

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DIATOMEAS DEL LITORAL
EN EL LAGO COCIBOLCA Y XOLOTLAN**

MARTHA GUERRERO AVILES.

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua.
Apartado Postal 4598, Managua, Nicaragua.

RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua en dos lagos nicaragüenses de origen tectónico, el Lago Cocibolca y el Lago Xolotlán, utilizando el Índice de Asociación de las Diatomeas (DAIpo). Estos dos lagos presentan una severa contaminación causada por los efluentes de aguas residuales domésticas e industriales provenientes de las principales ciudades asentadas en sus orillas. Treinta y siete taxa fueron comunes para los dos lagos, entre ellas *Nitzschia amphibia* y *Gomphonema affine* que presentaron la mayor abundancia relativa. En el Lago Cocibolca se observó una mayor diversidad de especies. De acuerdo al Índice aplicado (DAIpo) se encontró la mayor contaminación en el Lago Xolotlán.

ABSTRACT

The Diatom Assemblage Index to Organic Pollution (DAIpo) was used to estimate the water quality of two tectonic lakes in Nicaragua, Lake Cocibolca and Lake Xolotlán. These lakes are highly influenced by organic pollution due to the reception of untreated sewage and industrial wastewaters. Thirty seven taxa were common in both lakes, among them *Nitzschia amphibia* and *Gomphonema affine* were the most abundant species. Lake Cocibolca presented a higher species diversity. According to the DAIpo Index, Lake Xolotlán is the most polluted.

INTRODUCCION

El Lago Xolotlán y el Lago Cocibolca son dos lagos localizados sobre una fosa tectónica entre la vertiente del Atlántico y la del Pacífico de Nicaragua. Durante los últimos 30 años se ha concentrado en sus orillas un considerable desarrollo urbano e industrial cuyos desechos domésticos e industriales son vertidos sin tratamiento previo a estos ecosistemas. Esto ha contribuido al deterioro de la calidad de sus aguas. Una manera práctica de evaluar la contaminación de un cuerpo de agua es a través de los cambios en la abundancia y en la diversidad de las diatomeas. Los cambios en las condiciones físico-químicas del agua pueden detectarse utilizando los cambios en la composición de especie de la comunidad de diatomeas. En este estudio se compara la estructura comunitaria de las diatomeas bénticas, utilizando el Índice de Asociación de las Diatomeas (DAIpo) para determinar el grado de contaminación del Lago Xolotlán y del Lago Cocibolca.

AREA DE ESTUDIO

Lago Xolotlán

Es el más pequeño de los dos grandes lagos nicaragüenses, con un extensión de 1016 km², profundidad máxima de 26 m y una profundidad media de 7.8 m (Fig. 1). Es un lago endorréico, polimíctico, con una cuenca hidrográfica que sextuplica el área de la superficie. El lago es alcalino (Tab. 1), con un alto contenido iónico principalmente bicarbonato de sodio. Adicionalmente la escorrentía procedente de la cuenca fuertemente erosionada aporta sales junto con partículas de sedimento y biocidas. Las aguas

servidas de más de 1 millón de habitantes establecidas en la costa sur así como los efluentes de aproximadamente 300 pequeñas industrias son también vertidos en el lago.

Lago Cocibolca

Es un lago polimíctico, con una superficie de 7584.3 km². Es poco profundo (profundidad media = 12.5 m) en relación a su gran extensión. La cuenca hidrográfica es de aproximadamente 19,997.3 km² en suelo nicaragüense. Es también un lago alcalino, del tipo bicarbonato de calcio y sodio (Tab. 1). Al igual que el Lago Xolotlán, aunque en grado menor, presenta una degradación ambiental progresiva por el aporte de aguas residuales domésticas e industriales de provenientes de ciudades asentadas en las orillas. También por el mal manejo de la cuenca que arrastra vía escorrentía superficial sedimentos, basura y plaguicidas.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras se colectaron en 11 sitios del litoral del Lago Xolotlán en los meses de Mayo, Agosto y Noviembre de 1991 (Fig. 1). En el Lago Cocibolca los muestreos se realizaron en 9 puntos de la zona noreste en Marzo de 1993 (Fig. 2). Las muestras se tomaron de rocas, piedras sedimento fino y macrófitos emergentes. La limpieza de las diatomeas se hizo según el método de Barber & Haworth (1981) y se usó naphrax como medio de inclusión. La identificación taxonómica y conteos se hicieron con objetivo de 100x y se calculó la abundancia relativa de las especies de cada sitio.

Para valorar la calidad del agua se aplicó el DAipo (Índice de Asociación de Diatomeas para la contaminación orgánica),

desarrollada por WATANABE et al (1988). También se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se identificó 58 especies de diatomeas en el litoral del Lago Xolotlán y 66 especies en el Lago Cocibolca. En este Lago se registró la mayor diversidad de especies. En la tabla 2 se muestra la lista de especies saprófila, eurisapróbicas y saproxenas presentes en el Lago Xolotlán. *Achnanthes minutissima*, *Gomphonema affine*, *Nitzschia amphibia* pertenecientes al grupo eurisapróbicos, dominaron en casi todos los puntos de muestreo, con excepción del punto siete, en donde dominaron *Nitzschia palea* y *Amphora coffeaeformis* (saprófilas). La dominancia de *Nitzschia palea* fue absoluta en el punto ocho durante los tres muestreo. GUERRERO & RODRIGUEZ (1991) también la reportan como una de las especies dominantes en este mismo punto. En estos puntos también se encontró la menor diversidad de especies, lo cual puede relacionarse con la alta contaminación por aguas servidas domésticas e industriales presentes en estos dos puntos. En el Lago Cocibolca *Gomphonema affine*, *Nitzschia amphibia* y *Fragilaria ulna* pertenecientes al grupo de especies eurisapróbica dominaron en todos los sitios de muestreos. Las dos primeras especies fueron las más abundantes en los puntos aledañas a la Ciudad de Granada y la última dominó en los sitios cercanos al puerto lacustre de San Jorge en donde la influencia antropogénica es menor. Entre las especies saproxenas *Achnanthes minutissima*, fue más dominantes ya que presentó la mayor abundancia en el punto ocho, seguida por

Navicula cryptotenella. *Achnanthes exigua* pertenecientes al grupo de especies saprófila fue abundante solamente en el punto cuatro.

En la figura 3 se muestra la corrección del DAipo con el DBO y los criterios de calidad del agua desarrollados por SLADECEK (1973). Esta correlación no fue muy significativa con un $r = 0.56$, observándose una reducción en los valores del DAipo conforme aumenta la concentración del DBO_5 . Los DBO_5 variaron entre 5.5 y 19 mg l^{-1} . De acuerdo a las marcas del DAipo, la mayoría de las estaciones se ubican en el nivel polisapróbico.

En el caso del Lago Cocibolca la correlación entre el DAipo y el DBO_5 no fue significativa, con un $r = 0.43$. Se observó una tendencia similar con los resultados obtenidos en el Lago Xolotlán, (fig. 4) aunque los valores de DBO_5 fueron más bajos (5.0 - 14.2 mg l^{-1}). Esto pudiera explicarse por el hecho de que los sitios de muestreos del Lago Cocibolca son los más representativos de las zonas contaminadas por el aporte de agua servidas, lo que ubica al Lago Cocibolca en el nivel polisapróbico.

En la figura 5 se muestra la relación entre los Indices de Diversidad y el DAipo en ambos Lagos. La interpretación de la gráfica, basado en el estudio de WATANABE et al (1988), los resultados muestran evidencia de una contaminación orgánica artificial. En ambos Lagos la mayoría de los valores se concentran hacia la izquierda de la gráfica, lo cual sugiere que estos ecosistemas se ubican en la zona polisapróbica.

CONCLUSIONES

La composición y diversidad de las Diatomeas bentónicas reflejan mayor contaminación en el Lago Xolotlán. El Lago Cocibolca presentó la mayor diversidad de especies.

Las especies dominantes fueron *Nitzschia amphibia* y *Gomphonema affine* sugiriendo una alta contaminación orgánica.

Para aplicar el Índice de Asociación de las Diatomeas (DAIpo) en los lagos nicaragüenses es necesario realizar estudios más detallados para comprobar su validez.

AGRADECIMIENTOS

EL autor expresa especial agradecimiento a la Lic. Evelyn Hooker, por sus comentarios, sugerencias y revisión del manuscrito y al Lic. Miguel Flores por su ayuda en la parte estadística.

BIBLIOGRAFIA

- BARBER, F. B. & E. Y. HAWORTH. 1981. A guide to the morphology of the Diatom Frustule. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 44.
- GUERRERO, M. & L. RODRIGUEZ. 1991. Species composition of the Phytobenthos in the littoral of Lake Xolotlán (Managua). Hydrobiol. Bull. 25 (2): 117-120.
- MONTENEGRO, S. 1991. Limnological perspective of Lake Xolotlán (Managua): Hydrobiol. Bull. 25 (2): 105-109.
- SLADECEK, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiologia Heft 7, p. 183-186.
- WATANABE, T., K. ASAI & A. HOUKI. 1988. Biological information closely related to the Numerical Index DAIpo (Diatom Assemblage Index to Organic Water Pollution. Diatom 4: 49-58.
- WATANABE, T., K. ASAI, A. HOUKI, S. TANAKA & T. HIZUKA. 1986. Saprophylic and Eurysaprobic diatom taxa to organic water pollution and diatom assemblage index (DAIpo). Diatom 2: 23-73.

PIES DE FIGURAS Y TABLAS

- Tabla 1. Datos físico-químicos del Lago Xolotlán y Lago Cocibolca.
- Tabla 2. Lista de especies (*)saprófilas, (■)eurisapróbicas y (#)saproxenas, según Watanabe et al. 1986.
- Tabla 3. Lista de especies (*)saprófilas, (■)eurisapróbicas y (#)saproxenas, según Watanabe et al. 1986.
- Fig. 1. Mapa del Lago Xolotlán y descripción de los sitios de muestreos.
- Fig. 2. Mapa del Lago Cocibolca y descripción de los sitios de muestreos.
- Fig. 3. Correlación del DAipo con DBO y los niveles de calidad del agua en el Lago Xolotlán.
- Fig. 4. Correlación del DAipo con DBO y los niveles de calidad del agua en el Lago Cocibolca.
- Fig. 5. DAipo vs Índice de Diversidad de Shannon-Wiener. A) Lago Xolotlán, B) Lago Cocibolca.

DATOS FISICOS - QUIMICOS

	LAGO COCIBOLCA	LAGO XOLOTLAN
Conductividad	248.00 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$	1773.00 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$
Temperatura	29.84 °C	29.10 °C
Alcalinidad	87.80 mg l ⁻¹	541.75 mg l ⁻¹
HCO ₃	5.71 mg l ⁻¹	470.00 mg l ⁻¹
SO ⁴⁻⁻	10.58 mg l ⁻¹	41.39 mg l ⁻¹
CL ⁻	17.23 mg l ⁻¹	236.90 mg l ⁻¹
Ca ²⁺	17.60 mg l ⁻¹	7.49 mg l ⁻¹
Mg ²⁺	7.28 mg l ⁻¹	18.67 mg l ⁻¹
Na ⁺	21.00 mg l ⁻¹	402.60 mg l ⁻¹
K ⁺	4.10 mg l ⁻¹	56.45 mg l ⁻¹
pH	7.96 mg l ⁻¹	9.22 mg l ⁻¹

Fuente: MONTENEGRO, S. (1991); CIRA-UNAN (1993).

LISTA DE DIATOMEAS DEL LITORAL DEL LAGO XOLOTLAN

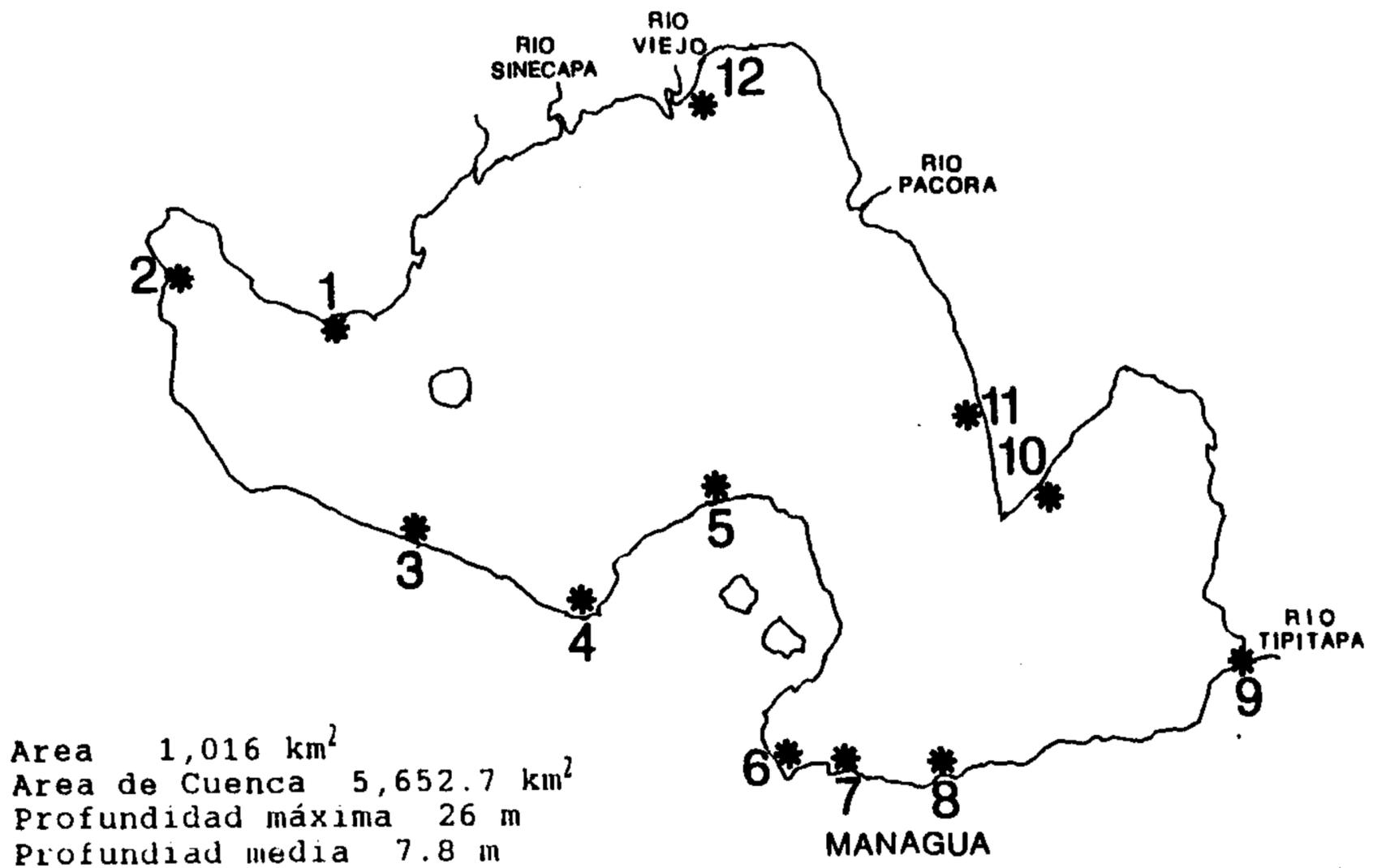
* <i>Achnanthes exigua</i>	* <i>Navicula cuspidata</i>
■ <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Navicula confervacea</i>
<i>Achnanthes lacunarum</i>	* <i>Navicula goeppertiana</i>
<i>Amphora coffeaeformis</i>	■ <i>Navicula gregaria</i>
<i>Amphora ovalis</i>	<i>Navicula mutica</i>
<i>Amphora veneta</i>	■ <i>Navicula pupula</i>
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	■ <i>Navicula pygmaea</i>
<i>Anomoeoneis sp.</i>	■ <i>Navicula veneta</i>
■ <i>Aulacoseira granulata</i>	■ <i>Navicula sp.</i>
■ <i>Aulacoseira islandica</i>	<i>Neidium affine?</i>
<i>Caloneis bacillaris</i>	<i>Nitzschia angustata</i>
<i>Caloneis molaris?</i>	■ <i>Nitzschia acicularis</i>
■ <i>Cyclotella meneghiniana</i>	■ <i>Nitzschia amphibia</i>
<i>Cyclotella kützingiana</i>	■ <i>Nitzschia clausii</i>
■ <i>Cyclotella pseudostelligera</i>	<i>Nitzschia compressa?</i>
■ <i>Cymbella turgida</i>	# <i>Nitzschia dissipata</i>
<i>Diploneis smithii</i>	# <i>Nitzschia fonticola</i>
<i>Epithemia turgida</i>	<i>Nitzschia inmundata</i>
■ <i>Fragilaria brevistriata</i>	* <i>Nitzschia microcephala</i>
■ <i>Fragilaria capucina</i>	* <i>Nitzschia palea</i>
■ <i>Fragilaria construens</i>	■ <i>Nitzschia triblionella</i>
■ <i>Fragilaria pinnata var. trigona</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
■ <i>Fragilaria ulna</i>	<i>Pinnularia sp.</i>
■ <i>Gomphonema affine</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>
■ <i>Gomphonema angustatum</i>	<i>Rhopalodia parallela</i>
■ <i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Surirella robusta</i>
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	<i>Stephanodiscus sp.</i>
■ <i>Hantzschia amphioxys</i>	
<i>Mastogloia smithii</i>	
■ <i>Navicula capitata var. hungarica</i>	
■ <i>Navicula cryptocephala</i>	

Tab. 2 Lista de especies (*)saprófilas, (■)eurisapróbicas y (#)saproxenas, según Watanabe et al. 1986.

LISTA DE DIATOMEAS DEL LITORAL DEL LAGO COCIBOLCA

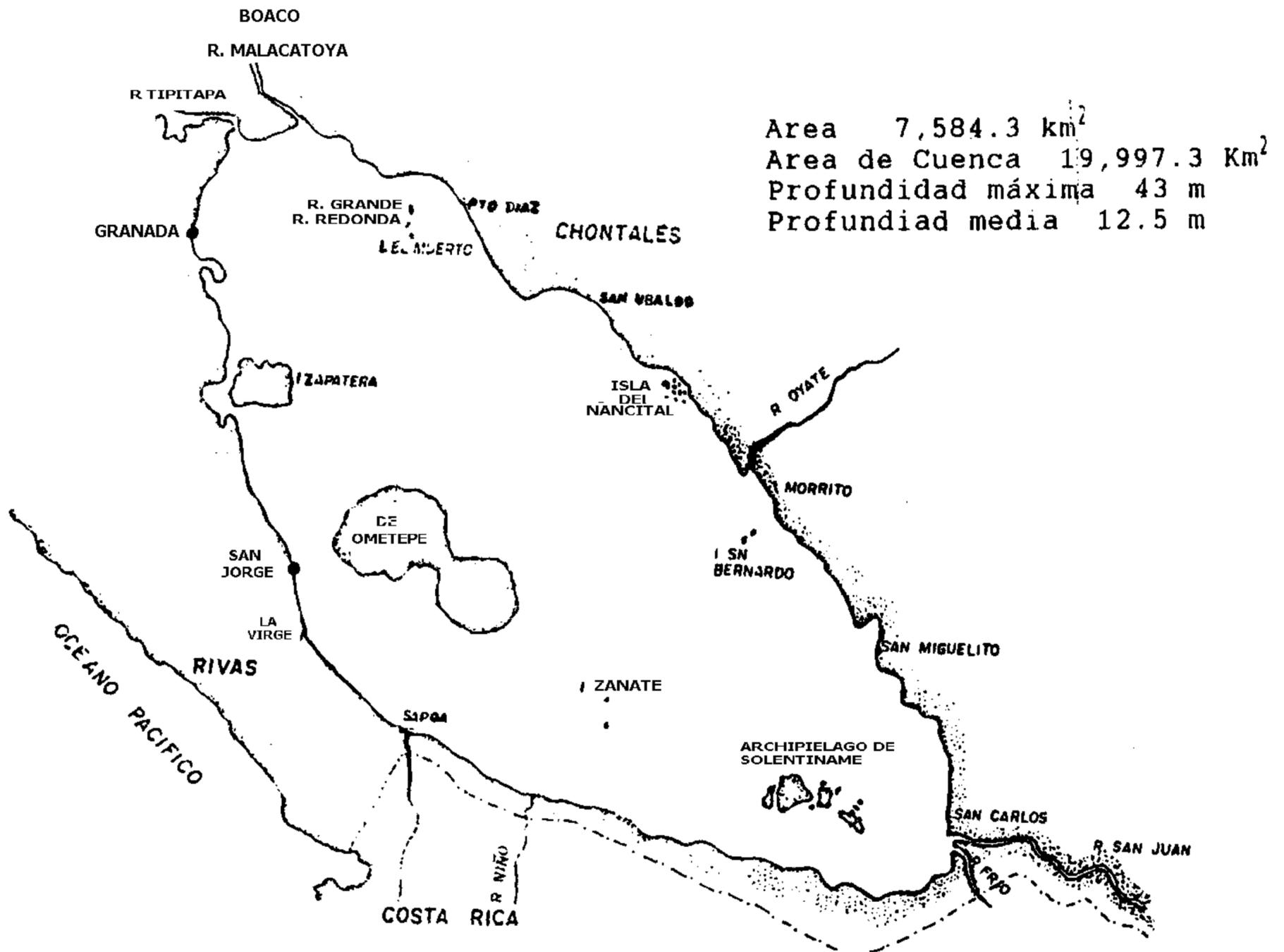
* <i>Achnanthes exigua</i>	■ <i>Hantzschia amphioxys</i>
■ <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Mastogloia dicipiens</i>
<i>Achnanthes sp.</i>	<i>Mastogloia smithii</i>
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	<i>Melosira sp.</i>
<i>Amphora ovalis</i>	■ <i>Navicula capitata var. hungarica</i>
<i>Amphora veneta</i>	■ <i>Navicula cryptocephala</i>
<i>Amphora coffeaeformis</i>	# <i>Navicula cryptotenella</i>
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	* <i>Navicula cuspidata</i>
■ <i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Navicula digitoradiata</i>
■ <i>Aulacoseira italica</i>	<i>Navicula exigua</i>
<i>Caloneis bacillaris</i>	* <i>Navicula goeppertiana</i>
<i>Cocconeis placentula</i>	■ <i>Navicula gregaria</i>
<i>Coscinodiscus sp.</i>	■ <i>Navicula pupula</i>
<i>Cyclostephanos sp.</i>	■ <i>Navicula pygmaea</i>
■ <i>Cyclotella meneghiniana</i>	■ <i>Navicula veneta</i>
■ <i>Cyclotella pseudostelligera</i>	<i>Navicula sp. # 1</i>
<i>Cymbella descripta?</i>	<i>Navicula sp. # 2</i>
■ <i>Cymbella tumida</i>	■ <i>Nitzschia acicularis</i>
<i>Cymbella turgida</i>	<i>Nitzschia acicularis var. closterium</i>
<i>Diploneis ovalis</i>	■ <i>Nitzschia amphibia</i>
<i>Epithemia turgida</i>	■ <i>Nitzschia clausii</i>
<i>Eunotia sp.</i>	■ <i>Nitzschia denticula</i>
■ <i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Nitzschia linearis</i>
■ <i>Fragilaria capucina</i>	* <i>Nitzschia palea</i>
■ <i>Fragilaria construens</i>	<i>Nitzschia triblionella</i>
<i>Fragilaria leptostarum</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
<i>Fragilaria pinnata</i>	<i>Opephora sp.</i>
■ <i>Fragilaria pinnata var. trigona</i>	<i>Pinnularia graciloides</i>
■ <i>Fragilaria ulna</i>	<i>Pleurosira sp.</i>
■ <i>Gomphonema affine</i>	<i>Rhizosolenia sp.</i>
<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>
<i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Rhopalodia parallela</i>
<i>Gyrosigma sp.</i>	<i>Surirella sp.</i>

Tab. 3 Lista de especies (*)saprófilas y (■)eurisapróbicas, según Watanabe et al. 1986.



S I T I O S D E M U E S T R E O S

- | | |
|---|---|
| <p>1.- <u>Planta Geotérmica</u>: litoral rocoso, sedimento arenoso y oleaje fuerte. Contaminación térmica.</p> <p>2.- <u>Puerto Momotombo</u>: litoral arenoso, con algunas piedras, sin vegetación, contaminación orgánica.</p> <p>3.- <u>Boguerón</u>: aguas tranquilas, litoral rocoso y arenoso, cierta contaminación por basura.</p> <p>4.- <u>Mateare</u>: litoral usado como basurero, actividad pesquera y agropecuaria, poca intensidad de oleaje.</p> <p>5.- <u>Corpus Christi</u>: litoral rocoso, oleaje intenso, actividad pesquera.</p> <p>6.- <u>Vuelta de la Guitarra</u>: baja intensidad de oleaje, litoral rocoso, poca vegetación. Contaminación por desechos sólidos y combustibles.</p> | <p>7.- <u>Penwalt</u>: contaminación química, principalmente por mercurio, litoral arenoso, poco oleaje.</p> <p>8.- <u>Rubén Darío</u>: litoral rocoso, oleaje fuerte, alta contaminación orgánica y tóxica.</p> <p>9.- <u>Bahía de Tipitapa</u>: sustrato lodoso con vegetación, aguas turbias y calmas, contaminación orgánica.</p> <p>10.- <u>Santa Gertrudis</u>: Substrato rocoso, sedimento arenoso con macrófitos arraigados, oleaje moderado, cierta actividad pesquera y pecuaria.</p> <p>11.- <u>San Ramón</u>: sedimento fino con macrófitos arraigados, poca intensidad de oleaje.</p> <p>12.- <u>San Francisco Libre</u>: Litoral rocoso, oleaje fuerte con vegetación sumergida, actividad pesquera y pecuaria.</p> |
|---|---|



SITIOS DE MUESTREOS

- 1.- La Ceiba: litoral arenoso, oleaje moderado y con vegetación.
- 2.- El Chorizo: litoral utilizado como basurero, substrato rocoso, sedimento arenoso, oleaje moderado.
- 3.- Muelle de Granada: litoral rocoso, sedimento arenoso con oleaje moderado, contaminación doméstica e industrial, vegetación sumergida.
- 4.- Puerto Asese: Centro turístico (embarcadero), poco oleaje, sin vegetación, contaminación doméstica.
- 5.- Piedra Pintada: litoral rocoso, oleaje moderado con vegetación.
- 6.- San Jorge (1): substrato rocoso, oleaje intenso, sedimento arenoso.
- 7.- San Jorge (2): litoral rocoso, oleaje fuerte, contaminación doméstica.
- 8.- Muelle de San Jorge (3): substrato rocoso, sedimento arenoso, oleaje muy fuerte.
- 9.- San Jorge (4): litoral rocoso, oleaje muy fuerte y con vegetación.

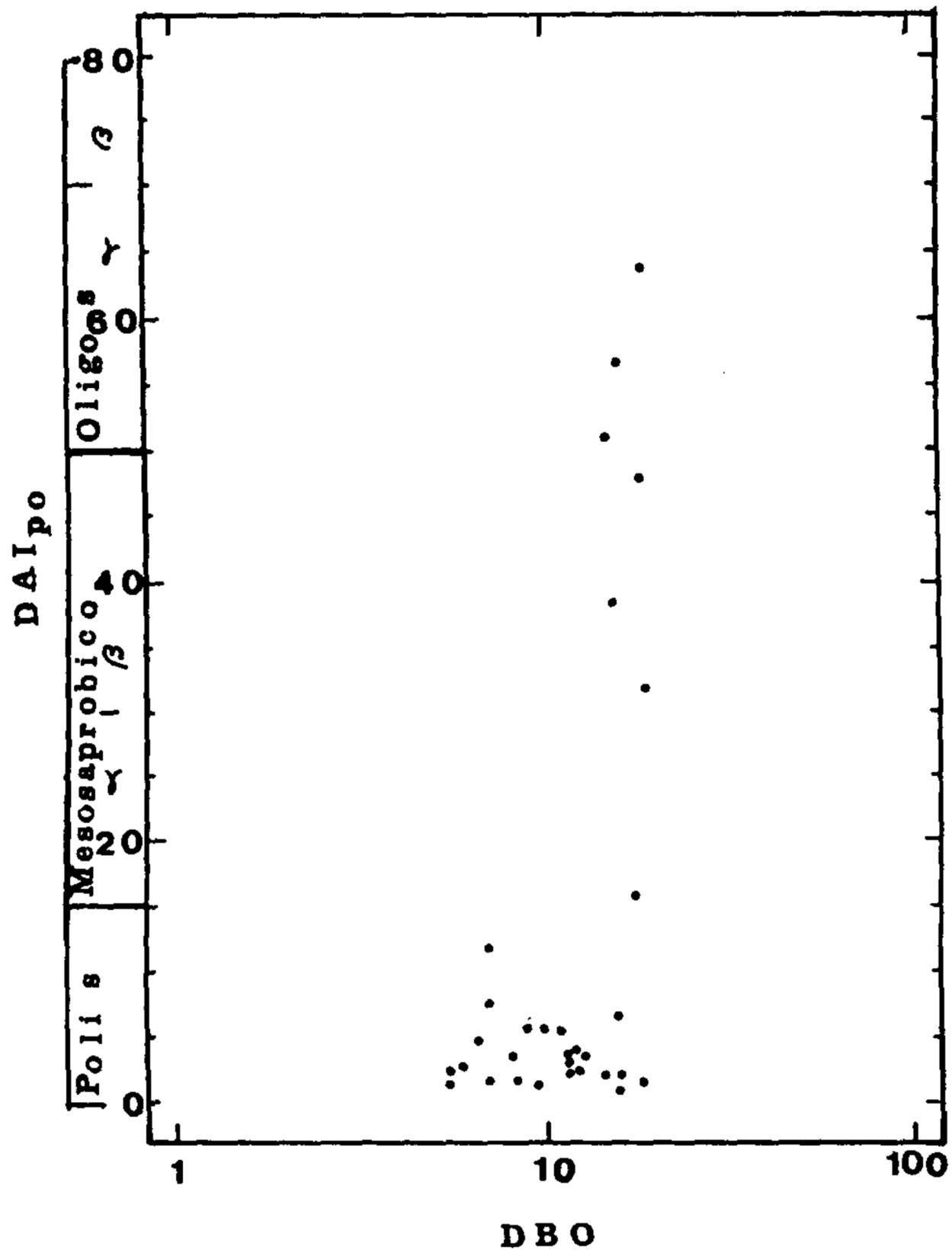


Fig. 3. Correlación del DAIPo con DBO y los niveles de calidad del agua en el Lago Xolotlán.

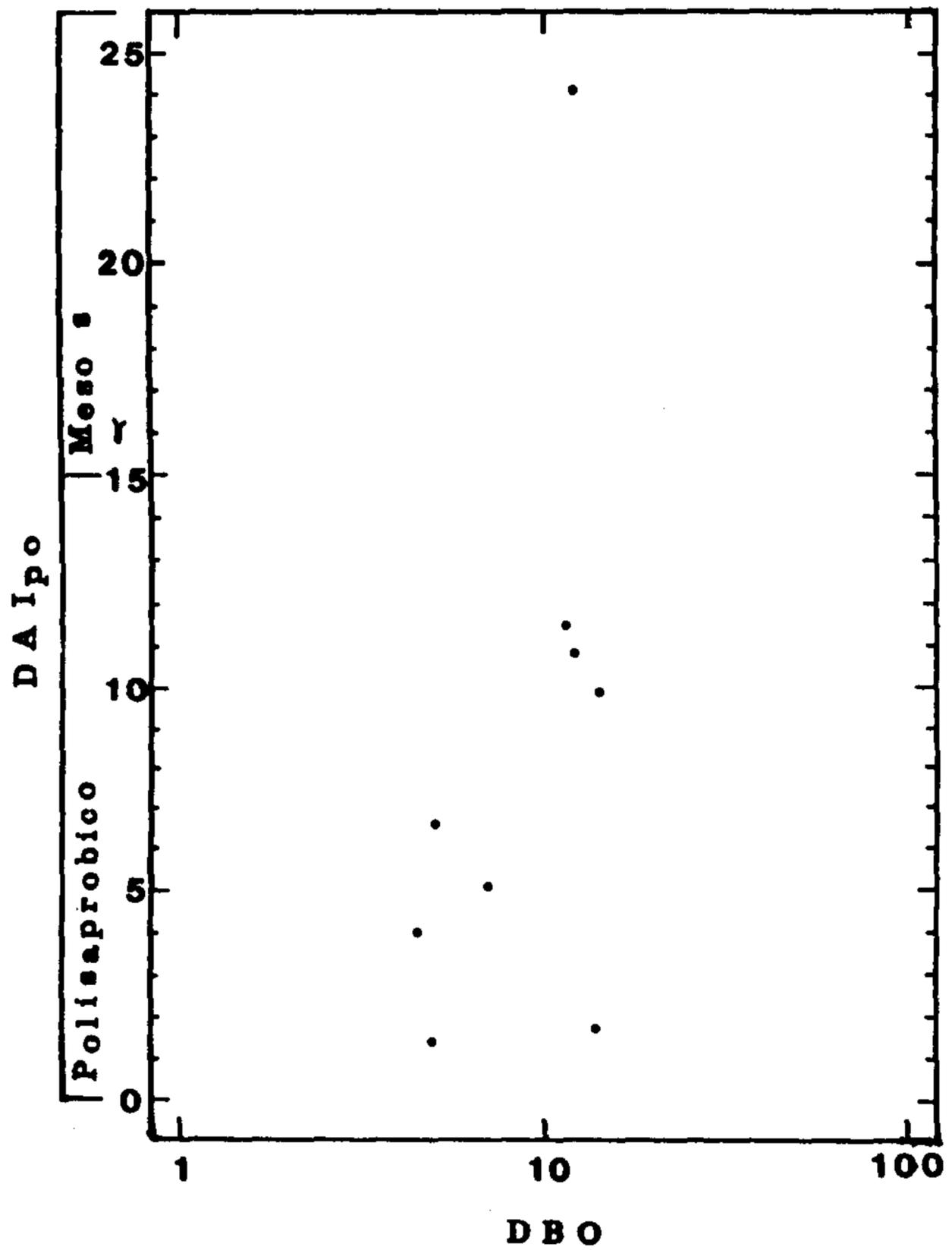


Fig. 4 Correlación del DA Ipo con DBO y los niveles de calidad del agua en el Lago Cocibolca.

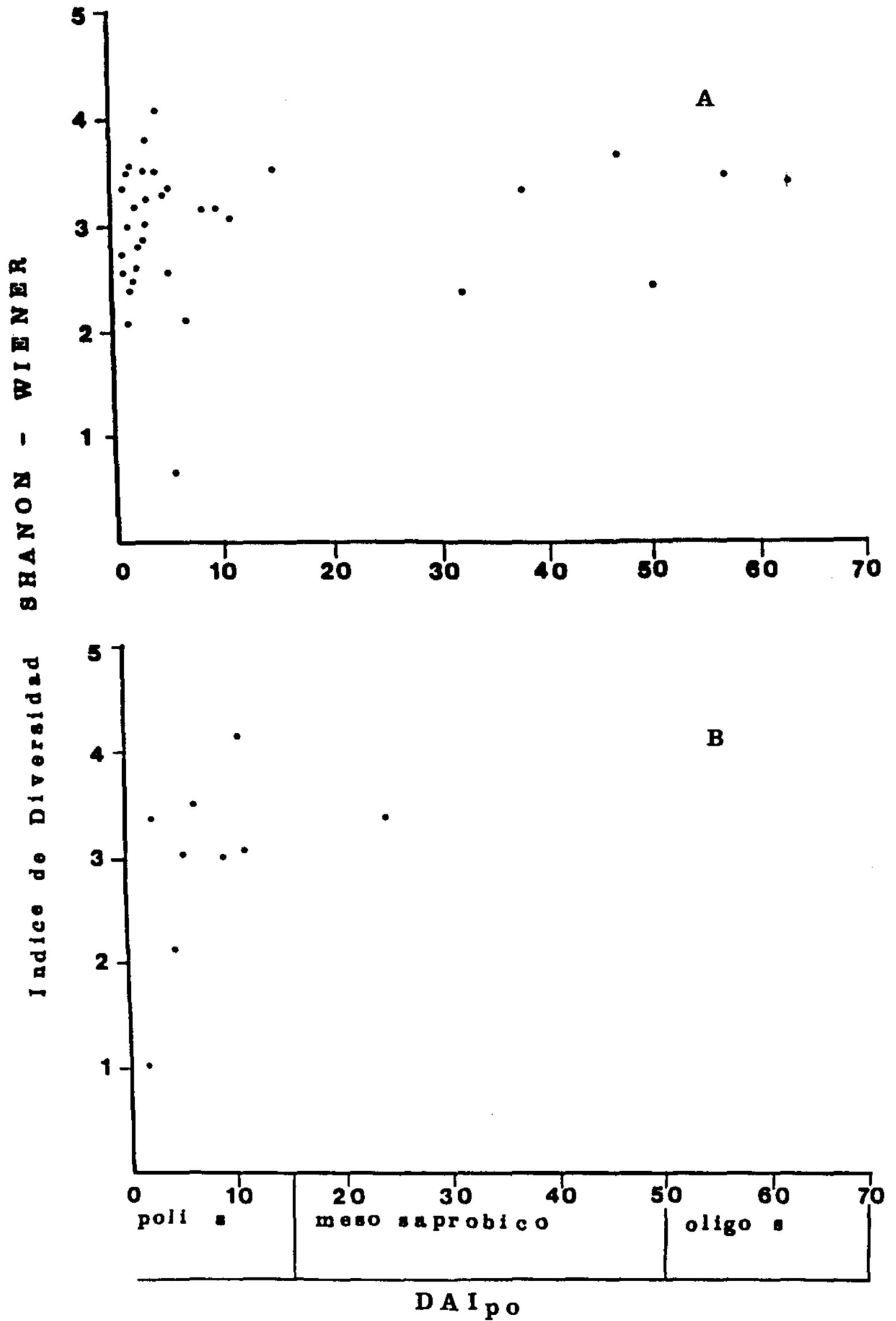


Fig. 5 DA Ipo vs Indice de Diversidad de Shannon.
 A) Lago Xolotlán, B) Lago Cocibolca.