las algas y los insectos acuáticos son los grupos biológicos que más se emplean para monitorear la calidad del agua (Whitton & Rott 1997, Barbour et al. 1999, Iannacone et al. 2000a, Vuorio et al. 2007, Thorp & Covich 2010, Abuhatab-Aragón & Donato-Rondón 2012). La determinación cualitativa y cuantitativa de la comunidad de invertebrados nos sirve como indicadores biológicos de la calidad del agua debido a su alta diversidad (Prat et al. 1999, Alonso & Camargo 2005, Darrigran et al. 2007, Bargues et al. 2011, Gonçalves & Menezes 2011).

Los índices biológicos informan de situaciones acontecidas algún tiempo atrás, desvelando factores no presentes en el momento de la toma de muestras (Iannacone et al. 2001, Silva et al. 2006). En efecto, el estudio de la estructura de una comunidad descubre la actuación de agentes que inciden de forma discontinua y que pueden, por tanto, no ser detectados a través de análisis físico-químicos rutinarios. Las distintas respuestas del medio ante los contaminantes se reflejan mejor en las características de todo el ecosistema sometido a estrés, que en unos pocos parámetros ambientales a veces seleccionados de forma incorrecta (Pérez & Segnini 2005, Gamboa et al. 2008). El que determinados organismos puedan actuar como indicadores, se debe al

bajo grado de tolerancia que éstos presentan ante pequeñas alteraciones del ambiente (organismos estenoicos) (Bellinger & Sigee 2010).

Las microalgas componentes del fitoplancton han sido utilizadas como indicadoras de calidad del agua por su sensibilidad o tolerancia a cambios ambientales y a sus ciclos vitales reducidos (Aguayo & Muñoz 2001, Wehr & Sheath 2003, Yucra 2005, Arellano *et al.* 2006, Yucra & Tapia 2008, Martínez de Marco & Tracanna 2012). Es muy importante el estudio de la biomasa y composición de especies de microalgas para comprender la complejidad de su estructura ecológica (Vuorio *et al.* 2007, Díaz-Quiroz & Rivera-Rondón 2004, Moreno-Ruiz *et al.* 2008, Amador *et al.* 2011). Vuorio *et al.* (2007) señalan que las comunidades fitoplanctónicas proporcionan más información del estado del ecosistema que los nutrientes o que la clorofila.

El zooplancton cumple un rol clave en la transferencia energética de los productores primarios fotosintéticos hacia los niveles tróficos superiores (Grosspietsch 1999, Suthers & Rissik 2009). De igual forma, participan en la regeneración de nutrientes disueltos al hacerlos biodisponibles (Arocena & Conde 1999). El zooplancton ha sido empleado como indicador de calidad de agua debido a su sensibilidad o tolerancia a residuos orgánicos y químicos (Pedrozo & Rocha 2005, Iannacone & Alvarino 2007, Ferdous & Muktadir 2009, Hra 2011, Abdullah 2012).

La comunidad de macroinvertebrados en los ríos es un buen indicador de alteraciones locales debido a que muchos organismos benthicos presentan escasa capacidad de migración o son sésiles (Salazar *et al.* 2001, Iannacone *et al.* 2003, Paredes *et al.* 2004, 2005, Goitia & Bustamante 2009). Estos organismos permiten reflejar cambios ambientales acumulativos en períodos de tiempo relativamente cortos debido a que

tienen ciclos biológicos complejos, como la mayoría de los insectos (Jaramillo *et al.* 1998, Montejano *et al.* 2000, Alonso & Camargo 2005, Oller & Goitia 2005, Espinoza & Morales 2008).

En el río Lurín en Cieneguilla, Lima, Perú, los valores de metales pesados son muy bajos al estar por debajo de los límites de detección (Castro 1993). Sin embargo, el río Lurín, Perú, ha sido objeto de investigación con relación a su comunidad biológica y su relación con algunos parámetros ambientales (Mariazza *et al.* 2006, Pino *et al.* 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad del plancton y del macrozoobentos como indicador alternativo de calidad de agua del río Lurín en el Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

Se ubica en el Distrito de Cieneguilla, Provincia de Lima, limitando con Huarochirí, Km 20. El río Lurín nace en las alturas de Lima, Provincia de Huarochirí y pasa por Cieneguilla para desembocar en el mar a la altura del Km 33 de la carretera Panamericana Sur (Alcon 2001). Presenta una extensión superficial de 1.719.963 km<sup>2</sup> y conforma el ámbito de influencia de Lima Metropolitana. La parte alta de esta cuenca se emplaza en las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes del Perú. El río Lurín se conecta con doce distritos ubicados a lo largo de la parte baja, media y alta de la cuenca. Los doce distritos involucrados son Pachacámac, Cieneguilla, Antioquia, Lahuaytambo, Langa, Santiago de Tuna, San Andrés de Tupicocha, Huarochirí, San Damián, San José de los Chorrillos, Santo Domingo de los Olleros y Tantaranche. Limita por el norte con la cuenca del río Rímac; por el sur y este con la cuenca del río Mala; y, por el Oeste con el Océano Pacífico (Vega 2010).

### Muestreo de campo

Se establecieron cinco estaciones de muestreo en el cauce del río Lurín denominadas: E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente. Las coordenadas geográficas y altitud (msnm) son indicadas en la Tabla 1. Se ubicó geográficamente cada estación empleando un GPS Magellan®310. El muestreo fue realizado el seis de mayo del 2003.

Para el análisis del plancton de las aguas del río se empleó una malla plactónica de 25 *um* filtrando 12 L de agua, los cuales fueron guardados y conservados en frascos de vidrio de 200 mL fijados en AFA (Hotzel & Croome 1999, Wehr & Sheath 2003). Los macroinvertebrados fueron colectados empleando un muestreador tipo surber modificado y se analizó en 1 m<sup>2</sup> de sustrato (Paredes *et al.* 2005) y el material biológico fue fijado en AFA (Thorp & Covich 2010).

En cada estación de muestreo (E) fueron determinados algunos parámetros físico-químicos como el pH, la Conductividad Eléctrica (CE) y el Oxígeno Disuelto (OD). Este último fue determinado mediante el método de Winkler (APHA 2012). Se tomaron muestras de sedimento de aproximadamente 1 kg.

### Análisis de laboratorio

En el caso del plancton y del macrozoobentos se observaron las muestras que estaban fijadas con AFA para su posterior identificación y clasificación. Para el plancton se examinaron en cámaras de Sedwick-Rafter empleando procedimiento estándares de enumeración (Hotzel & Croome 1999, Vicente *et al.* 2005, UNE-EN 15204 2007, Vuorio *et al.* 2007, Suthers & Rissik 2009, APHA 2012) y se usaron claves de identificación a nivel de género para fitoplancton y zooplancton (Aldave 1989, Arocena & Conde 1999, Wehr & Sheath 2003, Bicudo & Menezes 2006, Bellinger & Sigeo 2010, Thorp & Covich

2010). En el caso del macrozoobentos se emplearon varias referencias especializadas (Thorp & Covich 2010). Para el fitoplancton los resultados se expresaron en cel·mL, para el zooplancton en org·L y para el macrozoobentos en org·m<sup>-2</sup>.

Para el análisis granulométrico se utilizaron cinco tamices entre 1,6 mm y 315  $\mu$ m y se separaron los distintos tipos de sedimento. Los resultados de los sedimentos fueron expresados en porcentaje. Los sedimentos finalmente fueron catalogados como Arena fina-Limo-Arcilla o Piedras en base al porcentaje donde se encontró la mayor cantidad del sustrato.

### Análisis de Datos

Fue calculada para cada taxa a nivel de género de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos el valor de frecuencia de ocurrencia (FO%). Con la finalidad de evaluar la diversidad alfa a nivel de género en las comunidades dulceacuícolas de plancton y bentos de cada estación de muestreo fueron utilizados: el número de géneros, número de individuos, índice de Margalef, índice de Shannon-Wiener (H'), índice de Simpson, índice de Berger-Parker y Chao-1 (Iannacone *et al.* 2000a). Para la diversidad Beta de similaridad cuantitativa entre estaciones de muestreo en base al análisis de conglomerados (análisis cluster) para el fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos, se usó el índice de Morisita (Krebs 1978, Margalef 1995). Se empleó una análisis multivariado de Análisis de Componentes Principales (ACP) para relacionar y ordenar las variables ambientales y los valores del número de géneros, número de individuos, índice de Margalef, índice de Shannon-Wiener (H'), índice de Simpson, índice de Berger-Parker y Chao-1 de plancton y bentos (Valentin 2000, Hammer *et al.* 2005). En todos los casos se usó el paquete estadístico PAST - PALaeontological Statistics, ver. 1.34 (Hammer *et al.* 2005).

Para las denominaciones de la textura del suelo se tomó el triángulo de caracterización del suelo del nomograma de suelos de Kramer.

## RESULTADOS

La Tabla 1 nos muestra las coordenadas geográficas, altitud, pH, CE (Conductividad Eléctrica), OD (Oxígeno Disuelto) y tipo de sustrato en las cinco estaciones de muestreo del río Lurín en el distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. Las E<sub>1</sub> y E<sub>4</sub> presentaron los valores más altos de pH y CE. En cambio ambas estaciones mostraron valores bajos de OD y del tipo de sustrato Arena fina-Limo-Arcilla (Tabla 1).

En relación a la diversidad del fitoplancton se observaron un total de 35 géneros en las cinco estaciones de muestreo en el río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú en mayo del 2003. El orden de mayor a menor riqueza de géneros en taxas mayores fue: Bacillariophyceae (n = 19) > Chlorophyta (n = 8) > Cyanophyceae (n = 4) > Zygnemaphyceae (n = 3) > Xanthophyceae (n = 1) (Tabla 2). En relación a la frecuencia de ocurrencia (FO) se observó para los 35 géneros de fitoplancton que 19 (54,28 %) presentaron un 20 % de FO; siete (20 %) mostraron un 40% de FO; cuatro (11,43 %) presentaron un 60% de FO; dos (5,71 %) observaron un 80% de FO y finalmente en tres (8,57 %) se vio un 100% de FO (Tabla 2). Los cuatro géneros de fitoplancton con mayor FO y dominancia numérica fueron *Cocconeis*, *Navicula*, *Pinnularia* y *Diatoma*, pertenecientes a las Bacillariophyceae (Tabla 2). En relación al fitoplancton total, la E<sub>3</sub> presentó el mayor número de géneros. El estimador con relación a la riqueza de géneros de Chao-1 proyectada para E<sub>3</sub> presentó el valor más alto (Tabla 3). Sin embargo, entre las cinco estaciones, E<sub>5</sub> mostró los valores más bajos de diversidad de Shannon, pero los más altos de dominancia según Simpson y Berger-Parker. La Tabla 3 nos muestra que para Chlorophyta, la E<sub>4</sub>

presentó los valores más altos en relación al número de géneros, individuos, Margalef y Shannon y Chao-1. La E<sub>3</sub> presentó los valores más altos de dominancia de géneros. En el caso de las Bacillariophyta, la E<sub>3</sub> presentó el número más alto de individuos, E<sub>2</sub> presenta el valor más alto de Margalef y E<sub>1</sub> el valor mayor de Shannon. La E<sub>5</sub> mostró los mayores valores de dominancia (Tabla 3).

La Figura 1 nos señala una mayor asociación entre las estaciones E<sub>2</sub> y E<sub>3</sub>, y entre E<sub>1</sub> y E<sub>4</sub>, en el análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de Morisita) en el análisis de fitoplancton de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú. La E<sub>5</sub> fue la estación con menor grado de asociación para el fitoplancton con las otras cuatro estaciones de muestreo.

En relación a la diversidad del zooplancton se observaron un total de nueve géneros en las cinco estaciones de muestreo en el río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú en mayo del 2003 (Tabla 4). En relación a la frecuencia de ocurrencia (FO) se observó para los nueve géneros de zooplancton que cinco (55,56 %) presentaron un 20 % de FO; dos (22,22 %) mostraron un 40% de FO; uno (11,11 %) presentaron un 60% de FO, y finalmente en uno (11,11 %) se vio un 100% de FO (Tabla 4).

La Tabla 4 nos indica que el rotífero zooplanctónico *Brachionus* se observó en todas las estaciones. Entre los insectos *Chironomus* se vio bien representada en tres estaciones (60%). En el caso del zooplancton se observó los mayores valores de individuos en la estación E<sub>3</sub>. E<sub>4</sub> y E<sub>5</sub> presentaron los valores mayores para Margalef y Shannon. E<sub>2</sub> y E<sub>3</sub> mostraron los índices de dominancia más altos (Tabla 3). La Figura 2 nos señala una mayor asociación entre las estaciones E<sub>1</sub>-E<sub>3</sub>-E<sub>5</sub>, y entre E<sub>2</sub>-E<sub>4</sub>, en el análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de Morisita) en el análisis de

zooplancton de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú.

En relación a la diversidad del macrozoobentos se observaron un total de nueve géneros en las cinco estaciones de muestreo en el río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú en mayo del 2003 (Tabla 5). En relación a la frecuencia de ocurrencia (FO) se observó para los nueve géneros de macrozoobentos que cuatro (44,44 %) presentaron un 20 % de FO; dos (22,22 %) mostraron un 40% de FO; uno (11,11 %) presentaron un 60% de FO, uno (11,11 %) presentaron un 80% de FO y finalmente en uno (11,11 %) se vio un 100% de FO (Tabla 5). La Tabla 5 nos indica que un género de Ephemeroptera se observó en el macrozoobentos en las cinco estaciones (100%). Los nematodos se vieron bien representados en cuatro estaciones (80%). Para el macrozoobentos, la E<sub>1</sub> indicó mayores valores en relación al número de individuos. E<sub>2</sub> observó altos índices de diversidad de Margalef y Shannon, y E<sub>1</sub> mostró los mayores valores de dominancia (Tabla 3). La Figura 3 nos señala una mayor asociación entre las estaciones E<sub>1</sub>-E<sub>5</sub>, y entre E<sub>2</sub>-E<sub>3</sub>-E<sub>4</sub>, en el análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de

Morisita) en el análisis de macrozoobentos de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú.

La Figura 4 nos indica la gráfica del ACP entre algunos parámetros ambientales como las coordenadas geográficas, altitud, pH, CE (Conductividad Eléctrica), OD (Oxígeno Disuelto) y tipo de sustrato, fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. El Componente Principal 1 (CP<sub>1</sub>) presentó el 80,51% de la varianza y el Componente Principal 2 (CP<sub>2</sub>) observó el 13,27% de la varianza. La mayoría de indicadores biológicos (n = 31), pH, CE y OD se encontraron fuertemente asociadas al primer componente (CP<sub>1</sub>). Las estaciones E<sub>2</sub> al E<sub>5</sub> presentaron un comportamiento de correlación positiva solo al número de individuos del zooplancton. La E<sub>1</sub> mostró asociación con el número de individuos de fitoplancton, Bacillariophyta y macrozoobentos. La altitud no se encontró asociada a ninguna variable o estación de muestreo. La mayoría de indicadores biológicos, pH, CE y OD se encontraron fuertemente asociadas al primer componente (CP<sub>1</sub>).

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas, altitud, pH, CE (Conductividad Eléctrica), OD (Oxígeno Disuelto) y tipo de sustrato en cinco estaciones de muestreo del río Lurín en el distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003.

| Estación de muestreo | Coordenadas geográficas          | Altitud mmsm | pH   | CE mS | OD mg·L <sup>-1</sup> | Sustrato |       |              |        |        |         | Tipo de Sustrato dominante |
|----------------------|----------------------------------|--------------|------|-------|-----------------------|----------|-------|--------------|--------|--------|---------|----------------------------|
|                      |                                  |              |      |       |                       | 1,6 mm   | 1 mm  | 500 um       | 400 um | 315 um | <315 um |                            |
| E <sub>1</sub>       | 12° 05' 36" LS<br>76° 46' 34" LW | 382          | 8,62 | 9,29  | 0,41                  | 0        | 0,55  | 6,3          | 9,22   | 20,56  | 63,36   | Arena fina-Limo-arcilla    |
| E <sub>2</sub>       | 12° 05' 32" LS<br>76° 46' 34" LW | 381          | 8,40 | 6,87  | 0,42                  | 19,97    | 8,9   | 20,94        | 11,49  | 10,7   | 28,93   | Arena fina-Limo-arcilla    |
| E <sub>3</sub>       | 12° 05' 30" LS<br>76° 46' 33" LW | 382          | 8,42 | 0,44  | 6,09                  |          |       | Canto Rodado |        |        |         | Piedras                    |
| E <sub>4</sub>       | 12° 05' 32" LS<br>76° 46' 33" LW | 370          | 8,70 | 10,10 | 0,44                  | 2,15     | 17,41 | 2,75         | 12,31  | 18,99  | 46,37   | Arena fina-Limo-arcilla    |
| E <sub>5</sub>       | 12° 05' 29" LS<br>76° 46' 33" LW | 370          | 7,82 | 0,42  | 6,39                  |          |       | Canto Rodado |        |        |         | Piedras                    |

E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente.

**Tabla 2.** Diversidad del fitoplancton (cel·mL) a nivel de género en cinco estaciones de muestreo del río Lurín - Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. E<sub>1</sub> a E<sub>5</sub>= Estaciones de muestreo. FO = Frecuencia de ocurrencia.

| Taxas   | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> | E <sub>4</sub> | E <sub>5</sub> | FO  |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| <b>Cyanophyceae /Cyanobacteria</b>            |                |                |                |                |                |     |
| <i>Chroococcus</i> Nageli, 1849               | 9              | 4              |                | 1              | 7              | 80  |
| <i>Oscillatoria</i> Vaucher ex Gomont, 1892   |                | 1              |                | 1              |                | 40  |
| <i>Borzia</i> Cohn ex Gomont, 1892            |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Plectonema</i> Thuret ex Gomont, 1892      |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <b>Chlorophyta</b>                            |                |                |                |                |                |     |
| <i>Cladophora</i> Kützing, 1843               |                |                | 1              | 1              |                | 40  |
| <i>Ulothrix</i> Kützing, 1833                 | 3              |                |                | 1              |                | 40  |
| <i>Rhizoclonium</i> Kützing, 1843             |                |                | 3              | 1              | 3              | 60  |
| <i>Scenedesmus</i> Meyen, 1829                |                |                |                |                | 1              | 20  |
| <i>Gloeocystis</i> Nageli, 1849               |                |                |                |                | 1              | 20  |
| <i>Pediastrum</i> Meyen, 1829                 |                |                |                | 1              |                | 20  |
| <i>Pithophora</i> Wittrock, 1877              |                |                |                |                | 1              | 20  |
| <i>Zygnema</i> C. Agardh, 1824                |                |                |                | 1              |                | 20  |
| <b>Xantophyceae</b>                           |                |                |                |                |                |     |
| <i>Tribonema</i> Derbés & Solier, 1856        |                |                |                |                | 3              | 20  |
| <b>Bacillariophyceae</b>                      |                |                |                |                |                |     |
| <i>Amphora</i> Ehrenberg ex Kützing, 1844     |                | 2              | 9              |                |                | 40  |
| <i>Cocconeis</i> Ehrenberg, 1838              | 130            | 9              | 62             | 24             | 3              | 100 |
| <i>Navicula</i> Bory, 1822                    | 120            | 9              | 61             | 21             | 43             | 100 |
| <i>Pinnularia</i> Ehrenberg, 1843             | 54             | 1              | 5              | 6              | 1              | 100 |
| <i>Epithemia</i> Kützing, 1844                | 43             | 1              |                |                |                | 40  |
| <i>Cymbella</i> C. Agardh, 1830               | 37             |                |                | 7              | 1              | 60  |
| <i>Diatoma</i> Bory de Saint-Vicent, 1824     | 51             | 9              | 53             | 6              |                | 80  |
| <i>Diatomella</i> Greville, 1855              | 15             |                |                | 4              |                | 40  |
| <i>Schroederia</i> Lemmermann, 1898           | 6              |                |                |                |                | 20  |
| <i>Nitzschia</i> Hassall, 1845                | 12             |                |                |                |                | 20  |
| <i>Grammatophora</i> Enrenberg, 1840          |                | 3              | 48             |                | 8              | 60  |
| <i>Synedra</i> Enrenberg, 1830                |                |                | 1              |                | 1              | 40  |
| <i>Terpsinoë</i> Enrenberg, 1843              |                | 1              |                |                |                | 20  |
| <i>Rophalodia</i> O.F. Müller, 1895           |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Fragilaria</i> Lygbye, 1819                |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Licmophora</i> C Agardh, 1827              |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Gomphonema</i> Enrenberg, 1832             |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Campylosira</i> Grunow ex Van Hewick, 1885 |                | 1              |                |                |                | 20  |
| <i>Encyonema</i> Kützing, 1833                |                |                |                |                | 1              | 20  |
| <b>Zygnemaphyceae</b>                         |                |                |                |                |                |     |
| <i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs, 1848      |                |                | 1              |                |                | 20  |
| <i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs, 1848         |                | 1              | 30             | 1              |                | 60  |
| <i>Spirogyra</i> Link, 1820                   |                |                | 30             |                |                | 20  |

E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente.

**Tabla 3.** Número de géneros, individuos y diversidad alfa para el fitoplancton total, Chlorophyta, Bacillariophyta, zooplancton y macrozoobentos en cinco estaciones de muestreo del río Lurín - Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003.

| Indicadores biológicos                      | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> | E <sub>4</sub> | E <sub>5</sub> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Fitoplancton total</b>                   |                |                |                |                |                |
| Número de géneros                           | 11             | 12             | 18             | 14             | 13             |
| Número de individuos(cel·mL <sup>-1</sup> ) | 480            | 42             | 310            | 76             | 74             |
| Margalef                                    | 1,62           | 2,94           | 2,96           | 3,01           | 2,78           |
| Shannon -Wiener                             | 1,96           | 2,08           | 2,06           | 1,95           | 1,57           |
| Simpson                                     | 0,17           | 0,16           | 0,15           | 0,20           | 0,36           |
| Berger-Parker                               | 0,27           | 0,21           | 0,20           | 0,31           | 0,58           |
| Chao-1                                      | 11             | 20             | 54             | 42             | 34             |
| <b>Chlorophyta</b>                          |                |                |                |                |                |
| Número de géneros                           | 1              | 0              | 2              | 5              | 4              |
| Número de individuos(cel·mL <sup>-1</sup> ) | 3              | 0              | 4              | 5              | 6              |
| Margalef                                    | 0              | 0              | 0,72           | 2,48           | 1,67           |
| Shannon -Wiener                             | 0              | 0              | 0,56           | 1,61           | 1,24           |
| Simpson                                     | 1              | 0              | 0,62           | 0,20           | 0,33           |
| Berger-Parker                               | 1              | 0              | 0,75           | 0,20           | 0,50           |
| Chao-1                                      | 1              | 0              | 2              | 15             | 7              |
| <b>Bacillariophyceae</b>                    |                |                |                |                |                |
| Número de géneros                           | 9              | 9              | 11             | 6              | 6              |
| Número de individuos(cel·mL <sup>-1</sup> ) | 468            | 36             | 243            | 68             | 57             |
| Margalef                                    | 1,30           | 2,23           | 1,82           | 1,18           | 1,24           |
| Shannon -Wiener                             | 1,87           | 1,80           | 1,66           | 1,56           | 0,85           |
| Simpson                                     | 0,18           | 0,20           | 0,21           | 0,25           | 0,59           |
| Berger-Parker                               | 0,27           | 0,25           | 0,25           | 0,33           | 0,75           |
| Chao-1                                      | 9              | 12             | 21             | 6              | 9              |
| <b>Zooplancton</b>                          |                |                |                |                |                |
| Número de géneros                           | 3              | 3              | 3              | 5              | 4              |
| Número de individuos(org·L <sup>-1</sup> )  | 16             | 42             | 252            | 25             | 20             |
| Margalef                                    | 0,72           | 0,53           | 0,36           | 1,24           | 1,00           |
| Shannon -Wiener                             | 0,97           | 0,65           | 0,70           | 1,11           | 1,12           |
| Simpson                                     | 0,41           | 0,60           | 0,52           | 0,40           | 0,39           |
| Berger-Parker                               | 0,50           | 0,74           | 0,60           | 0,48           | 0,55           |
| Chao-1                                      | 3              | 3              | 3              | 8              | 4              |
| <b>Macrozoobentos</b>                       |                |                |                |                |                |
| Número de géneros                           | 3              | 4              | 3              | 4              | 6              |
| Número de individuos(org·m <sup>-2</sup> )  | 438            | 4              | 7              | 104            | 177            |
| Margalef                                    | 0,33           | 2,16           | 1,03           | 0,65           | 0,97           |
| Shannon -Wiener                             | 0,45           | 1,38           | 0,96           | 1,18           | 1,01           |
| Simpson                                     | 0,77           | 0,25           | 0,43           | 0,33           | 0,43           |
| Berger-Parker                               | 0,87           | 0,25           | 0,57           | 0,40           | 0,58           |
| Chao-1                                      | 3              | 10             | 3              | 4              | 9              |

E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente.



**Tabla 4.** Diversidad del zooplancton (org·L) a nivel de género en cinco estaciones de muestreo del río Lurín - Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. E<sub>1</sub> a E<sub>5</sub>= Estaciones de muestreo. FO = Frecuencia de ocurrencia.

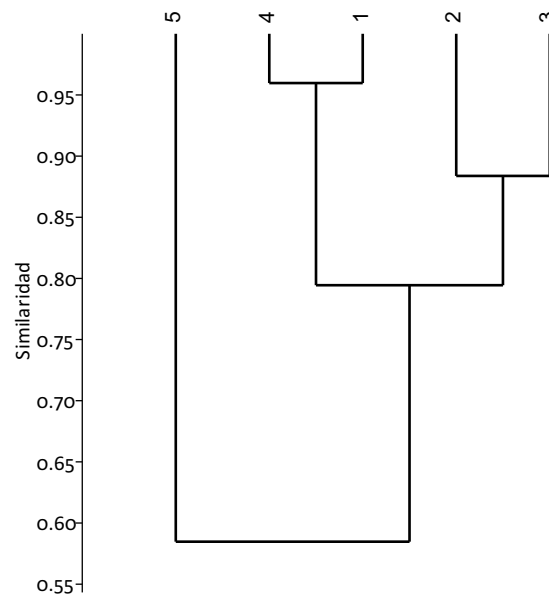
| Taxas                                     | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> | E <sub>4</sub> | E <sub>5</sub> | FO  |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| <b>Rotifera</b>                           |                |                |                |                |                |     |
| <i>Brachionus</i> Pallas, 1766            | 6              | 10             | 150            | 1              | 1              | 100 |
| <i>Asplanchna</i> Gosse, 1850             | 2              | 1              | 1              |                |                | 60  |
| <i>Lepadella</i> Bory de St. Vincet, 1826 |                |                | 101            |                |                | 20  |
| <b>Nematoda</b> gen. no identificado      |                |                |                | 12             |                | 20  |
| <b>Cladocera</b>                          |                |                |                |                |                |     |
| <i>Daphnia</i> O.F. Müller, 1785          |                |                |                | 1              |                | 20  |
| <i>Alonella</i> Sars, 1862                |                |                |                |                | 4              | 20  |
| <b>Ostracoda</b>                          |                |                |                |                |                |     |
| Ostracoda gen. no identificado            |                |                |                | 1              |                | 20  |
| <b>Insecta</b>                            |                |                |                |                |                |     |
| <i>Chironomus</i> Meigen, 1803            |                | 31             |                | 10             | 4              | 60  |
| <i>Tanytarsus</i> van der Wulp, 1874      | 8              |                |                |                | 11             | 40  |

E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente.

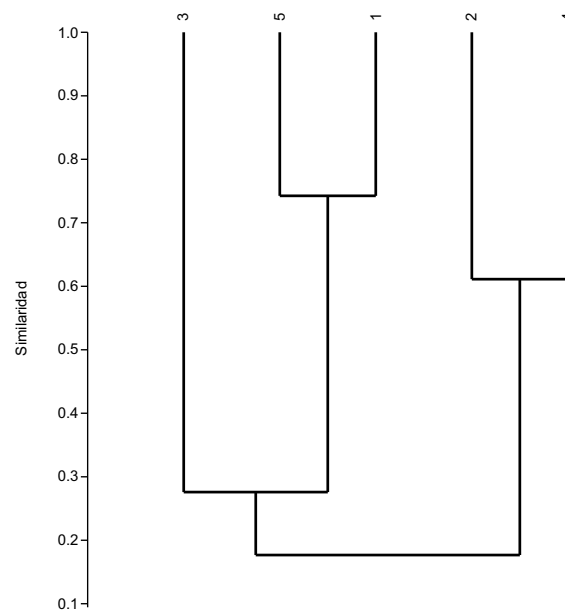
**Tabla 5.** Diversidad del macrozoobentos (org·m<sup>-2</sup>) a nivel de género en cinco estaciones de muestreo del río Lurín - Distrito de Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. E<sub>1</sub> a E<sub>5</sub>= Estaciones de muestreo. FO = Frecuencia de ocurrencia.

| Taxas   | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> | E <sub>4</sub> | E <sub>5</sub> | FO  |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| Nematoda gen no identificado                  | 10             |                | 4              | 3              | 1              | 80  |
| <i>Pseudosuccinella columella</i> (Say, 1817) |                |                |                |                | 1              | 20  |
| Corixidae gen no identificado                 |                | 1              | 1              |                | 1              | 60  |
| Ephemeroptera gen no identificado             | 48             | 1              | 2              | 42             | 53             | 100 |
| <i>Tanytarsus</i> van der Wulp, 1874          | 380            |                |                |                | 102            | 40  |
| <i>Chironomus</i> Meigen, 1803                |                |                |                |                | 19             | 20  |
| Simulidae gen no indentificado                |                |                |                | 32             |                | 20  |
| Ephydridae gen no identificado                |                | 1              |                | 27             |                | 40  |
| Formicidae gen no identificado                |                | 1              |                |                |                | 20  |

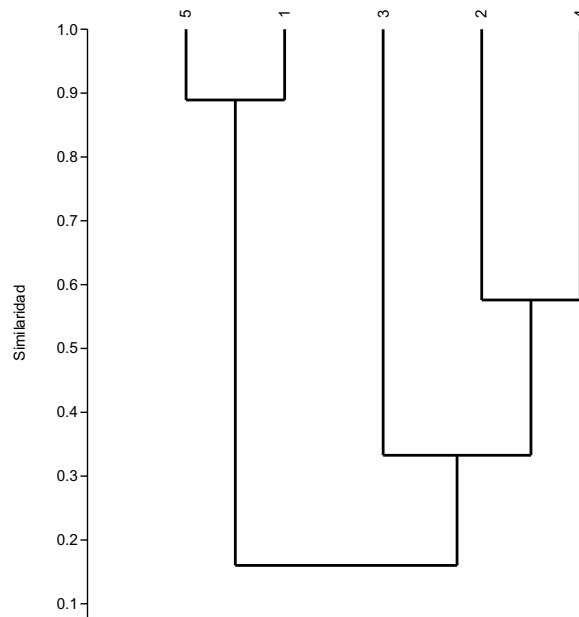
E<sub>1</sub>= Acequia. E<sub>2</sub>= Margen izquierdo. E<sub>3</sub>= Centro. E<sub>4</sub>= Margen derecho E<sub>5</sub>= Debajo del puente.



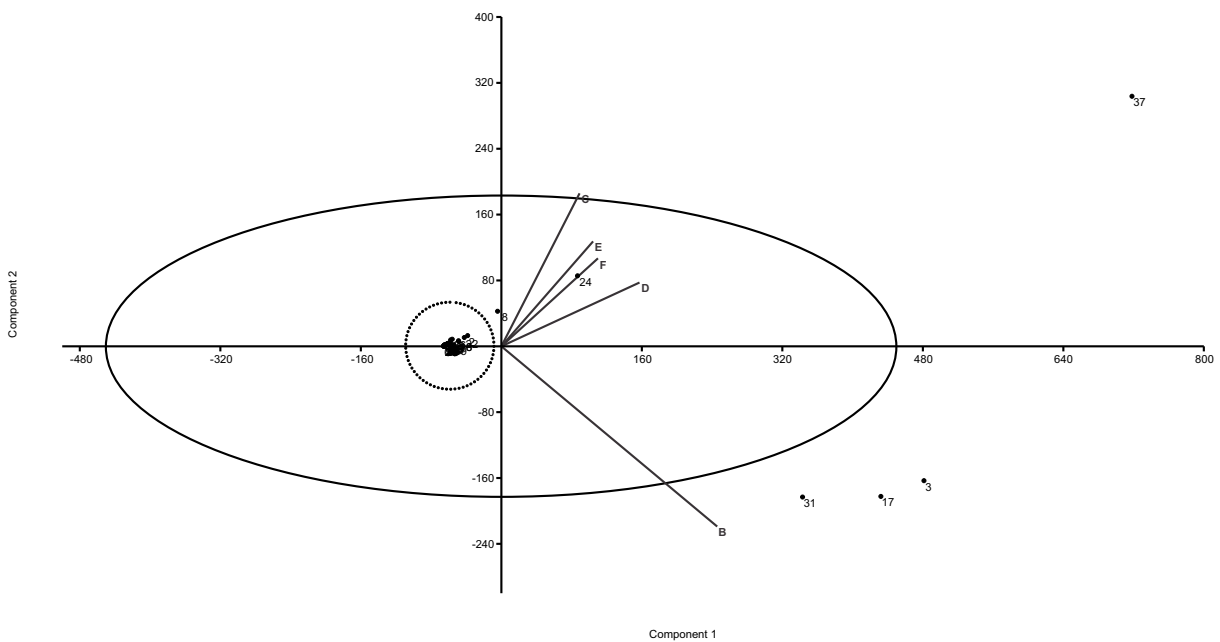
**Figura 1.** Análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de Morisita) en el análisis de fitoplancton de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. 1 a 5 estaciones de muestreo.



**Figura 2.** Análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de Morisita) en el análisis de zooplancton de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. 1 a 5 estaciones de muestreo.



**Figura 3.** Análisis de conglomerados (dendrograma de asociación según índice cuantitativo de Morisita) en el análisis de macrozoobentos de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. 1 a 5 estaciones de muestreo.



**Figura 4.** Gráfica del Análisis de Componentes Principales (ACP) entre coordenadas geográficas, altitud, pH, CE (Conductividad Eléctrica), OD (Oxígeno Disuelto) y tipo de sustrato, indicadores biológicos del fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos de las cinco estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, 2003. B = E<sub>1</sub> = Acequia. C = E<sub>2</sub> = Margen izquierdo. D = E<sub>3</sub> = Centro. E = E<sub>4</sub> = Margen derecho. F = E<sub>5</sub> = Debajo del puente. 3 = N° de individuos del fitoplancton. 8 = Chao-1 del fitoplancton. 17 = N° individuos de Bacillariophyceae. 24 = N° individuos de zooplancton. 31 = N° individuos del macrozoobentos. 37 = altitud. Resto de números se encuentran asociados en el círculo en líneas punteadas.

## DISCUSIÓN

La diversidad del fitoplancton fue de 35 géneros. La mayor riqueza de géneros se observaron en Bacillariophyceae y Chlorophyta. Debajo del puente, fue la estación con menor grado de asociación para el fitoplancton versus las otras cuatro estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú. El fitoplancton es un excelente indicador alternativo debido a sus ciclos biológicos reducidos que son un reflejo de los cambios en los parámetros abióticos y del estrés ambiental. También el muestreo es sencillo y rápido y pueden ser cultivadas (Silva et al. 2006, Amador et al. 2011). Las Bacillariophyceae (Diatomeas) son excelentes bioindicadoras autotróficas de los efectos en la calidad de agua por acción de los nutrientes, pH y conductividad al afectar su estructura y ensamblaje (Silva et al. 2006, Abuhatab-Aragón & Donato-Rondón 2012). En el presente estudio en el río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú se ha observado que valores bajos del OD se encuentran asociados a altos valores de diversidad expresados en los índices de Margalef y Shannon-Wiener de Bacillariophyceae (Tabla 1 y 3). De igual forma valores bajos de CE y pH están asociados a valores bajos del índice de Margalef y Shannon-Wiener (Tabla 1 y 3).

Díaz-Quiróz & Rivera-Rondón (2004) han establecido que el pH, fosforo reactivo soluble, nitrógeno total y conductividad son variables relacionadas con la comunidad de diatomeas. Un aumento en la diversidad, composición y abundancia de diatomeas está relacionado con procesos de eutrofización por incremento de materia orgánica y nutrientes (Arcos-Pulido & Gomez-Prieto 2006, Yucra & Tapia 2008), por acción de diferentes actividades productivas (Fontúrbel et al. 2006). De igual forma, un incremento en Chlorophyta filamentosas está asociada con alta concentración de nutrientes y eutrofización (Bellinger & Sigeo 2010).

Los cuatro géneros de fitoplancton con mayor FO y de dominancia numérica fueron cuatro especies de diatomeas: *Cocconeis*, *Navicula*, *Pinnularia* y *Diatoma* en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú. Abuhatab-Aragón & Donato-Rondón (2012) han encontrado que un incremento en la abundancia de *Cocconeis* está relacionada con bajos niveles de fosforo. *Navicula*, *Pinnularia* y *Diatoma* son especies de Bacillariophyceae de amplia distribución en los ambientes dulceacuícolas (Vouilloud et al. 2005, Cuesta et al. 2007). La diatomea *Navicula* es un género considerado tolerante a la contaminación y su dominancia señala sitios altamente perturbados (Bellinger & Sigeo 2010). *Cocconeis* y *Diatoma* son consideradas especies de diatomeas de contaminación moderada (Bellinger & Sigeo 2010).

En relación a la diversidad del zooplancton y del macrozoobentos se observaron un total de nueve géneros para cada grupo trófico en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú. Los macroinvertebrados debido a su naturaleza sedentaria permiten un análisis adecuado del efecto de las perturbaciones, su taxonomía es bien conocida y se tienen numerosos métodos para su análisis que incluyen los índices bióticos (Silva et al. 2006).

El rotífero herbívoro zooplanctónico *Brachionus* se observó en todas las estaciones de muestreo en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú (Jensen & Verschoor 2004). Hra (2011) ha mostrado que *Brachionus* es uno de los géneros generalistas ecológicos más abundantes al ser importantes conectores en las cadenas de alimentación (Arévalo et al. 1998, Ciro-Pérez et al. 2001, Alayo & Iannacone 2002), al constituir el 74,8% del total de rotíferos y 59,8% del total de zooplancton (Hra 2011). Su presencia es indicadora de eutrofización y tolerantes a la contaminación orgánica en un lago de Egipto y en lagos costeros de Brasil (Pedrozo & Rocha 2005, Hra 2011, Abdullah 2012). Los rotíferos como *Brachionus* muestran una correlación

negativa con el pH y el OD (Ferdous & Muktadir 2009).

Un género de Ephemeroptera se observó en el macrozoobentos en las cinco estaciones en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú. Este grupo de insectos es fácil de recolectar, presenta un ciclo en la fase inmadura larga, un tamaño suficiente para ser observado a simple vista y generalmente son sensibles a la contaminación al encontrarse en aguas limpias (Silva *et al.* 2006, Flowers & De La Rosa 2010). Sin embargo, Flowers & De La Rosa (2010) argumentan que algunos géneros y familias de Ephemeroptera presentan tolerancias amplias a la temperatura y, hasta cierto punto, a la contaminación.

La mayoría de los indicadores biológicos de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos versus los parámetros físico-químicos de calidad de agua (pH, Conductividad eléctrica, OD y tipo de sustrato) en el Río Lurín, Cieneguilla, Lima, Perú, se encontraron fuertemente asociadas al primer componente (CP<sub>1</sub>) del Análisis de Componentes Principales. Para el caso de los macroinvertebrados, en un río altoandino de Bolivia se ha observado que el pH, OD, sólidos totales disueltos, conductividad, velocidad y descarga de corrientes de agua se encuentran asociados a diferentes taxa de macroinvertebrados bentónicos (Molina *et al.* 2008). Fierro *et al.* (2012) han encontrado que la temperatura, OD y turbidez se encuentran asociados al ensamblaje de los macroinvertebrados. En el caso del zooplancton, Ferdous & Muktadir (2009) señalan que parámetros abióticos como el pH, alcalinidad, temperatura, OD, transparencia, fosfatos y cloruros están asociados al zooplancton. Rajagopal *et al.* (2010) muestran que el zooplancton presenta una correlación positiva con parámetros físico-químicos como la temperatura, alcalinidad, fosfatos, dureza y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y correlación negativa con la salinidad y precipitación.

En conclusión, el plancton y el bentos son indicadores alternativos de calidad de agua en el río Lurín, Perú.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, K.A.G. 2012. Spatio-temporal distribution and composition of zooplankton in Wadi Hanifah stream Riyadh (Saudi Arabia) and Abu Zabaal lakes (Egypt). *Pakistan Journal of Zoology*, 44: 727-736.
- Abuhatab-Aragón, Y.A. & Donato-Rondón, J. C. 2012. *Cocconeis placentula* y *Achnantheidium minutissimum* especies indicadoras de arroyos oligotróficos andinos. *Caldasia*, 34: 205-212.
- Aguayo, R.J. & Muñoz, M.J. 2001. Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*, 18: 65-71.
- Alayo, M. & Iannacone, J. 2002. Ensayos ecotoxicológicos con petróleo crudo, Diesel 2 y Diesel 6 con dos subespecies de *Brachionus plicatilis* Müller 1786 (Rotífera: Monogononta). *Gayana*, 66: 45-58.
- Aldave, P.A. 1989. *Algas*. Editorial Libertad E.I.R.L. Trujillo, Perú. 459 p.
- Alcon, A.G. 2001. *EIA de la red de distribución de gas natural en Lima-Callao*. Consorcio Pacífico S. A. Lima, Vol II, pp. 101. Leído el 09 de diciembre del 2001.
- Alonso, A. & Camargo, J.A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14: 87-99.
- Amador, V.D.; Álvarez, S.L. & Gallardo, G.M.L. 2011. Potencialidades de las cianobacterias planctónicas como bioindicadores de estrés ambiental en ecosistemas costeros. *Serie Oceanológica*, 9: 112-117.

- APHA (American Public Health Association). 2012. *Standard Methods for the examination of water and Wasterwater*. 22<sup>nd</sup>. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Arcos-Pulido, M.P. & Gómez-Prieto, A.C. 2006. Microalgas perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *Nova-Publicación Científica*, 4: 60-79.
- Arellano, C., Becerra, N.; Jara, M.; La Torre, M.I. & Yucra, H. 2006. Fitoplancton de la Playa Los Pescadores, Chorrillos, Lima, Perú, invierno 2005. *The Biologist (Lima)*, 4: 9-11.
- Arévalo, S.R.A. & Sarma, S.S.S. & Nandini, S. 1998. Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Brachionidae) in waste water from food-processing industry in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 43: 595-600.
- Arocena, R. & Conde, D. 1999. *Métodos en ecología de aguas continentales*. Instituto de Biología. Sección Limnología. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. 233 p.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. & Stribling, J.B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and fish*. Second Ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency Office of Water. Washington.
- Bargues, M.D.; Artigas, P.; Khoubbane, M.; Flores, R.; Goer, P.; Rojas-García, R.; Ashrafi, K.; Falkner, G. & Mas-Coma, S. 2011. *Lymnaea schirazensis*, an overlooked snail distorting Fascioliasis data: genotype, phenotype, ecology, worldwide spread, susceptibility, applicability. *PLoS One*, 6: e24567.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C. 2010. *Freshwater algae Identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 271 p.
- Bicudo, C.M. & Menezes, M. 2006. *Géneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições*. Segunda Edicao. RiMa Editora. Sao Carlos, Brazil. 502 p.
- Cabal, J. 2003. *Evaluación de la calidad de las aguas continentales*. <http://www.uniovi.es/cecodet/formacion/docum/JesusCabal5.pdf>. Leído el 26 de mayo del 2003.
- Castro, L.E. 1993. *Evaluación de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura*. Volumen II, Diciembre de 1993. Aspectos toxicológicos Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Lima, Perú.
- Ciros-Pérez, J.; Gómez, A. & Serra, M. 2001. On the taxonomy of three sympatric sibling species of the *Brachionus plicatilis* (Rotifera) complex from Spain, with the description of *B. ibericus* n. sp. *Journal of Plankton Research*, 23: 1311-1328.
- Cuesta, J.E.L.; Olofsson, L. & Sánchez-Castillo, P. 2007. Comunidades de diatomeas epipélicas en las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). *Limnética*, 26: 99-113.
- Darrigran, G.; Vilches, A.; Legarralde, T. & Damborenea, C. 2007. *Guía para el estudio de macroinvertebrados. I. Métodos de colecta y técnicas de fijación*. Serie Técnica Didáctica Nro. 10. ProBiota, FCNyM, UNLP. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Díaz-Quiroz, C. & Rivera-Rondón, C.A. 2004. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26: 381-394.
- Espinoza, N. & Morales, F.E. 2008. Macroinvertebrados bentónicos de la

- laguna Las Peonías, Estado Zulia, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 42: 345-363.
- Ferdous, Z. & Muktadir, A.K.M. 2009. A Review: Potentiality of zooplankton as bioindicators. American Journal of Applied Sciences, 6: 1815-1819.
- Fierro, P.; Bertrán, C.; Mercado, M.; Peña-Cortés, F.; Tapia, J.; Hauenstein, E. & Vargas-Chacoff, L. 2012. Benthic macroinvertebrate assemblage as indicator of water quality applying a modified biotic index in a spatio-seasonal context in a coastal basin of Southern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 47: 23-33.
- Fontúrbel, R.F. 2005. Indicadores físicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). Ecología Aplicada, 4: 135-141.
- Fortúbel, F.; Molina, C. & Richard, E. 2006. Evaluación rápida de la diversidad de fitoplancton en aguas eutróficas del Lago Titikaka (Bolivia) y su uso como indicador del grado de contaminación. Ciencia Abierta Internacional, 29: 1-12.
- Flowers, R.W. & De la Rosa, C. 2010. Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical, 58 (Suppl. 4): 63-93.
- Gamboa, M.; Reyes, R. & Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 48: 109-120.
- Goitia, E. & Bustamante, M. 2009. Patrones espaciales de los macroinvertebrados bentónicos en la región de Yungas de Cochabamba (Bolivia). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 26: 35-43.
- Gonçalves, F.B. & Menezes, M.S. 2011. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in coastal river of Parana state, southern Brazil. Biota Neotropica, 11: <http://www.Biotaneotropica.org.br/v11n4/en/abstract?article+bn00411042011> leído el 15 de febrero del 2013.
- Grosspietsch, W.J. 1999. Estudio preliminar del zooplancton peruano. Biota, 99: 67-81.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2005. PAST - PALaeontological STatistics, ver. 1.34. Palaeontologia Electronica, 4: 9. [http://palaeoelectronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). 66 p. leído el 10 de enero del 2013.
- Hötzel, G. & Croome, R. 1999. A Phytoplankton methods Manual for Australian freshwater. LWRDC Occasional Paper 22/99. Green Words & Images, Camberra. 58 p.
- Hra, M. 2011. Seasonal and spatial distribution of *Brachionus* (Pallas, 1966; Eurotatoria: Monogonanta: Brachionidae), a bioindicator of eutrophication in lake El-Manzalah, Egypt. Biology and Medicine, 3: 60-69.
- Iannacone, J. & Alvaríño, L. 2000. *Chironomus calligraphus* Goeldi y *Moina macrocopa* (Sars) como herramienta ecotoxicológica para la evaluación del lindano y clorpirifos. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepcion, Chile, 71: 33-39.
- Iannacone, J.; Alvaríño, L.; Moreno, R.; Reyes, M. & Chauca, J. 2000a. Culicidos (Diptera) del río Chillón y sectores adyacentes de la Provincia constitucional del Callao, Perú, durante el Niño 1997-1998. Acta Entomológica Chilena, 24: 51-60.
- Iannacone, J.; Dale, W. & Alvaríño, L. 2000b. Monitoreo ecotoxicológico del río Rímac (Lima-Perú) empleando a *Chironomus calligraphus* Goeldi (Diptera: Chironomidae). Revista Chilena de Entomología, 27: 25-34.
- Iannacone, J.; Alayo, M.; Arrascue, A.; Sánchez, J. & Abanto, M. 2001. Las

- trampas de luz para evaluaciones rápidas de la biodiversidad de la artropofauna: análisis de tres casos. *Wiñay Yachay*, 5: 7-20.
- Iannacone, J.; Mansilla, J. & Ventura, K. 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 2: 116-124.
- Iannacone, J. & Alvarino, L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Gayana*, 71: 49-65.
- Jaramillo, E.; Carrasco, F.; Quijon, P.; Pino, M. & Contreras, H. 1998. Distribución y estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en la costa del Norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71: 459-478.
- Jensen, T.C. & Verschoor, A.M. 2004. Effects of food quality on life history of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Freshwater Biology*, 49: 1138-1151.
- Krebs, C. 1978. *Ecología Estudio de la distribución y la abundancia*. Ed. Harla México.
- Margalef, R. 1995. *Ecología*. Ed. Omega S.A. Barcelona.
- Mariazza, J.; Burger, L.; Arenas, J.; Burger, H. & Barrientos, J. 2006. Ecología del río Lurín en la zona de su desembocadura y su importancia médica. *Boletín de Lima*, 143: 28-37.
- Martínez de Marco, S.N. & Tracanna, B.C. 2012. Variaciones temporales del fitoplancton de los ríos tributarios y emisarios del embalse C. Gelsi (Tucumán, Argentina). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 47: 323-340.
- Molina, C.I.; Gibon, F.M.; Pinto, J. & Rosales, C. 2008. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera Real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología aplicada*, 7: 105-116.
- Montejano, G.; Cantoral, E.; Carmona, J.; Gaviño, R.; Rivas, G.; Rojas, A. & Valadez, F. 1999. *Comunidades acuáticas (algas, insectos y ácaros) indicadoras de la calidad del agua en los ríos permanentes de la Región poniente del Distrito federal (Magdalena Contreras, Alvaro Obregón & Cuajimalca) México*. Consejo de Estudios para la Restauración y valoración ambiental (CONSERVA). Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, México.
- Moreno-Ruiz, J.L.; Tapia-García, M.; Gonzáles-Macias, M.D. & Figueroa-Torres, M.G. 2008. Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Revista de Biología Tropical*, 56: 27-54.
- Oller, C. & Goitia, E. 2005. Macroinvertebrados bentónicos y metales pesados del río Pilcomayo (Tarija, Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 18: 17-32.
- Paredes, C.; Iannacone, J. & Alvarino, L. 2004. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista peruana de Entomología*, 44: 107-118.
- Paredes, C.; Iannacone, J. & Alvarino, L. 2005. Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31: 219-225.
- Pedrozo, C.D.A.S. & Rocha, O. 2005. Zooplankton and water quality of lakes of the Northern coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnologica Brasileira*, 17: 445-464.
- Pérez, B. & Segnini, S. 2005. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altoandino. *Entomotropica*, 20: 49-57.
- Pino, J.; López, F. & Iannacone, J. 2010.



- Impacto ambiental en la proporción de especímenes machos en poblaciones partenogenéticas de *Melanoides tuberculata* (Müller 1774) (Prosobranchia: Thiaridae). *The Biologist* (Lima), 8: 139-149.
- Prat, N.; Toja, J.; Sola, C.; M.D. Burgos; Plans, M. & Rieradevall, M. 1999. Effect of dumping and cleaning activities on the aquatic ecosystems of the Guadamar River following a toxic flood. *Science Total and Environment*, 242: 231-248.
- Rajagopal, T.; Thangamani, A.; Sevarkodiyone, S.P.; Sekar, M. & Archuman, G. 2010. Zooplankton diversity and physico-chemical conditions in three perennial ponds of Virudhunagar district, Tamilnadu. *Journal of Environmental Biology*, 31: 265-272.
- Ruiz, J.; Junes, K. & La Torre, M.I. 2007. Flora algal del río Chillón en la provincia de Lima, Perú. *The Biologist* (Lima), 5: 43-51.
- Salazar, N.C.; Iannacone, J.O.; Alvarino, L.F.; Orozco, R.M. & Miranda, R.P. 2001. Estructura macrozoobentónica de fondo blando en la bahía de Ilo, Moquegua-Perú. *Wiñay Yachay*, 5:1-9.
- Silva, G.V.; Castro-Mejía, G. & González-Mora, I. 2006. Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60: 41-48.
- Suthers, I.M. & Rissik, D. 2009. *Plankton A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO Publishing. Collingwood VIC. 256 p.
- Thorp, J.H. & Covich, A.P. 2010. *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Third Edition. Elsevier Inc. Burlington, MA, USA. 1021 p.
- UNE-EN 15204. 2007. Norma Española. *Calidad del agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopia invertida (técnica de Utermöhl)*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, España. 44p.
- Valentin, J.L. 2000. *Ecología numérica. Una introducción a análisis multivariada de datos ecológicos*. Editora Interciencia. Rio de Janeiro. 117 p.
- Vega, M.G.A. 2010. *The rural agribusiness development and environmental conservation in Highland areas of Peru*. Master of Science Thesis. Stockholm. Industrial Ecology Royal Institute of Technology.
- Vicente, E., de Hoyos, Sánchez, P. & Cambra, J. 2005. *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua*. Protocolos de muestreo y análisis. Confederación Hidrográfica del Ebro. URS. Ministerio del Ambiente.
- Vouilloud, A.A.; Sala, S.E. & Sabbatini, M.R. 2005. Diatomeas perifíticas de la cuenca del Río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). *Iheringia*, 60: 77-89.
- Vuorio, K.; Lepistö, L. & Holopainen, A.L. 2007. Intercalibrations of freshwater phytoplankton analyses. *Boreal Environment Research*, 12: 561-569.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G. 2003. *Freshwater algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press of Elsevier. San Diego, California, USA. 918 p.
- Whitton, B.A. & Rott, E. 1997. *Use of algae for monitoring rivers II*. Internationale Proceedings of the 2nd European Workshop, September 1995, Innsbruck: NHBS.
- Yucra, H. 2005. Uso de diatomeas como bioindicadores de calidad de agua. *The Biologist* (Lima), 3: 5.
- Yucra, H. & Tapia, P.M. 2008. El uso de microalgas como bioindicadoras de polución orgánica en Brisas de Oquendo, Callao, Perú. *The Biologist* (Lima), 6: 41-47.

Received December 28, 2012.  
Accepted May 23, 2013.