

## Evaluación de la calidad de agua a través del índice pampeano de diatomeas (IDP) en tres diferentes localidades del río Actopan, Veracruz.

Estrada-Hidalgo N<sup>1</sup>, Obregón-Jiménez I<sup>1</sup>, Castillo-Adame IL<sup>1</sup>, Jardón-Romero JP<sup>1</sup>,  
Castro-Mejía G<sup>2</sup>, Castro-Mejía J<sup>2</sup>.

1 Alumnas del módulo Plagas y Enfermedades de un Recurso Natural. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

2 Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos. Calz. del Hueso No.1100. Col. Villa Quietud. CP. 04960. Del. Coyoacán. Ciudad de México. Tel. 54837151.

\*Email responsable: [gecastro@correo.xoc.uam.mx](mailto:gecastro@correo.xoc.uam.mx)

### RESUMEN

Las diatomeas son indicadores ambientales porque responden rápidamente a factores tales como la temperatura, luz, conductividad, nutrientes, velocidad de la corriente, polución orgánica e inorgánica, acidificación y herbívora. El siguiente trabajo se llevó a cabo en tres localidades del municipio de Úrsulo Galván: La Gloria, El Zapotito y Jareros. En cada localidad, la colecta de diatomeas se tomaron rocas y plantas que se encontraban situadas a poca profundidad del río. Se utilizó el IDP (Índice de Diatomeas Pampeano), el cual fue diseñado para evaluar la eutrofización y polución orgánica de los ríos y arroyos. La diatomea con mayor abundancia en las tres localidades fue *Cocconeis* sp con 118 organismos, seguida de *Nitzschia* sp con 77 organismos en Jareros y 12 en El Zapotito. La localidad de La Gloria presenta un IDP de 1.6160 que indica que la calidad de agua es Aceptable, con polución y eutrofización moderada con altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica. En la localidad de Jareros y El Zapotito el IDP fue de 2.2201 y 2.0882 respectivamente, que nos indica que la calidad de agua es Mala y que presenta una polución y eutrofización fuerte, con presencia de materia orgánica degradada y valores altos de nitritos y amonio. Es conveniente seguir con los estudios de diatomeas bentónicas en la zona del río Actopan, ya que permitirán determinar cómo fluctúa la calidad de agua a través del tiempo del cultivo y zafra de la caña de azúcar.

Palabras clave: Diatomeas bentónicas, IDP, Río Actopan, Veracruz.

### ABSTRACT

Diatoms are environmental indicators because they respond quickly to factors such as temperature, light, conductivity,

nutrients, current speed, inorganic and organic pollution, acidification and herbivory. The following work took place in three localities of Úrsulo Galván municipality: La Gloria, El Zapotito and Jareros. In each locality, diatoms were collected in rocks and plants located at a shallow depth of the river. It was used PDI (Pampean Diatom Index), which was designed to evaluate the eutrophication and organic pollution in rivers and streams. Most abundant diatom in the three localities was *Cocconeis* sp. with 118 organisms, followed by *Nitzschia* sp. with 77 organisms in Jareros and 12 in El Zapotito. La Gloria presented an IDP of 1.6160 that indicates that the water quality is Acceptable, with moderate pollution and eutrophication with high concentrations of nutrients and organic matter. In the locality of Jareros and El Zapotito PDI was of 2.2201 and 2.0882 respectively, which indicates that the water quality is Bad and presents strong pollution and eutrophication, with presence of degraded organic matter and high values of nitrites and ammonium. It is convenient to continue the studies of benthonic diatoms in Actopan River, because it will allow to determine how the water quality fluctuates through time of cultivation and harvesting of sugarcane.

Key Words: Benthonic diatoms, IDP, Actopan River, Veracruz.

### INTRODUCCIÓN

Las diatomeas son indicadores ambientales porque responden rápidamente a factores tales como la temperatura, luz, conductividad, nutrientes, velocidad de la corriente, polución orgánica e inorgánica, acidificación y herbivoría (Licursi et al. 2006, Tall et al. 2006, Esquiús et al 2008). Por otra parte, constituyen los principales componentes del

perifiton y del bentos, contribuyendo a gran parte de la abundancia total de estas comunidades (Esquiús et al. 2005).

En México, realizar estudios de la química del agua se consideraba como el principal método para determinar la calidad de agua en los cuerpos de agua dulce. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), monitorea de manera regular la calidad del agua de ríos, presas, lagos y lagunas desde principios del año de 1970, utilizando parámetros fisicoquímicos y desde 2003, utiliza la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (Mathuriau et al. 2010). Tomando sólo a estos parámetros nos da una idea limitada, ya que no revela el riesgo tóxico, la integridad biótica, y el impacto real de las actividades antrópicas sobre los recursos acuáticos (López-Fuerte y Siqueiros-Beltrones 2011). En México, se han realizado registros de algas fitoplanctónicas (Novelo 2003, Novelo y Tavera 20011) y ya específicamente sobre diatomeas se encuentran los trabajos de Olivia et al. (2005, 2014), Novelo et al. (2007) y Siqueiros (2002); en estudios de calidad de agua usando diatomeas está el trabajo de Velásquez (2007), López Fuerte y Siqueiros Beltrones (2011) y Velázquez (2007). En Argentina, se cuenta con trabajos de diatomeas bentónicas como indicadores de la calidad del agua, como son los de Gómez (1998, 1999); Gómez y Licursi (2001); Licursi y Gómez (2002, 2003); y en Brasil los trabajos de Salmoni et al. (2006), Rodrigues y Lobo (2000) y Souza (2002), por nombrar algunos.

Los estudios sobre diatomeas bentónicas en la zona del río Actopan, Veracruz son nulos, por lo que es importante realizar estudios de este tipo en la zona. Este trabajo pretende coleccionar diatomeas en tres diferentes localidades del río y aplicar el índice pampeano de diatomeas (IDP) de una manera sencilla, rápida y económica y evaluar la calidad de agua.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El siguiente trabajo se llevó a cabo en tres localidades del municipio de Úrsulo Galván: La Gloria (19°25'47" N, 96°23'30" O), El Zapotito (19°26'47" N, 96°26'14" O) y Jareros (19°26'47" N, 96°28'27" O) (Fig.1).

### *Toma de parámetros fisicoquímicos*

En cada una de las diferentes zonas, se tomó la temperatura, pH, salinidad y el oxígeno disuelto (O.D.) con un multiparamétrico YSI modelo M86; se midió la turbidez con un disco de Secchi y se tomó una muestra de agua para obtener los valores de nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), amonio (NH<sub>4</sub>) y fosfatos (PO<sub>4</sub>) con el equipo multiparamétrico para acuicultura de HANNA®.

### *Colecta de diatomeas*

En cada localidad, la colecta de diatomeas se tomaron rocas y plantas que se encontraban situadas a poca profundidad del río. Se rasparon unas 10 veces con un cepillo dental y el contenido se depositó en frascos de polietileno con formol al 4% y se guardaron en un lugar oscuro y fresco para su posterior identificación.

### *Identificación*

La identificación de diatomeas se llevó a cabo en el laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZ40. Se utilizaron los documentos de Blanco et al. (2010) y de Barrios y Puig (2012), del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

### *Índices de calidad del agua: IDP*

Se utilizó el IDP (Índice de Diatomeas Pampeano) descrito en el trabajo de Gómez y Licursi (2001), el cual fue diseñado para evaluar la eutrofización y polución orgánica de los ríos y arroyos del área pampeana en Argentina. A cada diatomea identificada se le asignó un valor de sensibilidad a la polución y eutrofización y se aplicó la siguiente fórmula:

especies en común, y tiende a 1 a medida que aumenta



Fig.1 Mapa de localización de las tres localidades donde se tomaron las muestras de diatomeas.

$$IDP = \frac{\sum_{j=1}^n I_{idp_j} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Donde:

$I_{idp}$ : valor del IDP para la especie (fluctúa entre 0 y 4)

$A_j$ : abundancia relativa de la especie

Los valores del índice fluctúan entre 0 y 4, <0.5 calidad del agua muy buena y >3 muy mala. A las distintas calidades del agua se les asigna colores para su identificación gráfica en mapas y se las relaciona con las actividades antrópicas más frecuentes en el área de estudio (Tabla 1) (Licursi y Gómez 2003).

#### Abundancia y diversidad

Se aplicó el índice de Shannon-Weaver ( $H' = (\sum p_i \times \ln(p_i))$ ) para medir la biodiversidad y el coeficiente de similitud de Jacard ( $IJ = \frac{c}{(a+b+c)}$ ), (el valor de 0 significa que las estaciones no presentan

el número de especies compartidas).

#### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de ANOVA de una sola vía para determinar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las tres zonas de estudio con respecto a los parámetros fisicoquímicos estudiados. Al encontrar diferencias significativas, se procedió a determinar una comparación de medias múltiples por medio de una prueba de Tukey.

## RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos en las tres localidades muestreadas. En la localidad de El Zapotito, los valores de amonio, nitritos y fosfatos fueron los más altos (0.61, 27.33 y 2.50 respectivamente), en la localidad de Jareros, los nitratos (15.38) fueron los más altos. La temperatura, la salinidad y el pH presentan valores muy similares. Al aplicar el

**Tabla 1. Índice de Diatomeas Pampeano y su relación con la calidad del agua**

Valor del IDP	Calidad del agua	Código de color	Características del agua	Grado de disturbio
0-0.5	Muy buen	Azul	Sin polución, estado natural, pocos nutrientes y poco enriquecimiento orgánico.	Mínimo: baja influencia humana.
>0.5-1.5	Buena	Verde	Polución y eutrofización leve, bajos niveles de nutrientes y materia orgánica.	Leve: ganadería extensiva y agricultura.
>1.5-2	Aceptable	Amarillo	Polución y eutrofización moderada: altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica.	Moderado: actividad industrial y / o ganadería intensiva.
>2-3	Mala	Naranja	Polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y aminoácidos.	Fuerte: agricultura intensiva y ganadería, actividad industrial y densidad poblacional.
>3-4	Muy mala	Rojo	Polución y eutrofización muy fuerte, altas concentraciones de materia orgánica, predominio de procesos reductivos y presencia de productos industriales.	Muy fuerte: actividad industrial intensiva y gran densidad poblacional.

ANOVA no se encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

Con respecto a las diatomeas, en la localidad de La Gloria fue la que solamente se encontraron tres especies (Tabla 3). La diatomea con mayor abundancia en las tres localidades fue *Cocconeis* sp con 118 organismos, seguida de *Nitzschia* sp con 77 organismos en Jareros y 12 en El Zapotito.

Al aplicar los índices de diversidad, equitatividad y similitud de Jaccard entre las tres estaciones de muestreo, el valor más alto de diversidad lo tiene la localidad de Jareros con 1.319, tanto La Gloria como El Zapotito presentaron un valor muy semejante de diversidad (1.04 y 1.079 respectivamente). Al realizar el índice de similitud de Jaccard solo las localidades Jareros vs El Zapotito se obtuvo el valor de 0.1428, entre la localidad de La Gloria vs Jareros y El Zapotito no presentan especies comunes (Tabla 4).

La localidad de La Gloria presenta un IDP de 1.6160 que indica que la calidad de agua es Aceptable, con polución y eutrofización moderada con altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica. En la localidad de Jareros y El Zapotito el IDP fue de 2.2201 y 2.0882 respectivamente, que nos indica que la calidad de agua es Mala y que presenta una polución y eutrofización fuerte, con presencia de materia orgánica degradada y valores altos de nitritos y amonio.

## DISCUSIÓN

Round (1991) menciona que el estudio del fitoplancton, tanto en el bentos como en la columna de agua de los tributarios de los ríos y otros cuerpos de agua, nos permiten evaluar cómo se encuentra la calidad de agua; la determinación del tipo de perifiton que se encuentra en una zona ha demostrado que es

**Tabla 2. Valores de los parámetros físico químicos tomados en las tres diferentes localidades del río Actopan.**

Localidad	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Temperatura (°C)	Salinidad (gL <sup>-1</sup> )	pH
Jareros	0.44	15.38	14.33	1.37	25.12	0.23	9.66
El Zapotito	0.61	12.17	17.33	2.50	24.57	0.19	9.99
La Gloria	0.25	13.57	15.33	1.15	24.54	0.20	8.32

**Tabla 3. Abundancia e IDP de diatomeas encontradas en el río Actopan en las tres localidades.**

Localidad	Orden	Familia	Género	Abundancia	Sensibilidad	Valor IDP
La Gloria	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.	56	I-III	1.5
	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i> sp.	63	I-II	1
	Achnanthales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp.	118	I-III	2
	<b>Total</b>			<b>237</b>		
Jareros		Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.	57	I-III	1.25
		Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i> sp.	3	I-III	3
		Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	21	I-III	2.75
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	77	II-III	2.5
		Fragilariaceae	<i>Diatoma</i> sp.	26	I-II	3
	<b>Total</b>			<b>184</b>		
El Zapotito	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i> sp.	1	II-III	2.25
			<i>Surirella</i> sp.	1	I-III	1.25
			<i>Stenopterobia</i>	1	I	1
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i> sp.	1		N.D.
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	1	0-III	1
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	12	II-III	2.5
	<b>Total</b>			<b>17</b>		

**Tabla 4. Valores de diversidad, equitatividad y similitud de Jaccard en las tres estaciones de muestreo del río Actopan.**

	La Gloria	Jareros	El Zapotito
Taxa	3	5	6
Abundancia	237	184	17
Diversidad de Shannon	1.04	1.319	1.079
Equitatividad _J	0.934	0.7479	0.4904
Similitud de Jaccard	<b>La Gloria vs Jareros</b>	<b>La Gloria vs El Zapotito</b>	<b>Jareros vs El Zapotito</b>
	0.00	0.00	0.1428

un buen indicador de la calidad de agua; Lane y Brown (2007) utilizaron solo al perifiton en una zona de humedal de los EU y encontraron que era más sensible a la perturbación humana que estudiar a todo el fitoplancton; Potapova y Charles (2003) también usaron solamente al perifiton como indicador y obtuvieron buenos resultados; Reavie et al. (2010) mencionan que el estudio de todo el fitoplancton es útil para el monitoreo de los ríos cuando se evalúa el

conjunto de algas en la zona. Por esta causa, en este trabajo se enfocó en trabajar con tan solo el perifiton de los pastos acuáticos y del raspado de las rocas.

Cabe señalar que en la zona existen dos ingenios azucareros, en La Gloria, y un ingenio río arriba que se encuentra en el poblado de Santa Rosa, lo que provoca que el río se vea afectado por los desechos vertidos; además, al margen del río Actopan se encuentran zonas de cultivo y principalmente de

caña de azúcar. Esto explica porque los valores de nitritos, nitratos y fosfatos se encuentran por arriba del límite según el límite permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Velásquez et al. (2006) mencionan que la distribución de algunos géneros de microalgas, están relacionados estrechamente con la variación de factores bióticos y abióticos, según Velázquez (2007) los individuos tolerantes a la contaminación que se presentan incluyen a los géneros *Nitzschia* y *Gomphonema* ambos presentes en la zona de El Zapotito y Jareros. Lane y Brown (2007), encontraron en un estudio realizado en los Everglades de Florida que las diatomeas del género *Anomoeoneis*, *Eunotia*, y *Frustulia* se consideran un taxa muy sensitivo a la perturbación humana, lo que se relaciona con este trabajo, ya que no se encontró en las muestras ninguno de estos géneros; mientras que los géneros *Gomphonema*, *Navicula*, y *Nitzschia*, son considerados más tolerantes a la perturbación, y componen casi el 78% de los taxa de diatomeas tolerantes (U.S. EPA, 2002). En este estudio, estos tres géneros fueron los que estuvieron presentes en las localidades muestreadas, y son indicadoras de eutroficación del medio acuático.

Mirande y Tracanna (2005), elaboraron un estudio para caracterizar la calidad del agua de acuerdo a los grupos de especies fitoplanctónicas y sus densidades, encontrados en 1998 y 1999, seleccionando cinco sitios según la zona de descarga de los efluentes domésticos y fabriles, utilizaron el IDP y obtuvieron que dos sitios resultaron con un IDP entre 0.6 y 1.5, mientras que los otros sitios arrojaron valores que fluctuaron entre 0.7 y 2.4, con tendencia a aumentar en los meses de Junio-Octubre, en estos meses la calidad del agua fue mala, destacándose un mejoramiento hídrico por la finalización de la zafra azucarera y lluvias posteriores, entre otros factores. Con respecto al estudio realizado en el río Actopan, los resultados de IDP en las tres zonas se obtuvieron valores entre 1.6 y 2.2 indicando aguas con valor aceptable a mala. Mirande y Tracanna (2005) mencionan que la presencia de fluctuaciones de amonio y fosfato se relacionan positivamente a los altos niveles de IDP, esto trayendo como

consecuencia una mala calidad del agua, comparando esto con nuestros resultados podemos interpretar que efectivamente hay un incremento en nitratos y fosfatos en las zonas de Jareros y El Zapotito.

Es conveniente seguir con los estudios de diatomeas bentónicas en la zona del río Actopan, ya que permitirán determinar cómo fluctúa la calidad de agua a través del tiempo del cultivo y zafra de la caña de azúcar en la zona y sus efectos sobre la calidad de agua, además de los cambios en las poblaciones de otros organismos acuáticos y que llegan a ser de importancia comercial para los pescadores de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrios BE y Puig IA. 2012. ID-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos fitobentónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio Ambiente. Gobierno de España. 440 p.
- Blanco LS, Álvarez BI, Cejudo FC y Bécares ME. 2010. Guía de diatomeas de la Cuenca del Duero. Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio Ambiente. Gobierno de España. 206 p.
- Environmental Protection Agency. 2002. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Algae to Assess Environmental Conditions in Wetlands Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. 42 pp (EPA-822-R-02-021).
- Gómez N. 1999. Epipellic diatoms of a high contaminated basin from Argentina (Matanza-Riachuelo river): biotic indices and multivariate analysis. *Aquatic Ecosystem Health & Management*. 2: 301-309.
- Gómez N. and Licursi M. 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 5: 173-181.
- Lane CR and Brown MT. 2007. Diatoms as indicators of isolated herbaceous wetland condition in Florida USA. *Ecological Indicators* 7: 521-540.
- Licursi M and Gómez N. 2002. Benthic diatoms and some environmental conditions in three lowland streams. *Annales Limnology* 38 (2): 109-118.
- Licursi M y Gómez N. 2003. Aplicación de índices bióticos en la evaluación de la calidad de agua en sistemas lóticos de la llanura pampeana Argentina a partir del empleo de diatomeas. *Biología Acuática*, 21: 31-49.

- Licursi M, Sierra MV y Gómez N. 2006. Diatom assemblages from a turbid coastal plain estuary: Rio de la Plata (South America). *Journal of Marine Systems*, 62: 35-45.
- López-Fuerte FO y Altamirano-Cerecedo MC. 2011a. Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ032. México, D.F.
- López-Fuerte FO y Altamirano-Cerecedo, MC. 2011b. Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ032. México, D.F.
- López Fuerte FO y Siqueiros Beltrones DA. 2011. Diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur, México. *CONABIO. Biodiversitas* 99:8-11.
- Mac Donagh, Paredes del Puerto JM, Altieri P y Cano MG. 2016. Aplicación de índices bióticos basados en diatomeas epífitas sobre *Schoenoplectus californicus* (C.A. MEY.) SOJÁK, en lagunas pampeanas de Argentina. *Biología Acuática*. 31: 63-74.
- Mathuriau C, Israde I, Herrejón S and Mass M. 2010. Evaluación de la calidad del agua: bioindicadores, capítulo 5.7. En: Cram S, I Israde, M Mendoza, I Sommer, L Galicia (eds). Atlas de la cuenca de lago Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental, México. Instituto de Geografía/UNAM-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 210-213.
- Mirande V y Tracanna BC. 2005. Fitoplancton de un río del noroeste argentino contaminado por efluentes azucareros y cloacales. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 40 (3-4): 169 - 182.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997).
- Novelo E. 2003. Bibliografía sobre aguas continentales de México (1974-2002). In *Contribuciones ficológicas de México*, D. Robledo Ramírez, J. L. Godínez Ortega y Y. Freile-Pelegrín (eds.). Sociedad Ficológica de México, A. C., Mérida. p. 63-88.
- Novelo E, y Tavera R. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21:333-341.
- Novelo E, Tavera R y Ibarra C. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. J. Cramer, Stuttgart. 136 p.
- Oliva, MG, Ramírez JG, Garduño G, Cañetas J y Ortega M. 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. *Hidrobiológica* 15:1-26.
- Olivia MG, Godínez OJL y Zuñiga RCA. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S54-S61. DOI: 10.7550/rmb.32706.
- Potapova M, y Charles DF. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. *Ecological Indicators* 7: 48-70.
- Reavie ED, Jicha TM, Angradi TR, Hill BH. 2010. Algal assemblages for large river monitoring: comparison among biovolume, absolute, and relative abundance metrics. *Ecological Indicators* 10, 167-177.
- Rodrigues LM and Lobo EA. 2000. Análise da estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no arroio Sampaio, município de Mato Leita~o, RS, Brasil. *Caderno de pesquisas, Série Botânica Santa Cruz do Sul* 12 (2): 5-27.
- Round FE. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal Applied Phycology*. 3: 129-145.
- Salomoni SE, Rocha O, Callegaro VL, Lobo EA. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 559: 233-246. DOI 10.1007/s10750-005-9012-3.
- Tall L, Cloutier L y Cattaneo A. 2006. Grazerdiatom size relationships in an epiphytic community. *Limnology and Oceanography*, 51 (2): 1211-1216.
- Siqueiros BDA. 2002. Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico. *cicimar/ipn/uabcs*, México.
- Velázquez BM, Israde-Alcántara I, Mendoza-Cantú M. 2006. Uso de diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del Río Turbio afluente del Río Lerma, México. 12.
- Velásquez M. 2007. Uso de diatomeas para la evaluación del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México. Tesis de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.