

Artículo original

**EL USO DE MICROALGAS COMO BIOINDICADORAS DE
POLUCIÓN ORGÁNICA EN BRISAS DE OQUENDO,
CALLAO, PERÚ**
**THE USE OF MICROALGAE AS BIOINDICATORS OF
ORGANIC POLLUTION IN BRISAS OQUENDO, CALLAO,
PERU**

Hugo A. Yucra¹ & Pedro M. Tapia²

¹ Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Lima, Universidad Nacional Federico Villarreal.

Correo electrónico: hugo_hayl@hotmail.com

² Laboratorio de Palinología y Paleobotánica, Lima, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía, Correo electrónico: ptapia@upch.edu.pe

ABSTRACT

A series of pools of stagnant water from Brisas de Oquendo neighborhood, Callao, Peru provides a great opportunity to study the composition algal from polluted environments. We characterized species from May to September 2005, collecting a series plankton and sediment samples. These was identified at the lowest rank taxonomy possible, to indicate the relative abundance and level of saprobity. A total of 22 species were identified: Bacillariophyta (14 species), followed by Cyanophyta (4 species), Chlorophyta (2 species) and Euglenophyta (2 species). Dominant algae species were *Chlamydomonas ehrenbergi* and *Euglena viridis*, forming algal blooms throughout the sampling period. Subdominant species were: *Nitzschia linearis*, *Nitzschia solita*, *Nitzschia fonticola*, *Oscillatoria tenuis* and *Lyngbya* sp. The algal association suggests that these waters vary from β -mesosaprobic to polisaprobic, thus demonstrating the importance of the use of these organic pollution-tolerant species in water quality studies.

Key words: bloom, diatoms, pollution organic, saprobity.

RESUMEN

Una serie de charcos de aguas estancadas frente a la urbanización Brisas de Oquendo, Callao, Perú, provee una gran oportunidad de estudiar la composición algal en ambientes polucionados. Se realizó una caracterización de las especies desde mayo a septiembre del 2005, colectándose muestras cualitativas de plancton y sedimento superficial. Se identificaron los taxa indicando su abundancia relativa y nivel de saprobiedad. En total se identificaron 22 especies las cuales se distribuyeron en las siguientes divisiones: Bacillariophyta (14 especies), seguidas de las Cyanophyta (4 especies), Chlorophyta (2 especies) y Euglenophyta (2 especies). Las especies dominantes fueron *Chlamydomonas ehrenbergi* y *Euglena viridis*, las cuales formaron floraciones algales durante todo el período de muestreo. En las especies codominantes tenemos a: *Nitzschia linearis*, *Nitzschia solita*, *Nitzschia fonticola*, *Oscillatoria tenuis* y *Lyngbya* sp. La asociación algal sugiere que estas aguas varían de β -mesosaprobia a polisaprobia, demostrando así la importancia del uso de estas especies tolerantes a la contaminación orgánica en estudios de calidad de agua.

Palabras claves: diatomeas, floración, contaminación orgánica, saprobiedad.

INTRODUCCIÓN

Una herramienta actual para la caracterización y monitoreo ambiental es el uso de microalgas como indicadores de calidad de agua. Estos bioindicadores son muy sensibles a los cambios ambientales en los cursos de aguas donde viven, por lo que son usados en los monitoreos ambientales en países industrializados (Streble & Krauter 1987). Por lo tanto a partir de la observación de cambios en la composición y abundancia de especies, que ocurren en las comunidades acuáticas en el tiempo y espacio, se puede deducir el grado de contaminación.

El sistema Kolkwitz & Marsson (1902) reconoce cuatro grados sapróbicos en el proceso de auto purificación de un cuerpo de agua. Nivel polisaprobio: predominan procesos de reducción (agua fuertemente contaminada). Nivel -mesosaprobio: predominan procesos oxidativos (agua muy contaminada). Nivel -mesosaprobio: continúan los procesos oxidativos (agua moderadamente contaminada), y nivel oligosaprobio: oxidación completa (aguas apenas contaminadas).

En nuestro país son muy escasos los estudios de la ficoflora continental y aún más sobre su uso como bioindicadores de calidad de agua, entre los cuales destacan los trabajos de Montoya & Espinosa (1985), Yucra (2005) y Náquira (2006). Sin embargo existe abundante bibliografía de estudios realizados en el extranjero especialmente sobre diatomeas bentónicas como bioindicadoras de calidad de agua (Lange-Bertalot 1979, Lattuca & Maidana 2000).

Este trabajo tuvo por objetivo caracterizar cualitativamente la flora algológica tolerante a la polución orgánica en aguas estancadas en Brisas de Oquendo, Callao y su uso como bioindicadoras de polución orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio se colectó en tres estaciones conteniendo aguas estancadas,

separadas 50 m una de otra, ubicadas a la altura del km 14,1 de la Av. Néstor Gambeta frente a la urbanización Brisas de Oquendo, Callao, Perú durante el período de mayo a septiembre del 2005. Se evaluó en cada estación la temperatura y la conductividad eléctrica.

Se obtuvieron en 12 muestras de red y 12 de sedimento superficial en las 3 estaciones de muestreo. Las cuales fueron obtenidas con una bolsa colectora de fitoplancton de 10 m de diámetro de poro y se procedió a la filtración *in situ* de 20 L pasándolo a unos envases de vidrio de 100 mL y fijado con una solución de formaldehído hasta una concentración final al 4% (Alveal et al. 1995). Parte de las muestras se colectaron en envases sin adicionarle fijador para su análisis *in vivo* en el Laboratorio de Ecofisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Las muestras de sedimento superficial se colectaron con un succionador de plástico, siguiendo el principio del método de Wood (1959). Para el análisis de diatomeas se procedió a la eliminación de la materia orgánica y las preparaciones se fijaron con Zrax (IR = 1,74) para su observación al microscopio compuesto de luz transmitida (marca Carl Zeiss® modelo Axiostar plus con objetivos de 100X) (AN = 1,25). Se siguieron las recomendaciones estándares para los restantes grupos algales propuesto por Montoya (2004).

La identificación de las especies fueron realizadas utilizando bibliografía especializada según el grupo a estudiar basándose en los trabajos de Manguin (1964), Patrick & Reimer (1966, 1975), Whitford & Schumacher (1973) y Krammer & Lange-Bertalot (1991a,b, 1997a,b). Para el ordenamiento de especies indicadoras de saprobiedad se siguió las clasificaciones de Sladeczek (1973) y Martínez de Fabricius (1996). La abundancia relativa de cada taxón de las diatomeas se realizó siguiendo la escala establecidas por Whitehead & Bohaty (2003) y

para los demás grupos a Tell & Conforti (1986). El Índice de Sørensen entre estaciones fue calculado para determinar la similaridad existentes en las especies de algas.

RESULTADOS

Se identificaron un total 22 taxa las cuales se distribuyeron en las siguientes divisiones: Bacillariophyta (14 especies), seguidas de Cyanophyta (4), Chlorophyta (2) y Euglenophyta (2). El mayor número de especies estuvo representada en el género *Nitzschia* (6), *Navicula* (2), *Amphora* (2), *Euglena* (2) las demás especies fueron monoespecíficas. La temperatura y conductividad eléctrica fluctuó entre 16,5 a 19°C y 2,6 a 2,8 mS.cm⁻¹. La mayor riqueza de

especies se presentó en la estación 1 en el mes de mayo y la menor en la estación 3 junio del 2005 (Fig. 1).

Las especies dominantes constituidas por fitoflagelados planctónicos *Chlamydomonas ehrenbergi* y *Euglena viridis* formaron floraciones algales mixtas mostrando una coloración verdoza durante todo el período de muestreo en todas las estaciones, acompañadas de las cianofitas *Oscillatoria tenuis* y *Lyngbya* sp., y diatomeas bentónicas *Nitzschia linearis*, *N.solita* y *N. fonticola* las cuales destacaron por su frecuencia y abundancia relativa. Mientras *Amphora* sp. 2, *Cyclotella meneghiniana*, *Epithemia adnata* y *Euglena* sp. se presentaron en forma esporádica en la estación 3 (Fig. 2-12; Tabla 1).

El análisis de similaridad de Sørensen indica

Tabla 1. Distribución y abundancia de las flora algal en las 3 estaciones de muestreo, Brisas de Oquendo, durante el período mayo a septiembre del 2005. Escala relativa de abundancia: R = Raro, P = Poco, C = Común, A=Abundante.

| DIVISION | Estación 1 | | | | Estación 2 | | | | Estación 3 | | | |
|---------------------------------|------------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| | May | Jun | Jul | Sep | May | Jun | Jul | Sep | May | Jun | Jul | Sep |
| BACILLARIOPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amphora</i> sp.1 | R | R | P | | | | | R | P | | R | |
| <i>Amphora</i> sp.2 | | | | | | | | | R | | | |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> | | | | | | | | | | | | R |
| <i>Epithemia adnata</i> | | | | | | | | | | | | R |
| <i>Gomphonema parvulum</i> | P | P | P | P | R | R | P | C | P | R | R | |
| <i>Navicula cryptotenella</i> | P | P | | | | | | | P | | R | R |
| <i>Navicula veneta</i> | P | P | P | R | | R | | | P | R | P | C |
| <i>Nitzschia fonticola</i> | P | P | | A | | | P | P | C | | R | R |
| <i>Nitzschia inconspicua</i> | | | | | | | R | | P | | R | R |
| <i>Nitzschia linearis</i> | C | C | P | P | C | C | C | A | P | C | C | C |
| <i>Nitzschia palea</i> | P | P | | | P | P | P | | P | | R | P |
| <i>Nitzschia solita</i> | C | C | P | P | C | C | C | P | A | P | P | |
| <i>Nitzschia frustulum</i> | | | | | P | P | | | P | | | |
| <i>Rhopalodia gibberula</i> | R | R | | | | | | | R | | | |
| CYANOPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lyngbya</i> sp. | C | C | C | C | C | C | | | C | | | |
| <i>Merismopedia tenuisima</i> | R | | | | | | | | R | | R | |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> | C | C | C | P | P | P | C | C | C | | C | |
| <i>Phormidium</i> sp. | C | C | C | C | | | | | C | | | |
| CHLOROPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chlamydomonas ehrenbergi</i> | C | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| <i>Scenedesmus</i> sp. | R | | P | | P | | P | | | | | |
| EUGLENOPHYTA | | | | | | | | | | | | |
| <i>Euglena</i> sp. | | | | | | | | | P | | | |
| <i>Euglena viridis</i> | P | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |

Tabla 2. Distribución de las especies de algas según su saprobiedad.

| Especies | Indice Sapróbico |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Amphora</i> sp.1 | - |
| <i>Amphora</i> sp.2 | - |
| <i>Gomphonema parvulum</i> | β-mesosaprobio |
| <i>Nitzschia solita</i> | α - β- mesosaprobio |
| <i>Nitzschia incospicua</i> | β- mesosaprobio |
| <i>Nitzschia fonticola</i> | Oligo a β- mesosaprobio |
| <i>Nitzschia frustulum</i> | β- mesosaprobio |
| <i>Nitzschia linearis</i> | α - β- mesosaprobio |
| <i>Nitzschia palea</i> | α- mesosaprobio |
| <i>Navicula veneta</i> | polisapróbica |
| <i>Navicula cryptotenella</i> | β- mesosaprobio |
| <i>Ephitemia adnata</i> | β- mesosaprobio |
| <i>Cyclotella meneghineana</i> | α - β- mesosaprobio |
| <i>Rophalodia gibberula</i> | β- mesosaprobio |
| <i>Lyngbya</i> sp. | - |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> | α- mesosaprobio |
| <i>Merismopedia tenuisima</i> | β a α- mesosaprobio |
| <i>Phormidium</i> sp. | - |
| <i>Chlamydomonas ehrenbergi</i> | α - mesosaprobio |
| <i>Scenedesmus</i> sp. | - |
| <i>Euglena viridis</i> | β- mesosaprobio a polisaprobio |
| <i>Euglena</i> sp. | - |

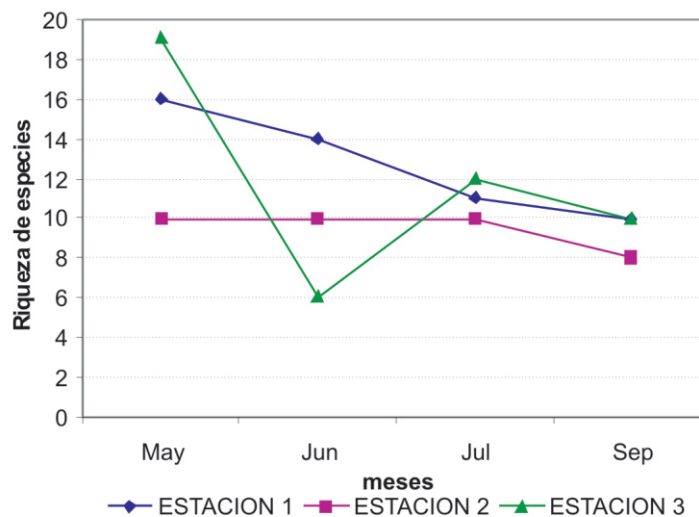


Figura 1. Riqueza de especies en las estaciones de muestreo en Brisas de Oquendo.

una alta similaridad de especies entre las tres estaciones ($SDc = 0,78$). En función a la clasificación de indicadores del nivel sapróbico, las especies dominantes fueron β -mesosaprobio a polisaprobio representando 40,9% del total, β -mesosaprobias (27%), oligo a β -mesosaprobio (4,5%) y otros (27%). Asimismo, se observaron formas teratológicas de *N. solita* y *N. fonticola* (Figs. 2, 3 y 5).

DISCUSIÓN

Los charcos de aguas estancadas estudiados presentaron abundante materia orgánica en descomposición creando condiciones similares a una laguna de oxidación, y se caracterizaron por presentar una baja riqueza de especies (Montoya & Espinosa 1985), lo cual concuerda con nuestro estudio. Tanto las diatomeas como los otros grupos algales identificados corresponden a microorganismos que son capaces de adaptarse a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, cantidad de materia orgánica y transparencia del agua (Van der Hoeck et al. 1995). La conversión de la materia orgánica de los desechos a sales inorgánicas, nitratos, fosfatos y sulfatos fácilmente absorbidos por las algas y otras plantas macrófitas, originan un significativo incremento de su biomasa que se refleja en la alta capacidad fotosintética de lagos y lagunas (Montoya & Espinosa 1985). El incremento de la biomasa se manifestó en floraciones algales de coloración verdoza de *Ch. ehrenbergi* y *E. viridis*.

Las especies no variaron en su composición ni dominancia en el transcurso de la evaluación así tampoco entre las estaciones (Tabla 1). Esto puede deberse a que hubo un aporte constante de materia orgánica como fuente de nutrientes para las microalgas presentándose condiciones estables. Esto demuestra que la presente asociación es una comunidad estable durante el período muestreado, aunque se necesitaría extender esta evaluación a nivel anual para entender la dinámica poblacional.

La presencia de especies tolerantes a polución orgánica representadas con el mayor número

de especies del género *Nitzschia* se registró en todas las estaciones. Lange-Bertalot (1979) señala que ciertos taxones como el género *Nitzschia* no sólo pueden persistir en ambientes altamente polucionados sino que también su reproducción puede verse estimulada.

La presencia de formas teratológicas de *N. solita* y *N. fonticola* podrían estar asociadas a cambios del ambiente ocasionado por la presencia de materia orgánica propia y alóctona, provocando fallas en la replicación celular (Lattuca & Maidana 2000), lo cual se manifiesta en las formas teratológicas, encontradas en la estación 3. Sin embargo alternativamente podría deberse a la presencia elevada de metales pesados (McFarland & Hill 1997).

Las microalgas *Ch. ehrenbergi*, *E. viridis*, *O. tenuis*, *N. linearis*, *N. solita* y *N. fonticola* destacaron por su abundancia relativa, estas especies pueden ser usadas como bioindicadoras de una mala calidad de agua con alto contenido de materia orgánica. Las comunidades algales son estables para el período de mayo a septiembre del 2005. La asociación algal sugiere que las aguas en las 3 estaciones de muestreo en Brisas de Oquendo, Callao contienen aguas β -mesosaprobias a polisaprobias, lo que indica una contaminación tipo orgánica mediana a fuerte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alveal, K.; Ferrario, M.; Oliveira, E. & Sar, E. 1995. *Manual de Métodos Ficológicos*. 1^{era} Ed. Editora Anibal Pinto. S. A, Chile. 863 p.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M. 1902. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasserreinig. 1: 33-72.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales; Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer

- (eds), Susswasser flora von Mitteleuropa, Band 2/3. Gustav Fisher Verlag, Jena, 598 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991b. *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4*. In Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), Susswasser flora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fisher Verlag, Jena. 437 p.
- Krammer, K. & Lange -Bertalot, H. 1997a. *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae*. In Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), Susswasser flora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena. 876 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1997b. *Bacillariophyceae. 2. Teil: Baccillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), Susswasser flora von Mitteleuropa, Band 2/2. Gustav Fisher Verlag, Jena. 596 p.
- Lattuca, M. E. & Maidana, N.I. 2000. Diatomeas epipélicas móviles. Su uso como indicadores de la calidad del agua en un arroyo contaminado de la provincia de Buenos Aires. Medio Ambiente, Ambientes Acuáticos, 13: 120-129.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia, 64: 285-304.
- Patrick, R. & Reimer C.W. 1966. *The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii)*. Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr 13, Philadelphia, 668 p.
- Patrick, R. & Reimer C.W. 1975. *The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii)*. Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr. 13 Philadelphia, 213 p.
- McFarland B.H. & Hill, B.H. 1997. Abnormal *Fragilaria* spp. found in streams impacted by mine drainage. Journal of Freshwater Ecology, 12: 141-149.
- Manguin, E. 1964. Contribution a la connaissance des diatomées Andes Du Perou. Mem. Mus.Hist.Nat.Paris.Ser. Bot., 12(2): 41-68.
- Martinez De Fabricius, A. 1996. *Bacillariophyceae del río Cuarto, Provincia de Córdoba. Argentina*. Tesis Doctoral Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 282 p.
- Montoya, H. & Espinosa, J. 1985. Algas de la Laguna de Oxidación de Ventanilla, Callao, Perú. Boletín de Lima, 42: 41-68.
- Montoya, H. 2004. *Flora y ecología algal del ecosistema lagunar Puerto Viejo departamento de Lima: Cyanophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Prasinophyta, Chrysophyta, Pyrrhophyta, Rhodophyta*. Tesis Doctoral Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 133 p.
- Náquira, T. 2006. *Cianobacterias de los bofedales altoandinos de Candarave y su importancia en el biomonitorio de la calidad trófica de las aguas*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Streble, H. & Krauter, D. 1987. *Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 372 p.
- Sladeczek, V. 1973. *System of water quality from the biological point of view*. E. Schwizerbartshe Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 218 p.
- Tell, G. & Conforti, V. 1986. *Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina*. J. CRAMER. Berlin Stuttgart, Germany. 301 p.
- Van der Hoeck, C.; Mann, D.G & Jahns H. M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press. UK. 623 p.
- Whitehead, J.M., & Bohaty, S.M. 2003. *Data report: Quaternary–Pliocene diatom biostratigraphy of ODP Sites 1165 and 1166, Cooperation Sea and Prydz Bay*. In Cooper, A.K., O'Brien, P.E., & Richter, C. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, 188: College Station, TX (Ocean Drilling Program). pp.1-25.
- Whitford, L.A. & Schumacher, G.J. 1973. *A*

manual of freshwater algae. Sparks Press, North Carolina, USA. 324 p.

Wood, E. J. F. 1959. An unusual diatom from the Antarctic. *Nature*, 184: 1962-1963.

Yucra, H. A. 2005. Uso de Diatomeas como

bioindicadoras de calidad de agua. *The Biologist (Lima)*, 3: 5.

Fecha de recepción: 3 de abril del 2008.

Fecha de aceptación: 2 de mayo del 2008.

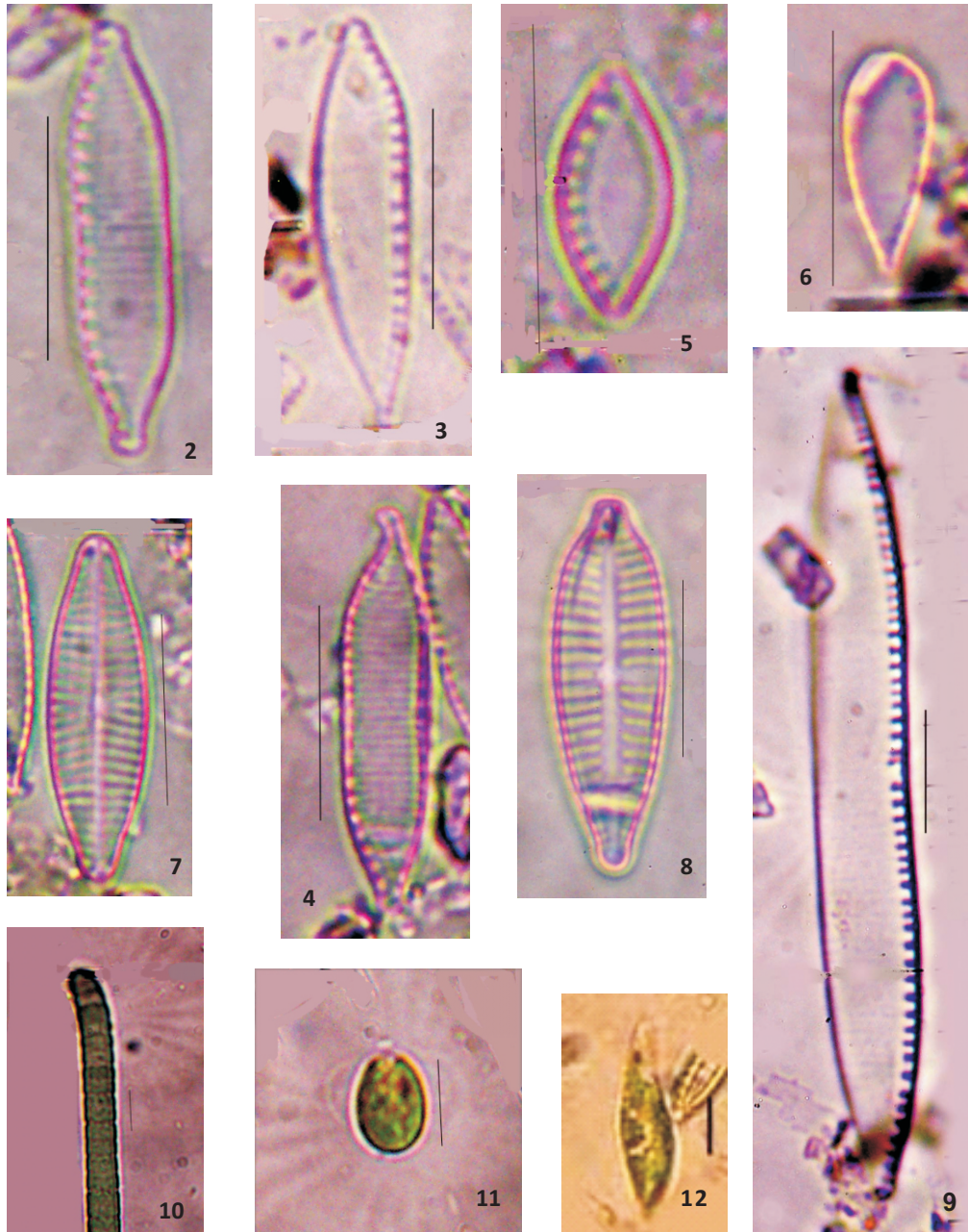


Figura 2. *Nitzschia solita*. Figuras 3-4. Formas teratológicas de *Nitzschia solita*. Figura 5. *Nitzschia fonticola*. Figura 6. Forma teratológica de *Nitzschia fonticola*. Figura 7. *Navicula veneta*. Figura 8. *Gomphonema parvulum*. Figura 9. *Nitzschia linearis*. Figura 10. *Oscillatoria tenuis*. Figura 11. *Chlamydomonas ehrenbergi*. Figura 12. *Euglena viridis*. Escala de la regla 10m.