

Comunidad fitoplanctónica de la cuenca del río Itaya en Loreto, Perú

PHYTOPLANKTON COMMUNITY OF THE ITAYA RIVER BASIN IN LORETO, PERU

Rosa Ismiño^{1,3}, Grace Montalván², Aurea García¹, José Maco¹, Salvador Tello¹,
Juan José Palacios¹, Luciano Rodríguez¹

RESUMEN

Se evaluó la comunidad fitoplanctónica en 21 muestras colectadas en siete lugares de la cuenca del río Itaya. Se identificaron 69 especies pertenecientes a 40 géneros, 20 familias y 6 divisiones. El grupo de mayor abundancia fue Bacillariophytas (51%), seguida de Chlorophytas (31%), Euglenophytas (11%), Cyanophytas (5%), y otros (2%) correspondientes a Xanthophyta y Chrysophyta. Las especies mejor representadas fueron *Surirella ovalis*, *Navicula* sp y *Pinnularia* sp. Para este ecosistema, se registró una densidad entre 100 a 13 000 ind/l⁻¹ (individuos por litro) de un total de 24 500 ind/l⁻¹, con una riqueza de 11 a 27 especies y una abundancia de 23 a 55 individuos. El análisis de diversidad según Shannon-Wiener fue de 7.26 a 25 unidades de especies efectivas, con una equidad de Pielou de 0.84-0.97, lo que indica que las poblaciones fueron homogéneas. En lo que se refiere al índice de similaridad muestra que las comunidades fitoplanctónicas estaban formadas por tres grupos con una similaridad de 35%. Según el índice diatómico (IDG), se concluye que las aguas del río Itaya podrían estar contaminadas en los puntos de muestreo.

Palabras clave: fitoplancton; composición; diversidad; río Itaya; Amazonía peruana

ABSTRACT

The phytoplankton community was evaluated in 21 samples collected in seven sites in the Itaya river basin. In total, 69 species belonging to 40 genera, 20 families and 6 divisions were identified. The most abundant group was Bacillariophytas (51%), followed by Chlorophytas (31%), Euglenophytas (11%), Cyanophytas (5%), and others (2%)

¹ Programa de Investigación para el Uso del Agua y sus Recursos (AQUAREC), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Perú

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

³ E-mail: rayo14@hotmail.com

Recibido: 6 de noviembre de 2017

Aceptado para publicación: 18 de mayo de 2018

corresponding to Xanthophyta and Chrysophyta. The best represented species were *Surirella ovalis*, *Navicula* sp and *Pinnularia* sp. For this ecosystem, the density was between 100 to 13 000 ind/l⁻¹ (individuals per litre) out of a total of 24 500 ind/l⁻¹, with a richness of 11 to 27 species and an abundance of 23 to 55 individuals. The analysis of diversity according to Shannon-Wiener was from 7.26 to 25 units of effective species, with an equity of Pielou of 0.84-0.97, which indicates that the populations were homogeneous. Regarding the similarity index, it shows that the phytoplankton communities were formed by three groups with a similarity of 35%. According to the diatomic index (IDG), it is concluded that the water of the Itaya river could be contaminated at the sampling points.

Key words: phytoplankton; composition; diversity; Itaya river; Peruvian Amazon

INTRODUCCIÓN

En los sistemas fluviales de inundación, como el Amazonas, las microalgas constituyen el primer eslabón de la cadena trófica, considerados como proveedores de oxígeno en los ambientes acuáticos donde habitan (Acleto, 1986, 1998) y uno de los indicadores biológicos más importantes de la alteración del medio acuático (Loza, 1994). El fitoplancton es proveedor de proteínas, aceites, carbohidratos, vitaminas, minerales y otros alimentos a los diferentes componentes de la cadena trófica acuática, además de antibióticos, fungicidas, enzimas y otros componentes para la salud de los organismos acuáticos (Prieto *et al.*, 2005).

La abundancia y distribución del fitoplancton proporciona información para evaluar la calidad de los cuerpos de agua y son la base de la distribución de los nutrientes que limita el proceso productivo primario con consecuencias para el resto de la cadena alimenticia. Son pocos los estudios de bioprospección fitoplanctónica en la Amazonía Peruana, destacando los de Núñez-Avellaneda *et al.* (2006), Cobos *et al.* (2012) e Ismiño *et al.* (2014).

En este estudio se presenta información sobre la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del río Itaya, como una contribución para el establecimiento de criterios de manejo de los recursos acuáticos existentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El río Itaya, afluente del río Amazonas, nace en el llano amazónico. En la naciente, el curso principal tiene una dirección de NO-SE hasta unirse con la quebrada Nauta, con un recorrido de O-E hasta el caserío Nuevo San Martín, y a partir de allí se torna ligeramente de SO-NE hasta llegar a la desembocadura en el río Amazonas, a la altura de la ciudad de Iquitos. Tiene una longitud aproximada de 172 km, en su recorrido presenta sinuosidades y un ancho que varía de 21.8 m en la zona alta hasta 250 m en la desembocadura (IIAP- AECI- GORE LORETO, 2000).

En la mayor parte de su curso presenta meandros cerrados y pequeños que han dado origen a ambientes lénticos pequeños como cochas y tipishcas (lagunas) que se forman por el estrangulamiento de un meandro. El lecho lo conforman sedimentos finos como arena, arcilla y limo.

El estudio fue realizado en varios sectores del río Itaya: Villa Belén, 12 de Octubre, Unión, San Carlos, Belén, Nuevo San Juan y Triunfo, entre setiembre y octubre de 2011, coincidiendo con el periodo de aguas bajas (Figura 1). Para el efecto, se establecieron siete estaciones de muestreo con las siguientes coordenadas: H1 (naciente del río Itaya X = 637406 Y= 9526039; H2 (12 de

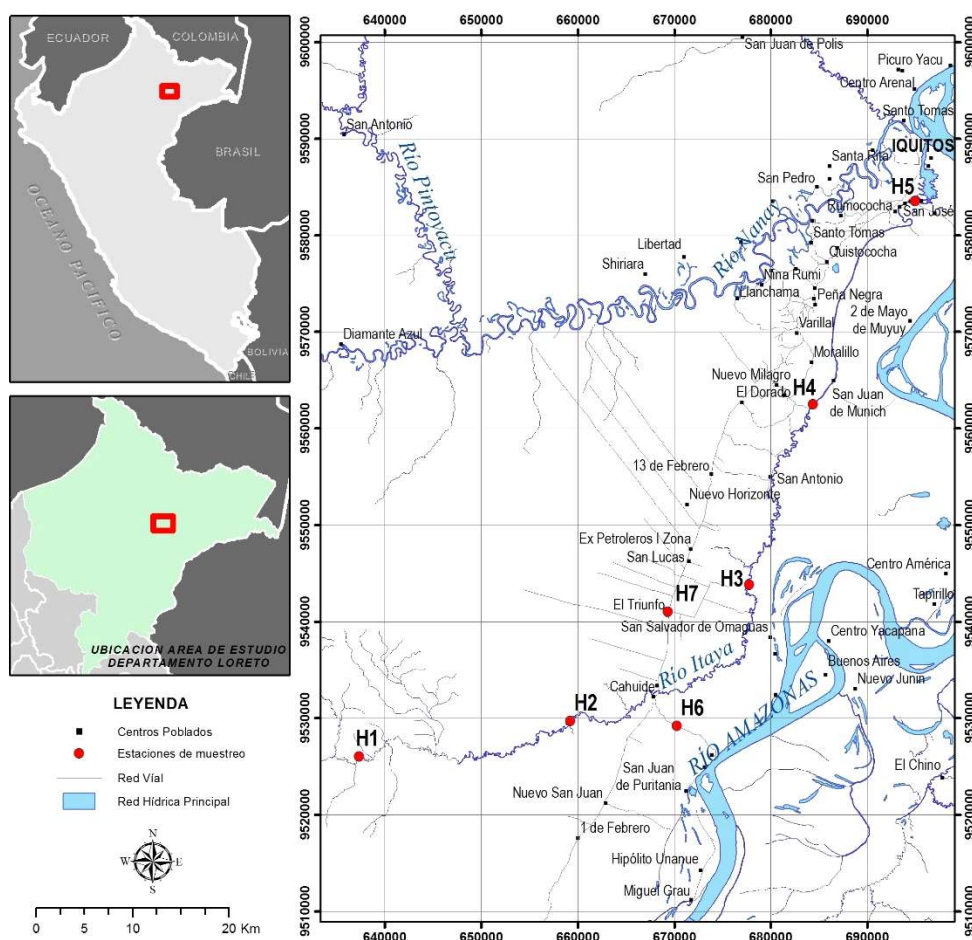


Figura 1. Puntos de muestreo en el río Itaya

Octubre) X = 659298 Y= 9529757; H3 (Unión) X = 677793 Y= 9543846; H4 (San Carlos) X = 684430 Y= 9562514; H5 (Belén) X = 694980 Y= 9583602; H6 (Quebrada Sábalo) X = 670310 Y= 9529239; H7 (Quebrada Líndero) X = 669400 Y= 9541038.

Colecta de Muestras

Se tomaron tres muestras de agua en cada estación de muestreo (n=21) a una profundidad de 30 cm, filtrando 100 litros con una malla de 30 µm. Las muestras se fijaron en una solución de formol al 5%. En cada estación de muestreo se registró la temperatura del aire y del agua, pH, oxígeno disuelto,

sólidos totales disueltos (TDS) y conductividad eléctrica, utilizando un multiparámetro YSY 550 con precisión de 0.1 °C y 0.1 mg/l.

Identificación de Microalgas

Las muestras fueron homogenizadas para la cuantificación de fitoplancton. Luego se tomó una alícuota de 2 ml, que fue depositada en la cámara Neubauer y analizada mediante microscopio. La identificación de las algas fue a nivel de especie, utilizando diversas claves taxonómicas (Edmondson, 1959; Fernández, 1982; Bourrelly, 1968, 1970, 1972; Prescott, 1982; Bicudo y Menezes, 2005).

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el método de múltiples variables que permite identificar posibles asociaciones entre datos ambientales, utilizando la media (m), la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación de Pearson (CV). Asimismo, para evaluar la calidad del agua en cada punto de muestreo se utilizó el Índice Diatómico General (IDG) (Rivas *et al.*, 2010), constituyéndose en indicadores de calidad a corto plazo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características Físicas y Químicas del Agua

El río Itaya presenta características físicas y químicas típicas de un río de agua negra (Maco, 2006). Los valores de pH tienden a la acidez, variando entre 4.89 a 6.74. La conductividad eléctrica varió entre 9.24 a 96 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerándose como valores bajos y que son característicos de los cuerpos de agua que nacen en el llano amazónico, lo que hace que los ríos sean diferentes en cuanto a su mineralización (Núñez-Avellaneda y Duque, 2001), presentando los mayores valores en el sector bajo del río.

Los sólidos totales disueltos (TDS) variaron entre 0.07 y 45.5 mg/l, registrando valores más bajos en las partes altas del río, en tanto que los valores altos fueron registrados cerca de la desembocadura, frente a la ciudad de Iquitos. Los valores de oxígeno disuelto variaron de 4.35 a 9.16 mg/l, con tendencia a ser menores en el sector bajo del río. La temperatura del agua osciló entre 25.2 y 29.9 °C, en tanto que la temperatura ambiente varió entre 25.5 y 33.4 °C, donde las temperaturas más bajas fueron registradas en la cabecera del río y en algunos tributarios (Cuadro 1).

Composición del Fitoplancton

Se identificaron en total 69 especies de fitoplancton reunidas en 40 géneros, 20 familias y 6 divisiones en los diversos ambientes acuáticos del río Itaya. El número de especies de este grupo taxonómico reportado para el Perú varía de un río a otro. El número de especies identificadas en los ríos Arabela, Curaray y Napo, que nacen en las estribaciones de los Andes (Ismiño *et al.*, 2014) fue similar a lo reportado en este estudio. Por otro lado, el río Putumayo reporta un total de 293 especies de fitoplancton (Núñez-Avellaneda *et al.*, 2006), mientras que en el sector del bajo río Urubamba, que tiene su nacimiento en los Andes peruanos, se registró 170 especies (Ortega *et al.*, 2010). Sin embargo, en cuerpos de aguas cercanas a las ciudades de Tarapoto (San Martín) y Yurimaguas (Loreto) solo se reportaron 74 especies (Navas, 2014), probablemente debido a que estos cuerpos de agua están fuertemente impactados por las actividades urbanas e industriales que vierten sus desechos a estos ríos y quebradas.

De las especies fitoplanctónicas identificadas, 26 pertenecen al grupo de las Bacillariophytas (51%), 18 a Chlorophytas (31%), 16 a Euglenophytas (11%), 5 a Cyanophytas (5%), y otros (2%) que pertenecen a Xanthophyta y Chrysophyta. En el primer grupo destacan *Surirella ovalis* (210 células/l), *Navicula* sp (200 cel/l) y *Pinnularia* sp (160 cel/l). Dentro de las Chlorophytas, las especies más representativas fueron *Oedogonium* sp (200 cel/l) y *Cosmarium* sp (120 cel/l). El grupo de las Bacillariophytas presentaron alta diversidad y fueron las que aportaron mayor densidad en todas las estaciones de muestreo. Las Chlorophytas fueron las más abundantes con nueve familias, en tanto que los otros grupos solo presentaron 1 o 2 familias, que es una característica propia de este ambiente.

Cuadro 1. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de parámetros fisicoquímicos de las siete zonas de muestreo del río Itaya, Iquitos

| Parámetros fisicoquímicos | Río Itaya | | |
|---------------------------------|-------------|--------|---------------|
| | Rango | CV (%) | Promedio |
| Transparencia | 30.0 – 69.0 | 25.65 | 42.13 ± 18.81 |
| Temperatura ambiente | 25.5 - 33.4 | 7.60 | 27.67 ± 1.94 |
| Temperatura del agua | 25.2 - 29.9 | 5.69 | 28.11 ± 1.39 |
| O ₂ | 4.35 - 9.16 | 24.62 | 6.32 ± 1.77 |
| pH | 4.89 - 6.74 | 8.71 | 6.17 ± 0.44 |
| Conductividad eléctrica (C.E.) | 9.24 - 96.0 | 89.83 | 35.92 ± 30.18 |
| Sólidos totales disueltos (TDS) | 0.07 - 45.5 | 124.79 | 16.76 ± 14.58 |

Cuadro 2. Número de familias y de individuos por divisiones y porcentaje de fitoplancton encontrados en el río Itaya, Loreto

| División | Familia | Especie | Individuos/ l ⁻¹ | Porcentaje |
|-----------------|---------|---------|-----------------------------|------------|
| Bacillariophyta | 6 | 26 | 13,000 | 51 |
| Chlorophyta | 9 | 18 | 7,800 | 31 |
| Euglenophyta | 1 | 16 | 2,800 | 11 |
| Cyanophyta | 1 | 5 | 1,400 | 5 |
| Xanthophyta | 2 | 3 | 300 | 1 |
| Chrysophyta | 1 | 1 | 100 | 1 |
| Total | 20 | 69 | 25,400 | 100 |

En un trabajo realizado en el Itaya, pero en cuerpos lénticos (cochas), se reporta la presencia de Chlorofitas (100%), entre ellas *Chlorella* (Cobos *et al.*, 2012), a diferencia de este estudio donde predominaron las Bacillariophytas (50%) en cuerpos lóxicos (ríos).

El número total de individuos registrado fue de 25 400 cel/l, constituido principalmente por Bacillariophytas (13 000 cel/l), seguida de Chlorophytas (7800 cel/l), Euglenophytas (2800 cel/l), Cyanophytas (1400 cel/l) y otros como Xanthophyta y Chrysophyta, cuyos valores fueron distintos a los que encontraron López y Vela (2011) en la cocha Llanhama (río Nanay), alcan-

zando un promedio de 12 259 cel/l, constituido principalmente por Chlorophytas (Cuadro 2).

Las Bacillariophytas (*Pinnularia* sp y *Surirella ovalis*) fueron las algas con mayor representatividad durante el tiempo de estudio y estuvieron presentes en todas las estaciones de muestreo, en tanto que *Surirella linearis* y *Navicula* sp estuvieron presentes en 6 de las 7 zonas de muestreo. Las algas Bacillariophytas juegan un papel importante en los ambientes acuáticos donde se encuentran debido a que se distribuyen por toda la capa fótica y producen la mayor cantidad de materia orgánica, constituyendo los pilares fundamentales de los ecosistemas de agua

Cuadro 3. Lista de especies fitoplanctónicas por estación de muestreo recolectados en el río Itaya (Parte 1)

| División | Familia | Especie | Villa Belén | 12 de Octubre | Unión | San Carlos | Belén | Nuevo San Juan | Triunfo | Total | | |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------|------------|-------|----------------|---------|-------|---|------|
| Cyanophyta | Oscillatoriaceae | <i>Oscillatoria terebriformis</i> | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 300 | | |
| | | <i>Oscillatoria tenuis</i> | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 300 | 500 | | |
| | | <i>Oscillatoria limosa</i> | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Merismopedia</i> sp | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Spirulina</i> sp | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 300 | | |
| Euglenophyta | Euglenaceae | <i>Euglena</i> sp | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Euglena oxyurus</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Euglena proxima</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Euglena acus</i> | 0 | 0 | 0 | 200 | 0 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Euglena limnophila</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Trachelomonas hispida</i> | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Trachelomonas planctonica</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Trachelomonas megalacantha</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Trachelomonas armata</i> | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Phacus orbicularis</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 0 | 300 | | |
| | | <i>Phacus longicauda</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Phacus tortus</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 200 | 100 | 0 | 400 | | |
| | | <i>Phacus glaber</i> | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 200 | | |
| | | <i>Phacus</i> sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | | |
| | | <i>Phacus myersi</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | | |
| | | <i>Strombomonas fluviatilis</i> | 0 | 0 | 0 | 200 | 100 | 0 | 0 | 300 | | |
| | | Chlorophyta | Volvocaceae | <i>Pandorina morum</i> | 0 | 0 | 0 | 800 | 200 | 0 | 0 | 1000 |
| | | | | <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 300 | 0 | 0 | 400 |
| | | | Dictyosphaeriaceae | | | | | | | | | |
| | | | | <i>Golenkinia</i> sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 |
| Micratiaceae | <i>Ankistrodesmus falcatus</i> | | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | <i>Ankistrodesmus spirilliformis</i> | | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 200 | | |
| Scenedesmaceae | <i>Scenedesmus quadricauda</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | | |
| | <i>Scenedesmus acutus</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | | |
| | <i>Crucigenia quadrata</i> | | 100 | 0 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | | |
| | <i>Actinastrum</i> sp | | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 200 | | |
| | <i>Actinastrum hantzschii</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | | |
| | <i>Desmidium graciliceps</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 400 | | |
| Desmidiaceae | <i>Closterium acicularis</i> | | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 200 | | |
| | <i>Closterium lunula</i> | | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | | |
| | <i>Cosmarium</i> sp | | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 | 400 | 300 | 1200 | | |
| | <i>Hyalotheca dissiliensis</i> | | 0 | 0 | 0 | 400 | 100 | 0 | 0 | 500 | | |
| | <i>Coelastrum</i> sp | | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| | <i>Spirogyra</i> sp | | 0 | 200 | 0 | 0 | 0 | 300 | 100 | 600 | | |
| Oedogoniaceae | <i>Oedogonium</i> sp | | 0 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2000 | | |

Cuadro 4. Lista de especies fitoplanctónicas por estación de muestreo recolectados en el río Itaya (Parte 2)

| División | Familia | Especie | Villa Belén | 12 de Octubre | Unión | San Carlos | Belén | Nuevo San Juan | Triunfo | Total | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------|-------|------------|-------|----------------|---------|-------|------|
| Bacillariophyta | Fragilariaceae | <i>Meriodon circulare</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 0 | 0 | 200 | |
| | | <i>Diatoma</i> sp | 0 | 200 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | |
| | | <i>Synedra tabulata</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| | | <i>Tabellaria fenestrata</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| | | <i>Fragilaria crotonensis</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 300 |
| | Melosiraceae | <i>Melosira itálica</i> | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 | 0 | 400 | |
| | Naviculaceae | <i>Navicula</i> sp | 300 | 500 | 700 | 100 | 300 | 100 | 0 | 2000 | |
| | | <i>Navicula graciloides</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 200 | 0 | 0 | 300 | |
| | | <i>Navicula cuspidata</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 0 | 300 | |
| | | <i>Pinnularia</i> sp | 300 | 600 | 100 | 100 | 300 | 200 | 0 | 1600 | |
| | | <i>Diatomella hustedtii</i> | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |
| | | <i>Neidium iris</i> | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |
| | | <i>Caloneis</i> sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | |
| | | Gomphonemaceae | <i>Gomphonema angustatum</i> | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | | | <i>Gomphonema constructum</i> | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | | Surirellaceae | <i>Surirella linearis</i> | 500 | 400 | 0 | 0 | 100 | 200 | 200 | 1400 |
| | | | <i>Surirella ovalis</i> | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 1000 | 2100 |
| | | | <i>Surirella robusta</i> | 200 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 |
| | | | <i>Cymatopleura solea</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | Eunotiaceae | <i>Eunotia</i> sp | 300 | 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600 | |
| | | <i>Eunotia convexa</i> | 100 | 0 | 100 | 0 | 0 | 300 | 0 | 500 | |
| | | <i>Eunotia formica</i> | 200 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | |
| | | <i>Eunotia praerupta</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |
| <i>Eunotia asterionelloides</i> | | 0 | 100 | 0 | 0 | 200 | 600 | 0 | 900 | | |
| <i>Eunotia monodon</i> | | 0 | 0 | 200 | 0 | 100 | 200 | 0 | 500 | | |
| <i>Eunotia clevei</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | | |
| Chrysophyta | Derepyxidaceae | <i>Rhipidodendron huxleyi</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| Xanthophyta | Centrtractaceae | <i>Centrtractus dubius</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | |
| | | <i>Centrtractus belanosphorus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | |
| | Chlorobotrydaceae | <i>Raphidiella fascicularis</i> | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |

dulce (Prado *et al.*, 2010). El grupo en mención tiene la habilidad de responder rápidamente al cambio del medio por que su crecimiento depende de la incorporación directa de sustancias disueltas en el agua (nutrientes, sales, metales), de allí que pueden ser de gran utilidad como factores de referencia del medio en el que se encuentran (Toro *et al.*, 2003). Ellas están presentes a lo largo del río y ecológicamente son mejor conocidas que otros grupos (Round *et al.*, 1993).

Otras divisiones de algas reportadas en este estudio estuvieron poco representadas, estando restringidas entre 1 y 3 zonas de muestreo, lo cual podría deberse al estrés por falta de nutrientes. Algunas especies de fitoplancton han desarrollado mecanismos estratégicos particulares que comprenden diferente tipo de adaptaciones (Reynolds, 2012) (Cuadros 3 y 4).

Las estaciones con mayor número de organismos fitoplanctónicos registrados fueron en 12 de octubre con 5500 cel/l y en Villa Belén con 4000 cel/l, ambos en la sección alta de río, probablemente por los aportes de nutrientes de acuerdo a las fluctuaciones en el nivel del río asociada con el periodo hidrológico (Ramírez-Gil y Ajíaco-Martínez, 2001). Por otro lado, la estación con menor registro de individuos fue la Unión con 2300 cel/l (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de organismos fitoplanctónicos por estación de muestreo en el río Itaya

| Zonas | Individuos/l |
|----------------|--------------|
| Villa Belén | 4000 |
| 12 de Octubre | 5500 |
| Unión | 2300 |
| San Carlos | 3600 |
| Belén | 3900 |
| Nuevo San Juan | 3500 |
| Triunfo | 2600 |
| Total | 25400 |

La diversidad de organismos fitoplanctónicos en los cuerpos de agua del río Itaya muestra una diversidad media según las especies efectivas. Esto puede deberse a que el muestreo realizado coincidió con la época de vaciante, lo cual influye en el volumen del transporte de sedimentos y la concentración de nutrientes en las estaciones de muestreo, trayendo como consecuencia un nivel aceptable de productividad primaria del fitoplancton. Los registros variaron entre 7.46 a 25 unidades (11 a 25 especies con mayor probabilidad de salir en los muestreos). La

Cuadro 6. Riqueza, abundancia, dominancia y diversidad de fitoplancton en las zonas de muestreo del río Itaya, Loreto

| Zona | Riqueza (N.º de especies) | Abundancia (N.º de individuos) | Dominancia | Índice de diversidad | |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|
| | | | | Especies efectivas (E.E) | Equidad Pielou (J) |
| Villa Belén | 25 | 40 | 0.06 | 21.54 | 0.95 |
| 12 de Octubre | 17 | 55 | 0.17 | 9.49 | 0.80 |
| Unión | 13 | 23 | 0.14 | 9.97 | 0.90 |
| San Carlos | 20 | 36 | 0.09 | 14.88 | 0.90 |
| Belén | 27 | 39 | 0.05 | 25.00 | 0.97 |
| Nuevo San Juan | 14 | 35 | 0.09 | 12.06 | 0.94 |
| Triunfo | 11 | 26 | 0.20 | 7.46 | 0.84 |

Cuadro 7. Valores del índice diatómico general (IDG) en cada estación de muestreo en el río Itaya, Loreto

| Zonas | IDG | Clasificación |
|----------------|------|--|
| Villa Belén | 3.1 | Polución media-eutrofización acentuada |
| 12 de Octubre | 2.88 | Polución fuerte-desaparición de especies sensibles |
| Unión | 3.19 | Polución media-eutrofización acentuada |
| San Carlos | 0.27 | Polución tóxica |
| Belén | 1.37 | Polución muy fuerte |
| Nuevo San Juan | 3.68 | Polución moderada-eutrofización |
| Triunfo | 2.40 | Polución fuerte-desaparición de especies sensibles |

dominancia tuvo estimaciones entre 0.06 y 0.20 (de 0 a 20% de probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie en un muestreo).

La estación de Belén fue la que presentó la mayor diversidad fitoplanctónica (Especies efectivas = 25), donde el índice de equidad de Pielou (J) mostró valores que variaron entre 0.80 y 0.95, el cual refleja una población bastante homogénea. En esta zona se observa mayor descarga doméstica y de sustancias orgánicas, lo que favorecen o sirven como abono para el crecimiento de las microalgas. Dicha zona tiene tendencia a la eutrofización. Sánchez (1996) encontró diversidades entre 12.18 y 54.6 especies efectivas (E.E.), ligeramente mayores al presente estudio. Así mismo, Peña y Pinilla (2002) reportó 33.1 y 200.3 E.E., datos relativamente más altos a lo encontrado en el estudio (Cuadro 6).

Las zonas de muestreo que tuvieron la mayor similitud de composición y estructura fitoplanctónica, según el índice cuantitativo de Morisita (0.45) y el índice de Bray Curtis (0.36) fueron los puntos H1 (Villa Belén) y H2 (12 de Octubre). En la Figura 5 se observan tres grupos con un 35% de similaridad, donde el primer grupo está conformado por las estaciones H6 y H7 (Nuevo San Juan y

Triunfo), el segundo grupo por las estaciones H1, H2 Y H3 (Villa Belén , 12 de Octubre y Unión) y el tercer grupo conformado por las estaciones H4 y H5 (San Carlos y Belén).

La diversidad fitoplanctónica presenta una relación positiva con el pH, conductividad y con los sólidos disueltos del agua donde la diversidad se incrementa a medida que estos factores aumentan (Figuras 2, 3 y 4).

Estructura Comunitaria

El análisis de agrupamiento entre los puntos de muestreo del fitoplancton permitió diferenciar tres grupos de similaridad entre sí, cada uno formado por el periodo de vaciante en el cual se realizó el muestreo: el grupo I (H1, H2, H3) estuvo asociado a las muestras de la parte alta y media de la cuenca con valor promedio de diversidad de 2.54 y 18 especies; el grupo II estuvo conformado por H4 y H5, aglomeró las muestras de la media y baja donde se encuentra la desembocadura del río, y estuvo caracterizado por valores promedios de diversidad (2.95) y con 23 especies; el grupo III (H6 y H7), asociado a las estaciones de la cuenca, con pequeños tributarios que cruzan la carretera Iquitos-Nauta, exhibió valores promedios de diversidad (2.25) y 12 especies.

Los ambientes de las estaciones del río Itaya muestran fuertes variaciones temporales en sus características limnológicas como resultado de las fluctuaciones de los pulsos de inundación, produciendo notable influencia sobre la estructura y dinámica de las comunidades (Neiff, 1996; Junk, 1997). Los tres grupos del dendrograma permitieron diferenciar al 35% de similitud (Figura 5).

Para evaluar la calidad de las aguas de cada punto de muestreo se utilizó el Índice Diatómico General (IDG), tomando como principio que las diatomeas son organismos

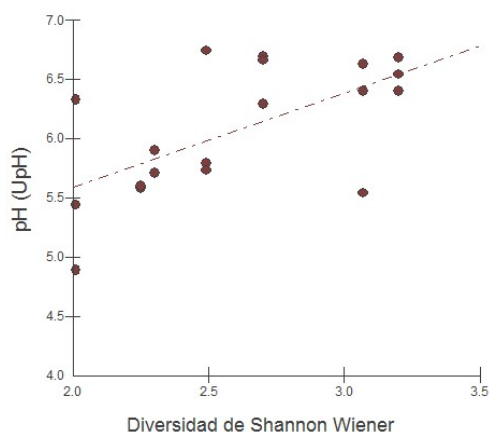


Figura 2. Correlación lineal de Pearson entre pH y la diversidad de fitoplancton en el río Itaya, Loreto

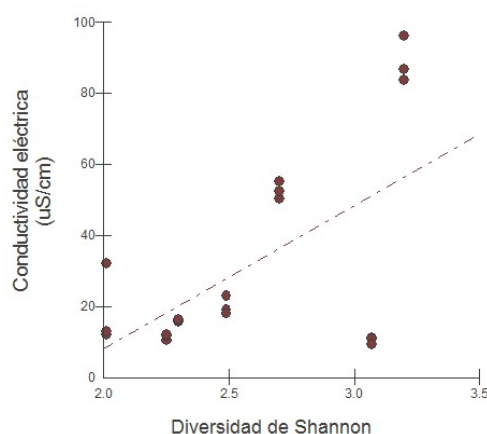


Figura 3. Correlación lineal de Pearson entre la conductividad eléctrica y la diversidad de fitoplancton en el río Itaya, Loreto

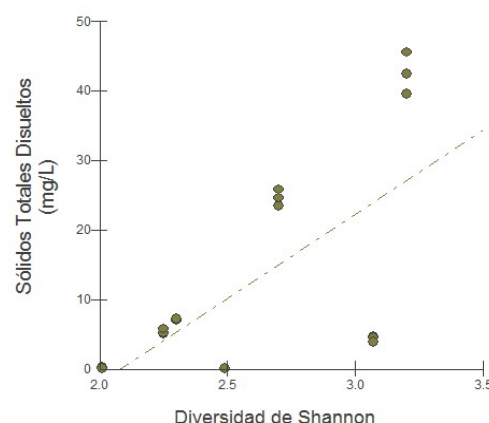


Figura 4. Correlación lineal de Pearson entre los sólidos totales disueltos y diversidad de fitoplancton en el río Itaya, Loreto

sensibles a la eutrofización y a la contaminación orgánica e inorgánica, reaccionando de forma rápida a las modificaciones de la calidad de agua; constituyéndose de esta manera en indicadores de calidad a corto plazo (Toro *et al.*, 2003).

Según el IDG, todo el río Itaya está contaminado, aunque en diferente grado, manteniendo un rango de calidad entre polución media a polución fuerte, habiendo un punto de muestreo con polución tóxica (H4) con poblaciones por debajo de los 10 ind/mm². Estos resultados muestran el estado trófico que podría ser natural o inducido por contaminación antropogénica. El crecimiento de la población ha llevado al aumento considerable de las necesidades del agua, de allí que los cuerpos de agua sufren contaminación debido principalmente al depósito de sedimentos por malas prácticas agrícolas y también de aguas servidas. La lluvia ácida, que aporta dióxido de azufre (SO₂) y de nitrógeno (NO₂) aumenta por el uso doméstico, agropecuario e industrial; sin embargo, cada día aumenta el deterioro de la calidad del agua. Entre las acciones humanas que modifican o afectan los sistemas acuáticos se encuentra la deforestación y la eliminación de residuos en los cursos de agua (Cuadro 7).

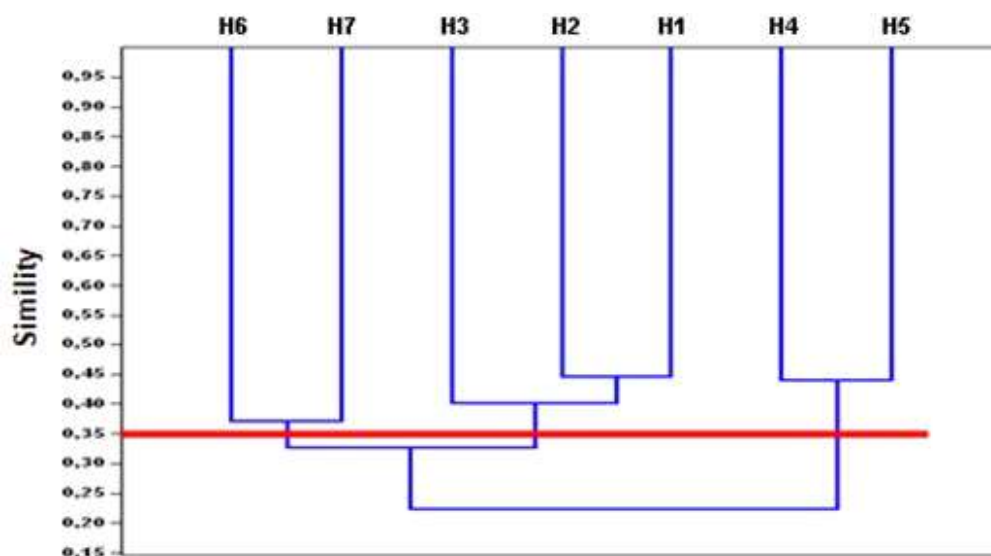


Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de los puntos de muestreo en el río Itaya, según su composición fitoplanctónica (la línea roja corresponde en la escala de la figura del eje Y a 0.35)

LITERATURA CITADA

1. **Acleto C. 1986.** Algas marinas del Perú de importancia económica. Lima: Museo de Historia Natural, UNMSM. 107 p.
2. **Acleto C. 1998.** Introducción a las algas. Lima: Ed Escuela Nueva. 383 p.
3. **Bicudo C, Menezes M. 2005.** Gêneros de algas de águas continentais do Brasil chave para identificação e descrições. Brasil: RIMA. 489 p.
4. **Bourrelly P. 1968.** Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. Paris: N. Boubée et Cie. 438 p.
5. **Bourrelly P. 1970.** Les algues d'eau douce. III. Les algues bleues et rouges. Paris: N. Boubée et Cie. 512 p.
6. **Bourrelly P. 1972.** Les algues d'eau douce. I. Les algues vertes. Paris: N. Boubée et Cie. 572 p.
7. **Cobos M, Castro J, Del Águila J, Soplín H. 2012.** Identificación de microalgas oleaginosas en el área de concesión para conservación, cuenca alta del río Itaya. Loreto-Perú. *Ciencia Amazónica* 2(2): 162-168.
8. **Edmondson WT. 1966.** Fresh-water biology. 2nd ed. New York: Jhon Wiley & Sons. 1248 p.
9. **Fernández HA, 1982.** Guía para el estudio de las algas. Trujillo, Perú: Talleres gráficos IVP. 263 p.
10. **Ismiño R, García A, Sánchez H, Chota W, Vargas G, Nolorbe C, Tello S, García-Dávila C. 2014.** Comunidad fitoplanctónica en los ríos Curaray, Arabela y Napo (Amazonia peruana). *Folia Amazónica* 23: 139-148.
11. **Junk WJ. 1997.** Structure and function of the large central Amazonian river floodplains synthesis and discussion. In: Junk WJ (ed). *The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system.* Berlin: Springer. p 445-472.
12. **Loza AS. 1994.** El nanofitoplancton de las bahías de Vita y Jururú, Cuba. *Cienc Biol* 27: 90-106.

13. **Maco J. 2006.** Tipos de ambientes acuáticos de la amazonia peruana. *Folia Amazonica* 15(1-2): 131-140.
14. **Navas VM. 2014.** Manual técnico. Loricáridos de importancia en la región de San Martín. Tarapoto, Perú: Estilos Gráficos. 50 p.
15. **Neiff JJ. 1996.** Large rivers of South America: toward the new approach *Verh Internat Verein Limnol* 26: 167-180. doi: 10.1080/03680770.1995.11900701
16. **Nuñez-Avellaneda M, Duque SR. 2001.** Estudio del fitoplancton en ambientes acuáticos de la Amazonía colombiana. En: Echeverri J, Franky C, Zarate C (eds). *Imani Mundo. Estudios del río Putumayo (Amazonía Colombo Peruana)*. Bogota, Colombia. Ed Uniblos.
17. **Nuñez-Avellaneda M, Marin ZY, Alonso JC, Ríos E, Andrade-Sossa C, Freitas A, Gaya R. 2006.** Los ambientes de pesca en la frontera Colombo-Peruana del río Putumayo. En: Agudelo E, Alonso JC, Moya LA (eds). *Perspectivas de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronterizo Colombo-Peruano de río Putumayo*. Bogotá DC, Colombia: Ed Scripto. p 31-45.
18. **Ortega H, Chocano L, Samanez I. 2010.** Biota acuática en la Amazonia peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el bajo Urubamba (Cuzco-Ucayali). *Rev Peru Biol* 17: 29-35. doi: 10.15381/rpb.v17i1.47
19. **Prado M, Bucheli R, Calderón G. 2010.** Composición, distribución y abundancia del plancton en sistemas fluviales de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Bol Cient Téc* 20(6): 1-52.
20. **Peña V, Pinilla G. 2002.** Composición distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Rev Biol Mar Oceanogr* 37: 67-81. doi: 10.4067/S0718-19572002000100008
21. **Prescott GW. 1982.** Algae the western great lakes area (with an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms). USA: Lubrecht & Cramer. 977 p.
22. **Prieto M, Mogollón M, Castro A, Sierra L. 2005.** Efecto del medio y condiciones de cultivo en productividad de tres diatomeas marinas con potencial acuícola. *MVZ-Cordoba* 10(1): 544-554. doi: 10.21897/rmvz.476
23. **Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez R. 2001.** La pesca en la baja Orinoquia colombiana: una visión integral. Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. 255 p.
24. **Reynolds C. 2012.** Environmental requirements and habitat preferences of phytoplankton: chance and certainty in species selection. *Botánica Marina* 55: 1-17. doi: 10.1515/bot.2011.121
25. **Rivas AW, Gómez RE, Monterrosa AJ. 2010.** Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de el Salvador. Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. El Salvador: Ed Universitaria UES. 48 p.
26. **Round FE, Crawford RM, Mann DG. 1993.** The diatoms, biology and morphology of genera. UK: Cambridge University. 747 p.
27. **Sánchez E. 1996.** Caracterización especial del fitoplancton nerítico en el Pacífico. Tesis de Pregrado. Cali, Colombia: Universidad del Valle. 60 p.
28. **Toro J, Schuster J, Kurosawa J, Araya E, Contreras M. 2003.** Diagnóstico de la calidad de agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como indicadores del río Maipo (Santiago: Chile). XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Chile.