

Estudio preliminar del Componente Biológico Planctónico de Pasivos Mineros en la Micro-Cuenca del río Pilaló, Pujilí – Cotopaxi.

***María Verónica Maila Álvarez & **Elizabeth Yolanda Pérez Alarcón**

*Doctora en Biología. Docente, Carrera de Ciencias Naturales y del Ambiente, Biología y Química. Universidad Central del Ecuador.

**Doctora en Biología. Docente, Carrera de Arquitectura. Universidad Central del Ecuador.

mvmaila@uce.edu.ec; eyperez@uce.edu.ec

RESUMEN

El estudio del componente planctónico del río Pilaló, provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, parroquia Tingo, se realizó durante los meses de agosto y septiembre del 2012. Los objetivos fueron: Establecer la composición de las comunidades planctónicas y determinar el estado de polución orgánica del río. Se abarcaron ocho puntos de estudio entre el Recinto La Esperanza y el Recinto Oriente. La metodología empleada en el campo para perifiton fue el raspado en piedra en una superficie de 1cm² y filtrado de 100 litros en una red de 60 um de poro para fitoplancton. Analizadas las muestras, se registraron para fitoplancton y perifiton un total de 44.204 individuos agrupados en 42 géneros, dentro de 23 familias en 13 órdenes. Los géneros con mayor representatividad corresponden a *Rhoicosphenia* (14.668 individuos), *Navicula* (8.188 individuos) y *Fragilaria* (5.828 individuos). Aplicando los índices

de diversidad de Margalef y gamma se reporta un índice de diversidad media (2,85). Según el índice de polución orgánica propuesto por Palmer a nivel de géneros, el segmento del cuerpo de agua estudiado comparte los tres tipos de calidad así, baja contaminación orgánica, polución orgánica intermedia y alta polución orgánica. Con respecto al índice de similitud de Sorensen el punto 1 en comparación con los 7 puntos restantes, presenta porcentajes de similitud menores al 45%. A diferencia de los puntos 2 al 8, entre los cuales existe un índice de similitud del 64 al 87%. En base a lo citado, se sugiere evitar la incidencia de actividades domésticas y de ganadería, dado que se constituyen en la principal fuente de generación de materia orgánica que conjuntamente con la escorrentía agravan la actual situación del río, así también se sugiere ampliar la frecuencia de monitoreo en los puntos georeferenciados en las dos épocas del año, a fin de establecer las características propias de la dinámica poblacional del río.

ABSTRACT

The study of planktonic component in the Pilalo River, Cotopaxi Province, Canton Pujilí, Tingo Parish, was carried out during the months of August and September 2012. The objectives were to establish the composition of planktonic communities and determine the organic pollution of the river. The study covered eight points between two locations: Recinto La Esperanza and Recinto Oriente. The methodology used to study the periphyton was in an area of 1cm² using the technique of scraped in stone, and the filtering of 100 liters of water in a net of 60 um of pore. The samples were analyzed and recorded a total of 44,204 individuals grouped in 42 genera in 23 families in 13 orders. The more representative genera belong to *Rhoicosphenia* (14,668 individuals), *Navicula* (8,188 individuals) and *Fragilaria* (5,828 individuals). Applying the Margalef diversity indices and gamma, the report is a middle diversity index (2.85). According to the organic pollution index proposed by Palmer based on genera, the part of body of water studied shares three types of quality: low organic contamination, intermediate and high organic pollution. After the analysis the results determined that the body of water is located in the range of high organic pollution. According to Sorensen similitude index, by comparing the point 1 to the other 7 points, it presents similar percentages of less than 45%. Otherwise, by establishing comparison between the points from 2 to 8, there are similitude percentages from 64 to 87%. Based on the results, it is suggested to avoid the incidence of domestic and livestock activities, since they are the main source of generation of organic matter together with

the rainwater fall because those factors have damaged the present conditions of the river. Moreover, it is suggested to extend the frequency of monitoring georeferenced points in the two seasons of the year to establish the characteristics of the population dynamics of the river.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, en territorio de la parroquia Tingo - La Esperanza, en el año de 1937 se inició la explotación de la Mina de Macuchi, la misma que luego de haber sido transferida a diferentes empresas mineras, cesó su explotación en el año 2004 (Albán 2012). Los desechos de esta actividad fueron vertidos de manera directa al río Pilaló y aún se observan las piscinas del tratamiento que contienen azufre y se encuentran al borde del río. En virtud del abandono de estas construcciones sin tratamiento técnico alguno y al mantenerse a la intemperie, los residuos están sujetos al contacto directo con el río a través de la escorrentía.

Mediante el estudio del componente planctónico de pasivos mineros en la micro-cuenca del río Pilaló, se determinó el estado actual en relación a los índices de diversidad y polución orgánica, aproximadamente 8 años posteriores al cese de la actividad minera, como parte del Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS) del Ministerio del Ambiente Contrato N° 1070, dentro del Proyecto de Diagnóstico Ambiental de Pasivos Mineros en la Micro-cuenca del Río Pilaló y Generación de Alternativas de Remediación.

A la fecha, el levantamiento de información respecto al componente planctónico del río Pilaló, se constituye en la línea base, pues no se registran datos de estudios previos en el sector respecto al citado componente, situación que se generaliza para la gran mayoría de cuerpos de agua en el Ecuador. Es a partir de la expedición del Registro Oficial N° 41 en el año 2007, que se dispone de información sobre la diversidad planctónica de varios cuerpos de agua, dado que a partir del citado año se normó dentro del estudio ambiental el incluir al componente planctónico para las empresas que desarrollan proyectos hidroeléctricos.

Los objetivos que orientaron el trabajo fueron: 1) Determinar la composición de las comunidades de fitoplancton del río Pilaló y 2) Evaluar la calidad biológica del agua del río empleando como índices de bioindicación a los organismos fitoplanctónicos.

Área de Estudio



Fuente: https://www.google.com.ec/search?q=mapa+pol%C3%ADtico+del+ecuador+2015&biw=911&bih=445&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI_Pb-C9PbJyAIVSn2QCh1q7QFA#tbm=isch&q=mapa+pol%C3%ADtico+de+cotopaxi+2015&imgdii=A_p0GQC0AIR0AM%3A%3BA_p0GQC0AIR0AM%3A%3B1kyOqoiWmHJJAM%3A&imgc=A_p0GQC0AIR0AM

El estudio se ejecutó en el río Pilaló, en el trayecto comprendido entre el recinto La Esperanza y Oriente, en la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí. De acuerdo a Cañadas Cruz (1983), el sector se ubica en la Región (16) Húmedo Sub-tropical y corresponde a la formación ecológica Bosque húmedo Pre-Montano. Los datos del punto, su localidad, coordenadas y altitud se citan en el cuadro 1.

Cuadro N° 1
Datos geográficos de los puntos muestreados

Punto	Nombre	Localidad	Coordenadas	Altitud m.s.n.m.
1	"Galería Nivel 3 de Macuchi"	Recinto la Esperanza	X 0716373 - Y 9897152	1.602
2	"Relaveras"	Recinto la Esperanza	X 0716573 - Y 9897773	1.504
3	"Testigo"	Recinto la Esperanza	X 0718063 - Y 9896458	1.715
4	"Antes de la confluencia con el río Chiquinquirá"	Recinto la Esperanza	X 0716185 - Y 9901505	1.152
5	"Antes de la confluencia con el río Tilinche"	Recinto la Esperanza	X 071302 - Y 9902993	869
6	"Antes de la confluencia con el río Loma Pi"	Recinto Palmar	X 0709805 - Y 9904134	712
7	"Antes de la confluencia del estero Oriente"	Recinto Oriente	X 0705773 - Y 9904885	520
8	"Antes del recinto Guayacán"	Recinto Palmar	X 0705244 - Y 9904290	472

Fuente: Trabajo de campo - 2012

De los puntos citados, los siete(2 al 8) siguen el curso del río aguas abajo, en tanto que el punto denominado Galería Nivel 3 de Macuchi, se ubica en uno de los afluentes del río Pilaló provenientes de una antigua mina.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en agosto del 2012 y comprendió dos fases: estudio de campo y análisis de laboratorio. En el campo se tomaron muestras de 8 puntos ubicados entre los recintos La Esperanza, Palmar y Oriente. Los puntos fueron establecidos en dirección aguas abajo considerando un punto control, seis en el curso del río y uno en un cuerpo de agua anexo. Las mues-

tras se colectaron a través de la técnica de filtrado en red de 60 micras y mediante la técnica de raspado en piedra en 1 cm² de superficie, obteniendo un total de cuatro muestras por punto (uno de fitoplancton y tres de perifiton). De las muestras colectadas y aforadas a 100 ml se homogeneizó y se fraccionó en dos alícuotas de 50 ml, de las cuales una alícuota se fijó con el preservante transeau y la otra alícuota se conservó *in vivo* (Ramírez 2000). Las muestras preservadas reposan en el Laboratorio de Microbiología de la Carrera de Ciencias Naturales y del Ambiente, Biología y Química de la Universidad Central del Ecuador, en calidad de respaldo del estudio realizado.

En la fase de laboratorio se realizó la identificación y cuantificación de las microalgas

in vivo. En la cuantificación de los microorganismos se empleó el método del Recuento Celular Total (APHA 1992), a través de la técnica de barrido de placa de 10 ml de muestra concentrada, con doce repeticiones por punto, esto es, tres en el caso de fitoplancton y nueve para perifiton. Entre la bibliografía empleada para la identificación y determinación taxonómica de los géneros se utilizaron las claves regionales de: (Streble & Krauter 1987, Ramírez 2000, y Palmer 1962) y páginas web.

La interpretación de los resultados se realizó a través de la aplicación de los índices de diversidad de Margalef (Moreno 2001), índice de diversidad gamma (Villarreal *et al.* 2004), índice de polución orgánica propuesto por Palmer (Ramírez 2000) e índice de similitud de Sorensen (Villarreal *et al.* 2004). Además, en la determinación de la bioindicación de los organismos se empleó el texto de Pinilla 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad

Cuadro N° 2

Número de individuos, géneros e índice de diversidad de Margalef en los puntos muestreados, río Pilaló

Punto	N° Individuos	N° Géneros	Índice de Diversidad (Margalef)	Interpretación
1	378	8	1,18	Diversidad baja
2	1093	20	2,52	Diversidad media
3	1311	33	3,38	Diversidad media
4	712	24	3,50	Diversidad media
5	5424	32	3,61	Diversidad media
6	2906	24	2,88	Diversidad media
7	11833	27	2,77	Diversidad media
8	837	28	3,00	Diversidad media
Diversidad promedio			2,85	Diversidad media

Fuente: Trabajo de campo - 2012

Discusión: De la investigación realizada en el río Pilaló, cuyos resultados se desprenden de la tabla precedente, se evidencia que los puntos que se encuentran en el curso del río (punto 2 al punto 8) presentan similar condición en diversidad, esto es, diversidad media, en tanto que el punto 1 al corresponder a otro cuerpo de agua y al estar sometido a otras condiciones (aguas procedentes de una antigua mina de oro) difiere en esta característica, siendo su diversidad baja. Por otra parte, al considerarse los valores de diversidad media, se denota que el punto 2 es el que presenta menor valor, lo que podría atribuirse a la influencia directa de las relaveras, que en la época de invierno por el fenómeno de escorrentía se ponen en contacto el azufre remanente de las relaveras con el río.

En el país no son comunes los estudios de la diversidad de microalgas (Andocilla 2010), y los escasos trabajos de los que se tiene conocimiento, están enfocados a sistemas lénticos en embalses y lagunas principalmente; con respecto a los sistemas lóxicos en su gran mayoría han sido estudiados por empresas consultoras particulares dentro de proyectos hidroeléctricos. Al momento no se dispone de estudios previos del río Pilaló en la parroquia el Tingo, es por ello que, en el presente estudio se establece comparación con el Río San

Gerónimo-Imbabura (Maila y Pérez 2012), por cuanto comparte similar metodología de estudio y sobretodo corresponde a la región Sierra. Considerando la diversidad, los sectores de los ríos estudiados comparten igual índice de diversidad, esto es, diversidad media, no obstante, los valores en el río Pilaló tienen un mínimo de 2,52 y un máximo de 3,61, en tanto que el río San Gerónimo tienen un mínimo de 2,67 y un máximo de 3,63, diferencias mínimas atribuibles a que corresponden a sistemas hídricos diferentes.

Dominancia

Cuadro N° 3

Tres géneros más frecuentes en los puntos estudiados del río Pilaló

Punto	Nombre del punto	Géneros más frecuente	N° Individuos
1	"Galería Nivel 3 de Macuchi"	<i>Achnantheidium</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Anisonema</i>	285 75 11
2	"Relaveras"	<i>Navicula</i> <i>Rhoicosphenia</i> <i>Fragilaria</i>	501 240 235
3	"Testigo"	<i>Rhoicosphenia</i> <i>Navicula</i> <i>Oscillatoria</i>	5501 2030 1245
4	"Antes de la confluencia con el río Chiquinquirá"	<i>Rhoicosphenia</i> <i>Cocconeis</i> <i>Navicula</i>	183 126 61
5	"Antes de la confluencia con el río Tulinche"	<i>Navicula</i> <i>Rhoicosphenia</i> <i>Oscillatoria</i>	2083 935 887
6	"Antes de la confluencia con el río Loma Pi"	<i>Fragilaria</i> <i>Rhoicosphenia</i> <i>Cocconeis</i>	1099 814 285
7	"Antes de la confluencia del estero Oriente"	<i>Rhoicosphenia</i> <i>Navicula</i> <i>Oscillatoria</i>	5791 1504 1174
8	"Antes del recinto Guayacán"	<i>Fragilaria</i> <i>Navicula</i> <i>Rhoicosphenia</i>	3482 1872 1199

Fuente: Trabajo de campo - 2012

Discusión: Con respecto a los géneros dominantes en los cuerpos de agua analizados, destacan *Achnanthydium* y *Rhoicosphenia*. El primer género está presente únicamente en el punto 1 y con una frecuencia de individuos superior a los dos géneros de mayor frecuencia en el punto. El género *Rhoicosphenia*, si bien no ocupa en todos los puntos el primer lugar, cabe resaltar que se halla presente en los 7 puntos restantes, en cada uno de ellos con frecuencias relativamente altas. La diferencia de géneros y de frecuencia de individuos entre el punto 1 y los puntos 2 al 8, denota una vez más el origen distinto de los cuerpos de agua. Cabe señalar que la presencia del género *Achnanthydium* indica la característica de acidez propia del cuerpo de agua. Respecto al río San Gerónimo (Maila y Pérez 2012), los organismos planctónicos representativos son *Rhoicosphenia*, *Anisonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Oscillatoria* y *Fragilaria*, de los cuales *Rhoicosphenia* y *Navicula* son comunes a todos los puntos estudiados. Al comparar la dominancia de los géneros entre los dos ríos, se observa que *Navicula* y *Rhoicosphenia* son géneros comunes, esto puede deberse por una parte, a que dichos géneros son de amplia distribución (*Rhoicosphenia* s.a.) y (Phytopedia 2012); y por otra parte a que comparten una misma región geográfica.

Similitud

Cuadro N° 4
Valores en porcentajes del índice de Similitud de Sorensen

Punto	2	3	4	5	6	7	8
1	29	34	44	35	44	40	33
2		64	77	69	68	72	67
3			81	89	84	87	79
4				79	83	82	69
5					82	85	80
6						82	81
7							76

Fuente: Trabajo de campo - 2012

Discusión: De acuerdo al índice de similitud de Sorensen aplicado en el presente estudio, los valores van del 29 al 87%. El punto 1 en comparación con los 7 puntos restantes, presenta porcentajes de similitud menores al 45%, a diferencia de los puntos 2 al 8, entre los cuales existe un índice de similitud del 64 al 87%. Esta diferencia se debe probablemente al hecho de que se trata de cuerpos de agua diferentes. Además, el punto 2 en comparación con los 6 puntos restantes (3, 4, 5, 6, 7 y 8), no supera el 78% de similitud, fenómeno que puede estar relacionado con la influencia de las relaveras presentes en este punto. En el río San Gerónimo (Maila y Pérez 2012), el índice de similitud oscila entre el 72 al 84%, lo cual implica que el río Pilaló presenta mayor heterogeneidad con relación al río San Gerónimo. La heterogeneidad del río Pilaló, se encuentra marcada por los resultados del punto 2, el cual según se había señalado está influenciado por las relaveras y posiblemente estas inciden de manera determinante sobre la heterogeneidad en la diversidad del punto 2 en relación a los otros puntos (3 al 8). Este fenómeno, no ocurre en el río San Gerónimo, el cual mantiene diferentes condiciones en cada punto de estudio, ninguno de ellos se encuentra influenciado por factores que los alteren de manera categórica.

Polución Orgánica

Cuadro N° 5
Valores del índice de Polución Orgánica

PUNTO	OPI	CUALIDAD
Punto 1: "Galería Nivel 3 Macuchi"	13,00	Baja contaminación orgánica
Punto 2: "Relaveras"	16,00	Polución orgánica intermedia
Punto 3: "Testigo"	27,00	Alta polución orgánica
Punto 4: "Antes de la confluencia del Río Chiquinquirá"	19,00	Polución orgánica intermedia
Punto 5: "Antes de la confluencia con el Río Tilinghe"	25,00	Alta polución orgánica
Punto 6: "Antes de la confluencia con el Río Loma Pi"	23,00	Alta polución orgánica
Punto 7: "Antes de la confluencia con el estero Oriente"	27,00	Alta polución orgánica
Punto 8: "Antes del Recinto Guayacán"	19,00	Polución orgánica intermedia

Fuente: Trabajo de campo - 2012

Discusión: Según el índice de polución orgánica propuesto por Palmer, el tramo de los cuerpos de agua estudiados presentan las tres categorías de polución, siendo el punto 1, el único que presenta baja contaminación orgánica, mientras que los puntos del 2 al 8 se ubican en las categorías de polución orgánica intermedia y alta polución orgánica. De acuerdo a lo observado, la baja contaminación orgánica del punto 1 puede ser atribuido no tanto a la baja polución, sino a su baja diversidad, lo cual hace que no se registren los géneros propios indicadores de polución. Similar fenómeno puede ocurrir con el punto 2, donde la influencia de las relaveras puede afectar a la presencia de géneros indicadores de polución, haciendo que este punto también presente polución orgánica intermedia. El río San Gerónimo (Maila y Pérez 2012), por su parte presenta dos puntos en la categoría de alta polución orgánica y tres puntos en la categoría de polución orgánica intermedia. Esta variabilidad de polución orgánica en los trayectos estudiados obedece a las condiciones en las que se circunscriben los diferentes sectores estudiados.

Cuadro N° 6												
Géneros registrados en los cuerpos de agua estudiados												
ORGANISMOS				PUNTOS DE MUESTREO								
N°	Orden	Familia	Género	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total
1	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Achnanthes</i>	0	57	73	12	28	4	18	31	223
2	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Achnantheidium</i>	285	141	988	11	91	30	463	124	2133
3	Hormogonales	Oscillatoriaceae	<i>Aff. Arthrospira</i>	0	17	10	3	59	0	58	0	147
4	Chlorococcales	Dictyosphaeriaceae	<i>Aff. Westella</i>	0	0	363	39	58	155	5	107	727
5	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Amphipleura</i>	0	5	1	3	1	13	0	68	91
6	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Amphora</i>	0	223	83	8	24	3	7	22	370
7	Hormogonales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2
8	Euglenales	Peranemataceae	<i>Anisonema</i>	11	0	646	27	585	2	812	60	2143
9	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Ankistrodesmus</i>	0	0	2	0	0	0	1	0	3
10	Chlorococcales	Botryococcaceae	<i>Botryococcus</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	5
11	Pennales	Cymbellaceae	<i>Ceratoneis</i>	0	9	77	33	60	23	125	62	389
12	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Chlorella</i>	1	0	22	1	41	1	4	1	71
13	Zygnematales	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
14	Centrales	Coscinodiscaceae	<i>Cocconeis</i>	0	92	156	126	308	287	711	573	2253
15	Zygnematales	Desmideaceae	<i>Cosmarium</i>	0	15	0	0	0	0	0	5	20
16	Centrales	Coscinodiscaceae	<i>Cyclotella</i>	0	0	1	0	1	0	1	1	4
17	Pennales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	0	85	270	10	25	33	295	318	1036
18	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Diatoma</i>	0	11	118	6	43	4	10	13	205
19	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	0	11	17	26	15	3	3	0	75
20	Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	0	235	192	43	99	1099	678	3482	5828
21	Nostocales	Rivulariaceae	<i>Gloeotrichia</i>	0	0	325	1	1	24	59	0	410
22	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Gomphonema</i>	0	3	9	0	3	0	1	0	16
23	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Gyrosigma</i>	0	0	1	0	2	1	3	8	15
24	Euglenales	Euglenaceae	<i>Lepocinclis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2
25	Melosirales	Coscinodiscophyceae	<i>Melosira</i>	0	131	388	44	38	51	49	68	769
26	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i>	0	0	1	0	1	0	0	2	4
27	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i>	0	0	3	0	1	24	0	63	91
28	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
29	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Navicula</i>	3	501	2030	61	2083	234	1504	1772	8188
30	Pennales	Cymbellaceae	<i>Neidium</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	4

31	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i>	0	0	13	0	0	10	8	6	37
32	Hormogonales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	75	60	1245	51	887	24	1174	26	3542
33	Hormogonales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i>	0	0	0	0	1	0	6	1	8
34	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i>	0	33	2	2	6	0	2	1	46
35	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
36	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Rhoicosphenia</i>	1	240	5501	183	939	814	5791	1199	14668
37	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Spirogyra</i>	0	0	1	0	3	44	0	9	57
38	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i>	1	0	459	2	3	20	42	0	527
39	Pennales	Bacillariophyceae	<i>Suriella</i>	0	33	4	14	15	3	3	11	83
40	Pennales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
41	Chlorococcales	Scenedesmaceae	<i>Tetrastrum</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2
42	Volvocales	Volvocaceae	<i>Volvox</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	6
Total	Órdenes 13	Familias 23	Géneros 42	378	1903	13011	712	5424	2906	11833	8037	44204

Fuente: Trabajo de campo - 2012

Discusión: Del estudio realizado se desprende que el río Pilaló está conformado por 44.204 individuos agrupados en 42 géneros, dentro de 23 familias de 13 órdenes. El orden más representativo es Pennales con 33.333 individuos correspondientes a 17 géneros en 3 familias. Las familias con mayor frecuencia de individuos son: Bacillariophyceae (26.075 individuos), Fragilariaceae (5829 individuos) y Oscillatoriaceae (3697 individuos). Los géneros con mayor representatividad corresponden a *Rhoicosphenia* (14.668 individuos), *Navicula* (8.188 individuos) y *Fragilaria* (5.828 individuos). Respecto al río San Gerónimo (Maila y Pérez 2012) éste presenta 11.518 individuos agrupados en 36 géneros, dentro de 19 familias de 12 órdenes. El orden más representativo es Pennales con 9.193 individuos correspondientes a 11 géneros en 5 familias. Las familias con mayor frecuencia de individuos son: Bacillariophyceae (8.680 individuos), Oscillatoriaceae (823 individuos) y Euglenaceae (603 individuos). Los géneros fitoplactónicos con mayor representatividad corresponden a *Navicula* (6.562 individuos), *Rhoicosphenia* (1.696 individuos) y *Oscillatoria* (619 individuos).

Comparando los dos estudios, es evidente la diferencia cuantitativa existente en el número de individuos, géneros, familias y órdenes entre el río Pilaló y San Gerónimo; siendo más numeroso en los componentes citados el río Pilaló. Esta particularidad se debe a que en el río Pilaló se establecieron ocho estaciones de muestreo, en tanto que en el río San Gerónimo se establecieron únicamente cinco. Por otra parte, existe similitud en orden y familia con mayor frecuencia de

individuos, esto posiblemente se debe al empleo de una misma metodología y a que los dos sistemas lóticos comparten condiciones de una misma región geográfica, la Sierra Ecuatoriana.

CONCLUSIONES

Considerando que el estudio comprende dos cuerpos de agua que se hallan bajo

influencia de condiciones ambientales distintas, se establecen significativas diferencias entre los cuerpos de agua en lo referente a composición fitoplanctónica, índice de polución orgánica, diversidad de Margalef e índice de similitud de Sorensen, como lo demuestran los siguientes datos:

Respecto a la composición de fitoplancton, en el punto 1 “Galería Nivel 3 de Macuchi” se registran, como géneros más frecuentes *Achananthidium* con 285 individuos, *Oscillatoria* con 75 individuos y *Anisonema* con 11 individuos. En tanto que la comunidad fitoplanctónica en los puntos del 2 al 8 se caracteriza por la dominancia de *Rhoicosphenia* con 14.663 individuos, *Navicula* con 8.051 individuos y *Fragilaria* con 4.816 individuos.

Según el índice de polución orgánica propuesto por Palmer, el cuerpo de agua correspondiente al punto 1 se ubica en la categoría de baja contaminación orgánica, lo cual sugiere que se encuentra en menor grado de polución que el agua de los puntos del 2 al 8, los cuales comparten las categorías de polución orgánica intermedia y alta polución orgánica.

De acuerdo a los resultados sobre el índice de diversidad de Margalef, se determina que el punto 1 al ubicarse en la categoría de diversidad baja, es menos diverso que los puntos 2 al 8 que ubican al cuerpo de agua en la categoría de diversidad media.

Mediante la aplicación del índice de similitud de Sorensen, se determina que

los géneros comunes entre el punto 1 y los puntos 2 al 8 son *Achnanthidium*, *Navicula*, *Oscillatoria* y *Rhoicosphenia*. Se evidencia también que existen géneros cuya presencia es exclusiva en cada punto, así en el punto 1 *Mougeotia*, en el punto 2 *Closterium*, en el punto 3 *Volvox*, en el punto 4 *Botryococcus*, en el punto 5 *Rhizoclonium* y *Synedra*; y en el punto 8 *Anabaena* y *Lepocinclis*.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, se recomienda efectuar estudios que abarquen mayor superficie de muestreo en el punto 1, dado que en el presente estudio el número de muestras estuvieron restringidas a una mínima superficie.

En estudios posteriores se deben considerar los mismos puntos georeferenciados establecidos en el levantamiento de la línea base y ampliar los muestreos con las estaciones climáticas, esto es, realizar el monitoreo en época lluviosa. De ser posible, establecer un registro mensual, con énfasis en los puntos “Testigo” y “Relaveras”, a fin de establecer las características propias de la dinámica poblacional del río y además, contar con un registro más objetivo de la variación de las poblaciones planctónicas influenciadas por las trazas de sustancias polucionantes provenientes de la infraestructura minera.

A continuación se presentan las fotografías de algunos géneros registrados en el río Pilaló en los diferentes puntos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Albán, G. (2012). *Proyecto de Diagnóstico Ambiental de Pasivos Mineros en la Micro-cuenca del Río Pilaló y Generación de Alternativas de Remediación*. Informe, PRAS (Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente).
- Andocilla López, M. 2010. *Microbiología General y Ambiental Básica*. Edit. Universitaria, Quito.
- APHA, AWA, WPCF. (1992). *Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Edit. Díaz Santos, Madrid.
- Cañadas Cruz, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Edit. MAG-PRONAREG, Quito.
- Maila Álvarez, M.V. y Pérez Alarcón, E.Y. (2013). Estudio del Componente Biológico Planctónico. Proyecto Hidroeléctrico “Buenos Aires” – Imbabura. Informe, YAWE CIA. LTDA. Quito.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para Medir la Biodiversidad*. Edit. CYTED, Zaragoza – España.
- Palmer, M. (1962). *Algas en Abastecimientos de agua*. Edit. Interamericana S.A., México.
- Pinilla, G. (2000). *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia*. Compilación Bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Edit. Litográficas Pabón, Bogotá.
- Ramírez, J.J. (2000). *Fitoplancton de Agua Dulce: Bases Ecológicas, Taxonómicas y Sanitarias*. Edit. Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia.
- Streble, H. & Krauter, D. (1987). *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. La Vida en una Gota de Agua*. Edit. Omega, S.A., Barcelona.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A. M. Umaña. (2004). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Bon Humboldt. Bogotá - Colombia 236 p.

Páginas web

- Ponader, K. & Potapova, M. 2007. *Diatoms from the Genus Achnanthisdium in Flowing Waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, Distribution and Taxonomic Notes*. <http://www.engitech.com/asm.htm> <http://www.ansp.org/~potapova/pdfs/Limnologica07.pdf> (Consultado 07-sep-2012)
- Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador. 2007. N° 41. <http://www.>

efficacias.com/efficacias_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Técnicas%20Ambientales.pdf (Consultado 07-sep-2015)

Cotopaxi Province.

https://www.google.com.ec/search?q=mapa+pol%C3%ADtico+del+ecuador+2015&biw=911&bih=445&source=l-nms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI_PbC9Pb-JyAIVSn2QCh1q7QFA#tbm=isch&q=mapa+pol%C3%ADtico+de+cotopaxi+2015&imgdii=A_p0GQC0AIR0AM%3A%3BA_p0GQC0AI-

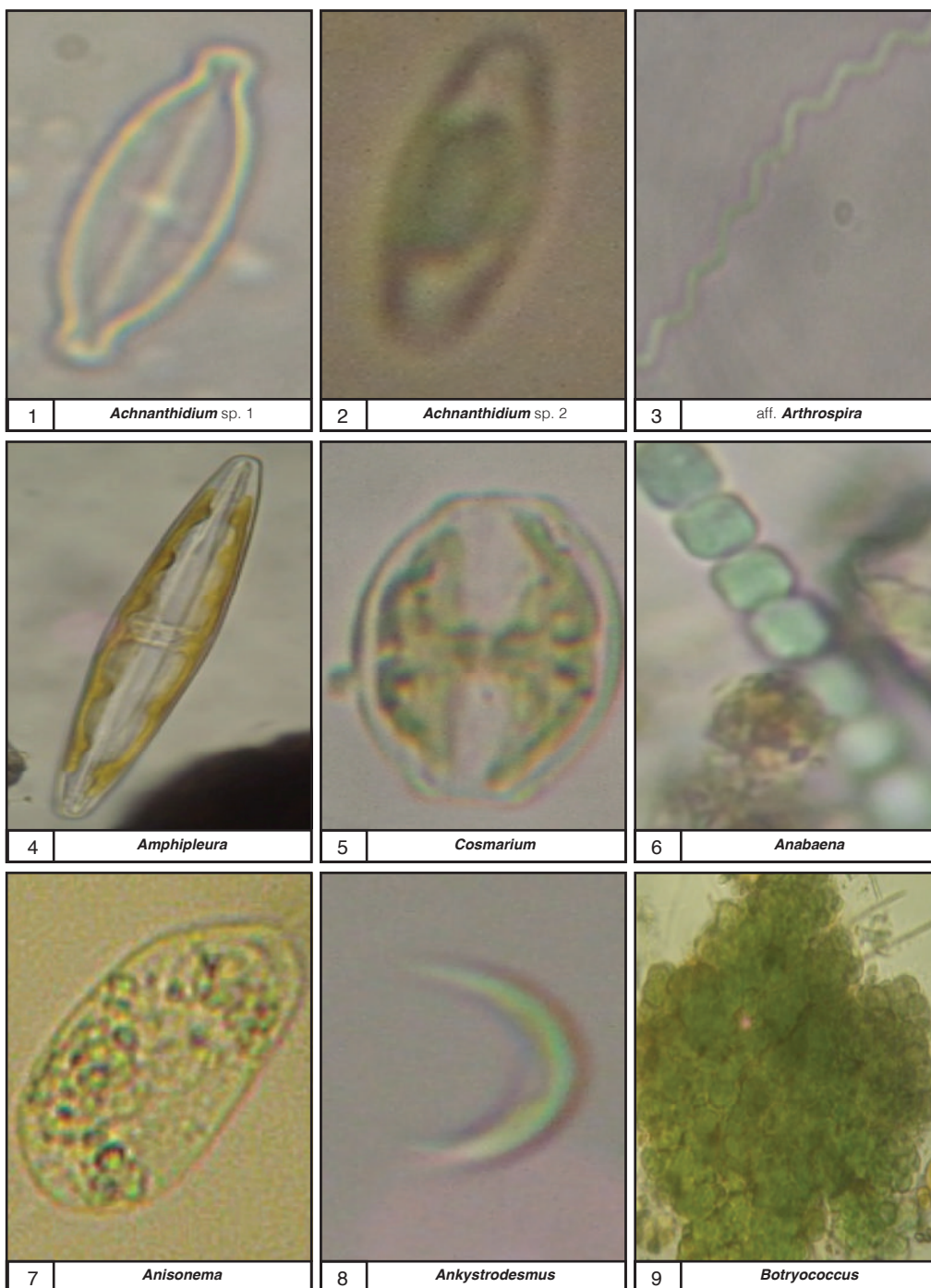
R0AM%3A%3B1kyOqoiWmHJ-JAM%3A&imgrc=A_p0GQC0AIR0AM (Consultado 17-oct-2015)

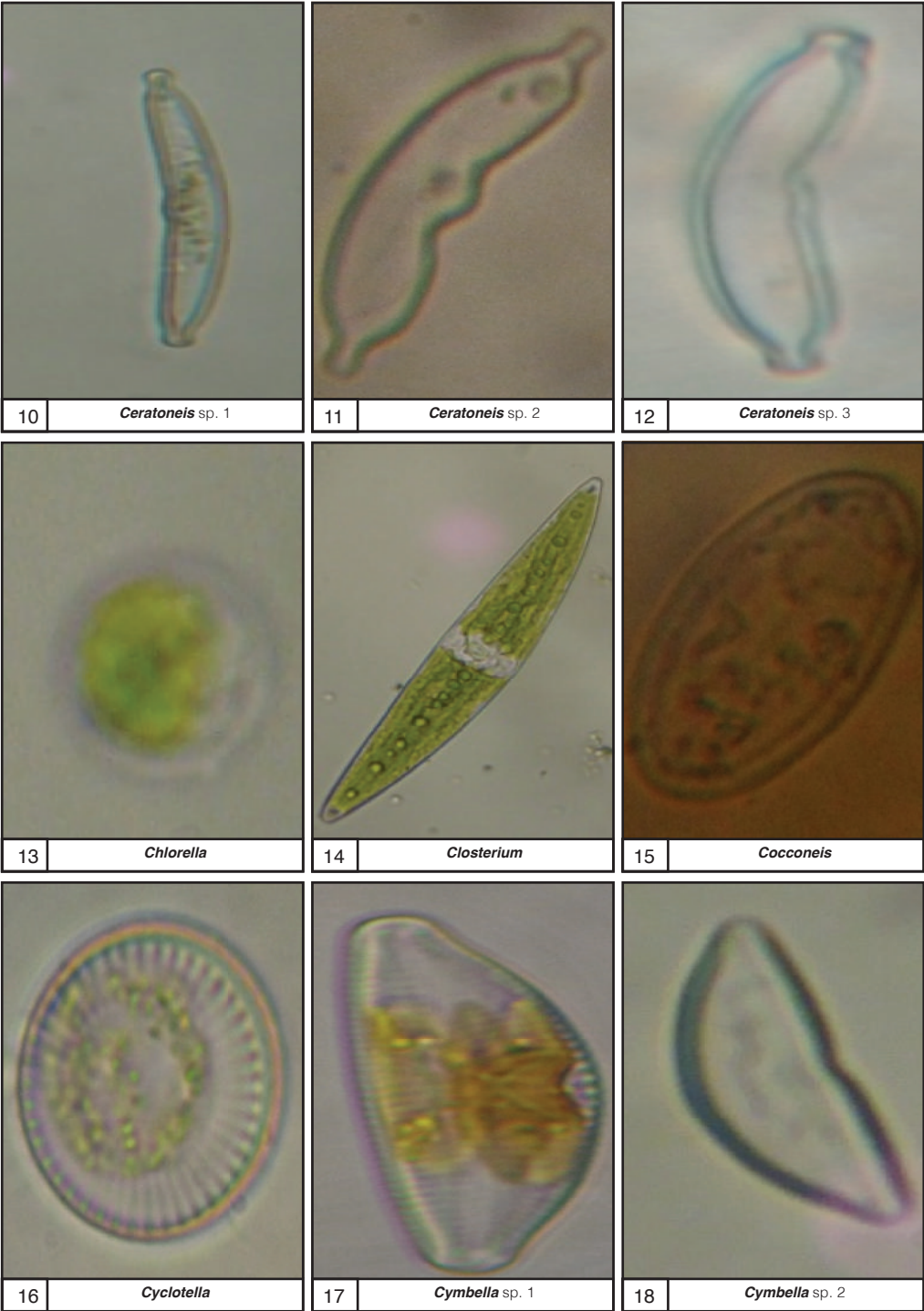
Phytopedia. 2012.

http://www.eos.ubc.ca/research/phytoplankton/diatoms/pennate/navicula/navicula_spp.html. (Consultado 22-oct-2015)

An Image Based-Key Rhoicosphenia. (s.a.). http://cfb.unh.edu/phycokey/Choi-ces/Bacillariophyceae/Pennate/biraphes/biraphe_unicells/biraphe_unicells_asymmetric/RHOICOSPHEA/Rhoicosphenia_key.html (Consultado 22-oct-2015)

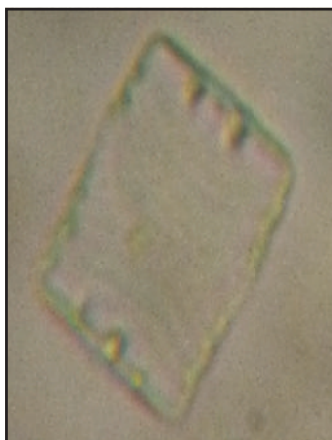
Géneros de fitoplancton, río Pilaló, Pujilí-Ecuador



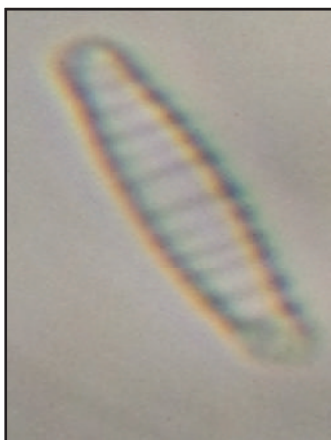




19

Cymbella sp. 3

20

Diatoma sp. 1

21

Diatoma sp. 2

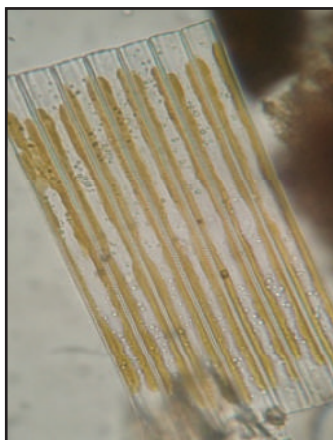
22

Diatoma sp. 3

23

Diatoma sp. 4

24

Euglena

25

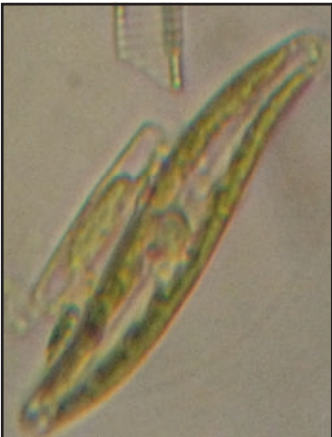
Fragilaria

26

Gomphonema sp. 1

27

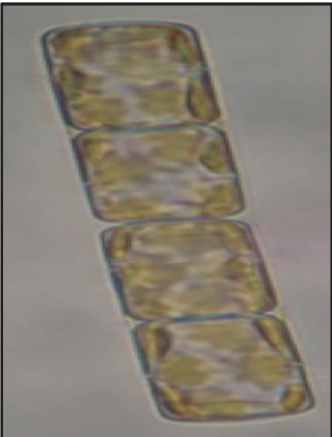
Gomphonema sp. 2



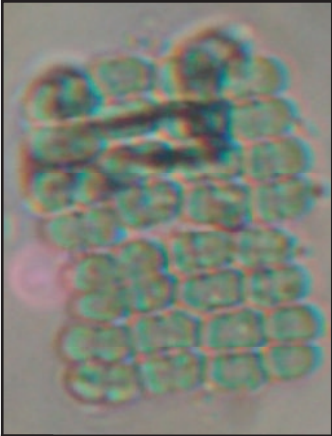
28 *Gyrosigma*



29 *Leponcinclis*



30 *Melosira*



31 *Merismopedia*



32 *Navicula* sp. 1



33 *Navicula* sp. 2



34 *Navicula* sp. 3



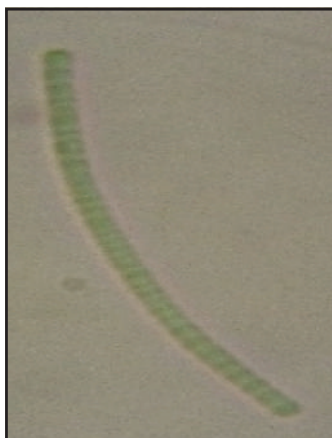
35 *Navicula* sp. 4



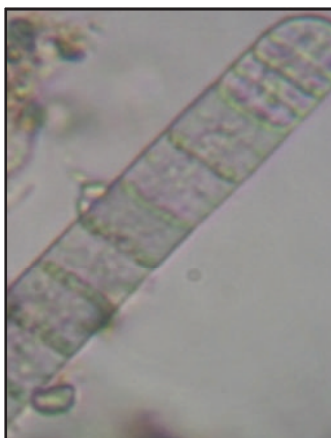
36 *Neidium*



37

Nitzschia

38

Oscillatoria sp. 1

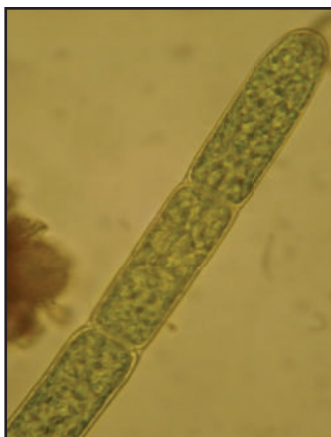
39

Oscillatoria sp. 2

40

Pinnularia sp. 1

41

Pinnularia sp. 2

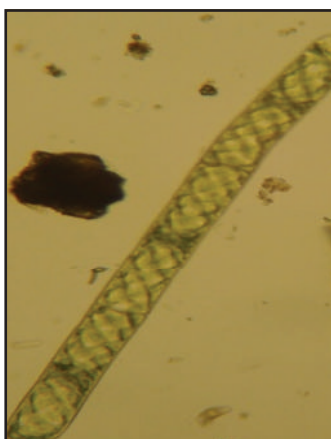
42

Rhizoclonium

43

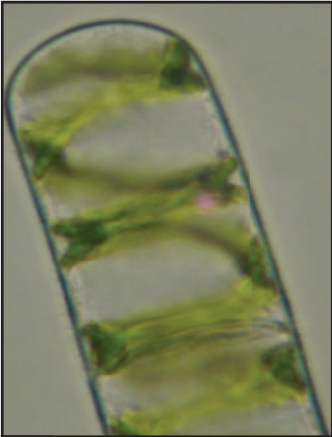
Rhoicosphenia sp. 1

44

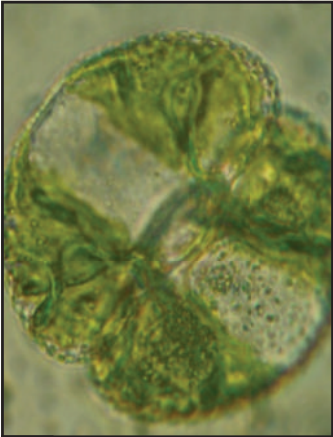
Rhoicosphenia sp. 2

45

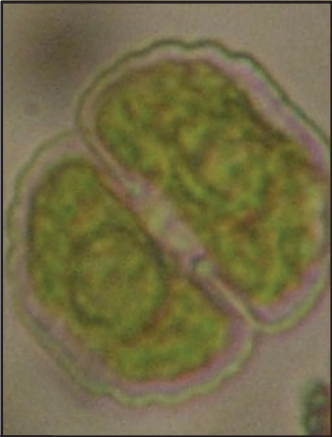
Spirogyra sp. 1



46 Spirogyra sp. 2



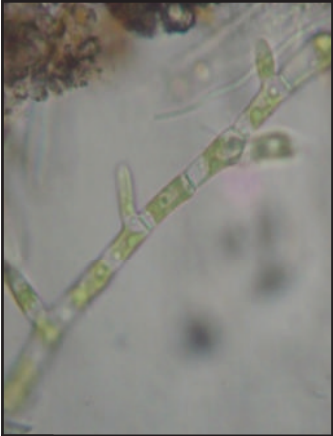
47 Cosmarium sp. 1



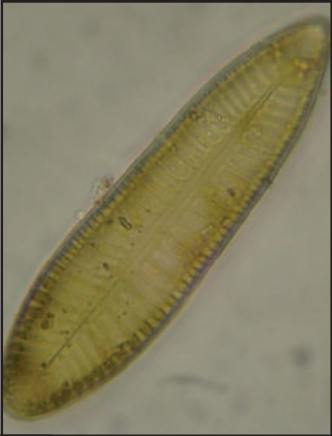
48 Cosmarium sp. 2



49 Stigeoclonium sp. 1



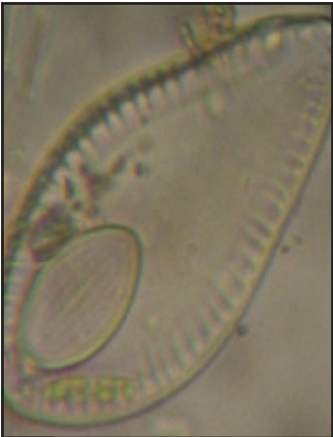
50 Stigeoclonium sp. 2



51 Surirella sp. 1



52 Surirella sp. 2



53 Surirella sp. 3



54 Westella



55

**Técnica 1:
Filtrado de agua**



56

**Colección
de la muestra**



57

**Concentración
de la muestra**



58

**Técnica 2:
Raspado en piedra**



59

**Colección
de la muestra**



60

**Muestras
preservadas y en vivo**