

24
2ej

**Estudio de las
Asociaciones
de
Diatomeas Fósiles
de
El Arenal, Jalisco.**

Tesis profesional que
para obtener el Título
de Licenciada en Biología
presenta:

**María del Rosario Fernández
Barajas.**

**Universidad Nacional
Autónoma de México.**

Campus Iztacala.
México, 1999.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

278814



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION

DISCONTINUA

DEDICATORIA

A mis padres (q.e.p.d.), porque me enseñaron a luchar y a superarme. En especial a mi mamá por su fortaleza y decisión.

A Carlos: por todo lo que hemos vivido juntos y porque sin su ayuda éste sería un trabajo inconcluso.

A Patty y Mariana por su estímulo y comprensión, por la alegría con la que viven.

A mis hermanos con cariño por las alegrías y tristezas compartidas.

A Elizabeth Ramírez López por enseñarme que se puede vivir de una manera diferente.

A Lety por compartir todos estos años de trabajo y amistad.

A Roberto Rico porque además de ser un excelente profesor ha sido un gran apoyo en mi desempeño profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Biól. José Luis Camarillo Rangel director de tesis, por la oportunidad brindada para el desarrollo del presente trabajo.

A los revisores de esta tesis: Biól. Guadalupe Oliva Martínez, Biól. Gloria Garduño Solórzano, Biól. Arnulfo Reyes Mata y Biól. Mario Miranda Herrera, por sus comentarios y orientaciones para la presentación final de este trabajo.

A la M. en C. Jaqueline CañetasOrtega, del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Departamento de Física Experimental del IFUNAM., por la ayuda proporcionada para la obtención de fotografías en el microscopio electrónico.

Al Dr. Javier Miranda del IFUNAM., por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A la Dra. Gloria Vilaclara por sus sugerencias y comentarios.

A mis compañeros del Laboratorio de Geología-Paleontología de la ENEP. Iztacala por su ayuda y apoyo para la realización de esta tesis.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	3
Antecedentes	8
Objetivos	10
Caracterización de la zona de estudio	11
• Localización	11
• Fisiografía	11
• Climatología y vegetación	12
Metodología	13
Resultados	16
• Clasificación taxonómica	17
• Descripción de los taxa más abundantes	25
• Diagrama de la zona muestreada	41
• Gráfica de asociaciones de diatomeas	42
• Gráfica de espectro de hábitat	43
• Gráfica de espectro de pH	44
• Diagrama de reconstrucción	45
Análisis y Discusión	46
Conclusiones	48
Recomendaciones para estudios posteriores	50
Bibliografía	51

RESUMEN

Las diatomeas son un componente principal del plancton en la mayoría de los lagos y han jugado un papel muy importante en el desarrollo de la bioestratigrafía y palinología desde mediados del siglo XIX.

El presente estudio utiliza a las diatomeas para obtener una mejor información sobre las condiciones paleoambientales de los depósitos lacustres de El Arenal, Jalisco.

Las muestras analizadas fueron tomadas de un afloramiento de diatomita de aproximadamente 11 metros de espesor, localizado a los 20° 45' de latitud Norte y los 103° 40' de longitud Oeste. El material fue tomado a diferentes intervalos según las variaciones de textura y color de los sedimentos. Se realizaron preparaciones para llevar a cabo conteos de abundancia relativa con ayuda de microscopía de luz y para una mejor identificación taxonómica se utilizó un microscopio electrónico de barrido.

Se identificaron 60 especies de diatomeas fósiles, dentro de las cuales las más abundantes fueron las especies del género *Aulacoseira*, con representantes de al menos 10 especies diferentes y con una abundancia relativa muy alta.

Otras especies observadas en altas concentraciones fueron: *Navicula pupula*, *Cyclotella stelligera* y *Cyclotella meneghiniana*.

Las asociaciones de diatomeas indican que en El Arenal, se estableció durante el Cuaternario un paleolago poco profundo, donde se alternaban fases planctónicas y bentónicas de agua dulce y ligeramente salobres.

El nivel de profundidad se vio afectado por los periodos estacionales de lluvia-sequía, así como por la continua actividad ígnea en la zona, factor importante que afectó a este paleolago y que finalmente contribuyó a su desaparición.

ESTUDIO DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS FÓSILES DE EL ARENAL, JALISCO.

INTRODUCCIÓN:

Los lagos se forman por la existencia de una cuenca o depresión en donde el agua se acumula. De esta manera el estudio de los antiguos lagos está íntimamente ligado al origen de sus cuencas o depresiones. En términos geológicos los lagos son efímeros y los materiales que allí se depositan se conservan a través del tiempo por lo tanto para estudiar la historia de un lago o un paleolago, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones: (i) su ubicación o distribución, (ii) qué provocó el origen de estas antiguas cuencas, y (iii) cuál es su edad geológica.

Reconocer un depósito lacustre requiere de cierta experiencia debido a que los procesos exógenos como la erosión y endógenos como el vulcanismo y los temblores destruyen parte de la cuenca original, además de existir por lo menos once procesos diferentes por los cuales se origina. En México, muchos lagos son de origen tectónico-volcánico o volcánico, como los asociados de la Faja Volcánica Transmexicana, entre ellos se encuentran la laguna de Chapala en el estado de Jalisco o la zona de los axalapascos de la Cuenca Oriental en el Estado de Puebla (Reyes, 1979; Lozano García, *et al* 1993).

Con respecto a su edad, en México podemos encontrar depósitos lacustres extintos del Terciario (60 millones de años A.P) y del Cuaternario (2 millones de años A.P) hasta el Holoceno siendo los más estudiados los del Pleistoceno (principio del Cuaternario) y la mejor forma para establecer la historia de los cambios en las antiguas cuencas lacustres se basa en la estratigrafía de los sedimentos. (Ager,1993).

Para realizar cualquier investigación estratigráfica es necesario tomar muestras de secciones expuestas u obtener muestras subterráneas por medio de perforaciones realizadas con barrenos o núcleos. En cualquiera de los dos casos, lo importante es que las muestras sean tomadas adecuadamente para que no se contaminen. (Aaby y Digerfeldt, 1986).

Los análisis físicos y químicos son necesarios para establecer la naturaleza química y mineralógica de los sedimentos, aunque no se haga un análisis detallado, permite deducir algunas condiciones en las que se depositaron, comparadas con las condiciones actuales, lo que permite reconstruir la historia del ambiente geológico; por otra parte, el análisis detallado de los restos fósiles, ya sean macroscópicos o microscópicos de plantas y animales facilitan la reconstrucción de la historia de la vegetación y de la fauna y contribuye a determinar climas pasados y otros factores como el tipo de suelos y la salinidad del agua (Margalef, 1957; Rico *et al.* 1991; Miranda *et al.* , 1994).

En el caso de los fósiles microscópicos o microfósiles de plantas, como son: granos de polen, esporas, esqueletos de algas (diatomeas y desmídios), para los que es necesario contar con técnicas especiales de extracción y equipo de microscopía , se puede mencionar que cada uno de éstos restos tiene ventajas y limitaciones cuando son empleados como evidencias para la reconstrucción paleoambiental.

Dentro de los fósiles microscópicos, el uso de las diatomeas en interpretaciones paleolimnológicas es muy útil y tiene ciertas ventajas sobre otros grupos de microfósiles, en **primer lugar** porque son muy abundantes y debido a su pequeño tamaño no es precisa una muestra grande para obtener una gran diversidad de asociaciones con las cuales se pueden llevar a cabo interpretaciones paleolimnológicas realistas (**Bradbury, 1988**), en **segundo** lugar porque presentan una distribución ecológica muy amplia (cosmopolita). El número total de especies incluyendo a las de agua dulce y marinas oscila entre diez y veinte mil (**Werner, 1977**). Las diversas especies, variedades y formas de las diatomeas de agua dulce ocupan muchos y muy variados hábitats (**Hustedt, 1930, 1966 ; Patrick y Reimer , 1966; Cholnoky, 1968**); así como una increíble diversidad y sensibilidad a factores químicos tales como pH, temperatura, contenido de nutrimentos e iluminación del agua , que hacen que sean excelentes para las investigaciones paleolimnológicas detalladas (**Bradbury, 1975; Haworth, 1977; Brugam, 1980; Kjemperud, 1981; Gasse y Tekaia, 1982; Stager, 1982; Dean et al., 1984; Flower y Batarbee 1984**); en **tercer** lugar porque las frústulas silíceas de las diatomeas son muy resistentes a los ácidos y al paso del tiempo y mucho más duraderas que los esqueletos de otros microfósiles; además de que la taxonomía de las

diatomeas se basa en las características y ornamentaciones de las valvas o frústulas; por ello pueden ser identificadas de manera rápida y precisa.(Lohman, 1960).

Finalmente, las frústulas o valvas de las diatomeas fósiles que se conservan, son las que representan al único organismo que las produce, por lo tanto al contarlas es posible obtener información directa acerca de la densidad de población y estructura de la comunidad de la cual formaban parte.

Como se ha mencionado anteriormente, en México existen muchos depósitos lacustres de importancia paleoecológica, tal es el caso de los localizados en el Estado de Jalisco. Sin embargo, hay muy pocos trabajos referentes a este campo de investigación, por lo cual el presente estudio trata de relacionar los cambios limnológicos ocurridos durante el Cuaternario en parte del Estado de Jalisco, como es el caso de El Arenal, ya que este tipo de investigaciones son un instrumento útil para evaluar los cambios ambientales que han ocurrido a través del tiempo.

Por otro lado, no se puede dejar de mencionar la importancia económica que este tipo de depósitos representan para algunas industrias como la química y la petrolera, ya que por las propiedades físicas que presentan se les dan diferentes usos como: (i) ayudando a filtrar, clarificar y purificar gran diversidad de líquidos; (ii) como absorbentes, y (iii) como aislantes térmicos y acústicos. (Muñoz, 1972).

En la industria petrolera se emplean para modificar características de los lodos de perforación y para la preparación de productos para la cementación de pozos petroleros. (Muñoz, *op. cit.*).

ANTECEDENTES

Se sabe que el estudio sobre las diatomeas fósiles en México se inicia a mediados del siglo XIX con la descripción, identificación y en menor grado la interpretación de varios géneros y especies de agua dulce por el Dr. Christian Goufried Ehrenberg, (1841, 1846, 1854, 1869); así mismo el Dr. Schmidt (1874-1959), registró varias especies para la costa de México en su *Atlas der Diatomaceen Kunde*.

Posteriormente se efectúan trabajos sobre la naturaleza de las tierras diatomáceas por el Ing. Enrique Díaz Lozano (1917, 1920, 1936); Raúl Lozano García (1946); J. Ariel Hernández Velasco (1955) y J. Esquivel (1958); éstos con un concepto más bien enfocado hacia las propiedades físicas que son útiles para la explotación económica de la tierra de diatomeas, como son el tener alto porcentaje de porosidad (alto poder de retención de agua), baja densidad aparente, baja conductividad térmica, insolubilidad en ácidos (excepto el fluorhídrico), punto de fusión alto (1 600- 1 750 °C) y dureza menor de dos.

No es sino hasta la década de los setenta cuando se comienzan a utilizar las diatomeas en México de manera más amplia en las interpretaciones paleoambientales, continuándose hasta la fecha. (Bradbury 1971, 1982, 1986, 1989; Metcalfe 1985, 1986, 1991; Rico *et al.*, 1980, 1983, 1993, 1995; 1998; Vilaclara *et al.*, 1997-1998).

Actualmente existen varios factores importantes que han permitido el progreso de la paleolimnología y paleoecología como son los métodos estadísticos cada vez más sofisticados. Entre dichos métodos se pueden incluir, la toma de muestras con nucleadores como el dispositivo de Livingstone (Livingstone, 1955; Wright, 1967), con el cual se obtienen muestras continuas que ayudan a documentar la historia de un cuerpo de agua desde sus inicios hasta su desaparición.

Las técnicas de observación también han progresado desde el microscopio óptico hasta el de contraste de fases y finalmente el microscopio electrónico de barrido.

Este desarrollo progresivo de las técnicas cualitativas y cuantitativas incluyendo los métodos estadísticos y de observación, es el que ha permitido un mejoramiento en las interpretaciones y análisis de los datos obtenidos acerca de la evolución, la biología y la ecología de las diatomeas.

OBJETIVOS.

1. Objetivo General.

- Determinar el medio ambiente en el que se desarrollaron las asociaciones de diatomeas fósiles en los depósitos de El Arenal, Jalisco.

2. Objetivos Particulares.

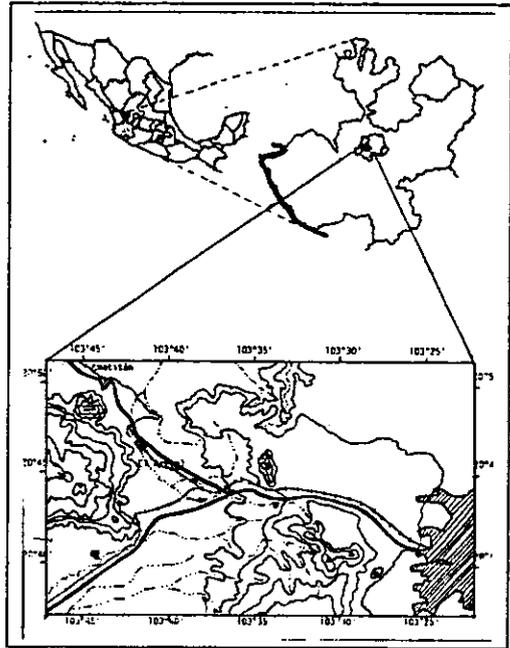
- Inferir las características y los factores medioambientales que interactuaron en el desarrollo del depósito de diatomeas fósiles.
- Determinar las especies de diatomeas fósiles en el área de estudio.

CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada entre los 20° 45' de latitud norte y los 103° 40' de longitud oeste, en la Carretera Federal # 15, cercana al poblado denominado El Arenal, Jalisco.

Este depósito se encuentra dividido por la carretera, presentando tres diferentes niveles, a saber: una zona por encima de la carretera, otra a su nivel y la zona más antigua por debajo de la mencionada vía.



Plano de localización

El área de estudio está situada dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (Venegas *et al.* 1985), anteriormente denominada "Eje Neovolcánico" (Mooser, 1972), la cual está constituida por

afloramientos rocosos predominantemente andesíticos de edad plio-cuaternaria; el vulcanismo que les ha dado origen ha ocurrido tanto por fisuras como por aparatos volcánicos centrales, generalmente alineados en dirección E-W, formando así diversas sierras y cadenas con sus respectivos valles intermontañosos, la actividad volcánica que originó estas altiplanicies también dió forma a una serie de valles y lagos, algunos de ellos ya extintos.

La Faja Volcánica Transmexicana se encuentra bien dividida en diversos sectores por sus depósitos aluviales que se han depositado en zonas donde la actividad volcánica ha sido más antigua o menos intensa (Venegas *et al. op. cit.*). Las rocas sedimentarias de origen marino y las rocas ígneas extrusivas fueron cubiertas por derrames volcánicos y productos piroclásticos del Terciario; las rocas más recientes son del Cuaternario y están constituidas por areniscas, conglomerados, depósitos aluviales y algunos derrames de basalto.

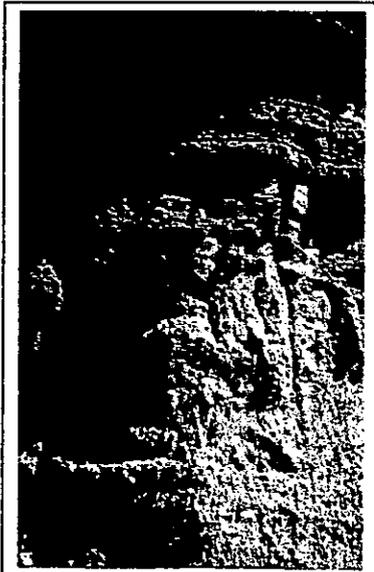
CLIMATOLOGÍA Y VEGETACIÓN

En la región se presentan grandes contrastes climáticos debido a la conformación variada del relieve, presentándose en la zona de estudio un clima del tipo C (w₁) (w) templado subhúmedo, con una precipitación media que oscila entre los 800 y 1200 cc y la temperatura media anual mayor a 22°C que sostiene principalmente a una vegetación de pastizal tanto natural como inducido y en las partes altas no perturbadas asociaciones de pino-encino (S.P.P., Síntesis Geográfica de Jalisco 1981).

METODOLOGÍA

El muestreo se realizó en un afloramiento que se localiza en el poblado de El Arenal, Jalisco.

El trabajo de campo inició con la extracción y recolección de muestras en una sección expuesta al borde de la carretera, para su estudio se dividió en tres zonas, determinándose una sección compuesta con un grosor total de **10.43 m**.



Fotografía de la Zona de Estudio

Las muestras se tomaron “in situ” a diferentes intervalos dependiendo de la variación observada en los sedimentos tanto en color como de textura, se obtuvieron los bloques después de haber limpiado la superficie expuesta a la intemperie, comenzando a muestrear éstos de abajo hacia arriba y en forma escalonada para evitar la contaminación, según las técnicas comunes de extracción y muestreo (Andrew, 1972; Battarbee, 1973).

Las muestras recolectadas se guardaron en bolsas de plástico con los datos de campo (localidad, fecha de colecta y número de muestra).

En el Laboratorio de **Geología-Paleontología** de la **Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Iztacala**, las muestras fueron secadas y guardadas en frascos de vidrio igualmente etiquetados; posteriormente fueron procesadas de acuerdo al método de **Schrader (Schrader, 1973)**.

Después del procesado, se hicieron cinco preparaciones por cada muestra poniendo una gota de ésta sobre un cubreobjetos de **22 X 22 mm** y secando posteriormente sobre una parrilla eléctrica, con el fin de evaporar.

Una vez seca la muestra, se colocó una gota de Hyrax como medio de montaje y se colocó el cubreobjetos de forma invertida sobre un portaobjetos de **26 X 76 mm** previamente etiquetado con los datos de la localidad y el estrato correspondiente y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Se contaron e identificaron **200** organismos por preparación (mil por muestra) en un microscopio óptico **Rossbach** modelo **LSC-BL** a **100 X**.

La observación a detalle se realizó en microscopio electrónico de barrido **JEOL** modelo **JSM-5300** ubicado en el **Instituto de Física de la UNAM**, según las técnicas usuales de preparación y montaje (donde las muestras son tratadas con plata pura y puestas en un cilindro de aluminio) para poder ser observadas en dicho microscopio. (**Round, 1990**).

La identificación de los organismos se llevó a cabo con ayuda de las claves para diatomeas de Schmidt, A., 1874-1959; Muller, 1906; Tiffany, 1952; y los estudios realizados por Crawford, 1981; Haworth, 1988 y Round, 1990.

- **Abundancia Relativa.**- Para la presentación de datos se realizaron tablas de abundancia relativa de especies vs. muestra con relación a la posición estratigráfica y tomando en cuenta para ello a las especies con un porcentaje de 5 o mayor a éste.
- **Hábitat y pH.**- Los diagramas de espectro de hábitat y pH se realizaron según la nomenclatura de Abbott y Van Landingham, 1972, donde se tomaron en cuenta el total de especies identificadas.

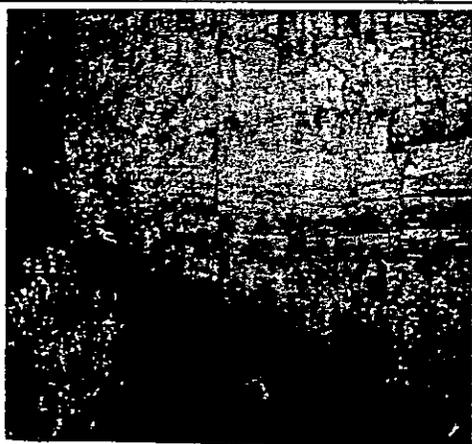
La información ecológica para las especies de diatomeas fue obtenida de Hustedt, 1930; Cleve-Euler *et al.* 1951; Cleve-Euler, 1953; Patrick y Reimer, 1966; Chohnoky, 1968; Lowe, 1974; Haworth, 1977; Gasse, 1980, 1986; Bradbury, 1986, 1989; Krammer *et al.*, 1986 y Metcalfe, 1988.

RESULTADOS

Como se ha referido anteriormente, la zona de estudio se dividió en tres secciones de acuerdo a la topografía. (Fig. A)

La Zona III (más antigua), está constituida por una pared de 1.90 m. de espesor total. Al ser observadas las muestras en el laboratorio, no se encontró diatomita, únicamente restos aislados y mal preservados de algunas diatomeas.

El material del cual está constituida esta zona de más antiguo a más reciente es: arcilla alternada con cenizas volcánicas, toba, pómez y nuevamente arcilla.



Fotografía de la Zona III

La Zona II está situada al nivel de la carretera, con un espesor total de 4.31 m y se encuentra formada casi en su totalidad por diatomita; en esta zona se observaron variaciones de color en las diferentes capas de estratos, además de

una pequeña interrupción en el registro fósil evidenciado por una capa de arcilla.

La **Zona I**, se encuentra localizada por encima de la carretera, presentando un espesor total de 4.48 m. En ella se encontraron capas de diatomita alternadas con capas constituidas por materiales como arcilla, toba y pómez, finalizando con una capa de material volcánico y sobre ésta, una capa de suelo de 48 cm de espesor.

1.- Clasificación taxonómica (Simonsen 1979) .

El estudio florístico de las diatomeas reveló 60 especies correspondientes a 23 géneros, para las zonas analizadas. Además de las diatomeas se encontraron espículas de esponja y quistes de Crisofitas. Los taxa de referencia se enlistan a continuación:

División Crysophyta

Subdivisión Crysophycophyta

Clase Bacillariophyceae

Orden Centrales

Suborden *Coscinodiscineae*

Familia *Thalassiosiraceae*

Género *Aulacoseira* Thwaites 1848

- *Aulacoseira agassizii forma B* (Ostenfeld) Sim.
- *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim.
- *Aulacoseira distans* (Ehr.) Sim.
- *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim.
- *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim.
- *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Sim.
- *Aulacoseira muzzanensis* (Meister) Krammer
- *Aulacoseira cf. lirata* (Ehr.) Ross in Hartley 1986
- *Aulacoseira* sp. 1
- *Aulacoseira cf. tethera*. Haworth
- *Aulacoseira* sp. 2

Género *Cyclotella* Kützing 1844

- *Cyclotella comta* Grunow
- *Cyclotella meneghiniana* Kützing
- *Cyclotella stelligera* Cleve-Grun.

Orden Pennales

Suborden Araphidineae

Familia *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género *Fragilaria* Lyngbye 1819

Subgénero *Staurosira*

- *Fragilaria brevistriata* var. *brevistriata* Grunow in Van Heurck
- *Fragilaria construens* f. *construens* (Ehrenberg) Hustedt

Género *Synedra* Ehrenberg 1830

- *Synedra goulardi* Bréb.
- *Synedra ulna* (Nitz.) Ehr.
- *Synedra undulata* Ehr.

Suborden Raphidineae

Familia Achnanthaceae Kützing 1844

Género *Achnanthes* Bory 1822

Subgénero *Achnanthidium*

- *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow in Cleve et Grunow

Género *Cocconeis* Ehrenberg 1838

- *Cocconeis pediculus* Ehrenberg
- *Cocconeis placentula* var. *placentula* Ehrenberg

Familia Eunotiaceae Kützing 1844

Género *Eunotia* Ehrenberg 1837

- *Eunotia monodon* Ehrenberg
- *Eunotia eruca* Ehrenberg

Familia Naviculaceae Kützing 1844

Género *Amphora* Ehrenberg in Kützing 1844

- *Amphora ovalis* Kützing

Género *Anomoeoneis* Pfitzer 1871

- *Anomoeoneis sphaerophora* Pfitzer

Género *Caloneis* Cleve 1894

- *Caloneis trinodis* (Sm.) Boyer

Género *Cymbella* Agardh 1830

- *Cymbella cistula* (Hemp.) Grun.
- *Cymbella lanceolata* (Ehr.) Kirch.
- *Cymbella mexicana* (Ehr.) Cleve
- *Cymbella turgida* (Greg.) Cleve
- *Cymbella ventricosa* Kützing

Género *Gomphonema* Ehrenberg 1832

- *Gomphonema intricatum* Kützing
- *Gomphonema olivaceum* Kützing
- *Gomphonema parvulum* Kützing

Género *Navicula* Bory 1824

- *Navicula anglica* (Grun) Cleve
- *Navicula bacillum* Ehrenberg
- *Navicula radiosa* Kützing
- *Navicula cuspidata* Kützing
- *Navicula pupula* Kützing

Género *Neidium* Pfitzer 1871

- *Neidium iridis* (Ehrenberg) Cleve

Género *Pinnularia* Ehrenberg 1840

- *Pinnularia maior* (Kützing) Rabh.
- *Pinnularia nobilis* Ehrenberg
- *Pinnularia viridis* (Nitz.) Ehrenberg

Género *Stauroneis* (Nitz.) Ehrenberg 1843

- *Stauroneis phoenicentrum* (Nitz.) Ehrenberg

Familia *Epithemiaceae* Kützing 1844

Género *Epithemia* Brébisson 1838

- *Epithemia sores* Kützing
- *Epithemia zebra* (Ehr.) Kützing

Género *Rhopalodia* O. Müller 1895

- *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Müller
- *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Müller

Familia Bacillariaceae Ehrenberg 1840

Género *Hantzschia* Grunow 1877

- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow

Género *Nitzschia* Hassall 1845

- *Nitzschia amphibia* Grunow
- *Nitzschia brebissoni* Grunow
- *Nitzschia linearis* Wm. Sm.
- *Nitzschia punctata* (Wm. Sm.) Grunow

Familia Surirellaceae Kützing 1844

Género *Campylodiscus* Ehrenberg 1840

- *Campylodiscus clypeus* Ehrenberg
- *Campylodiscus intermedius* Ehrenberg

Género *Cymatopleura* Smith 1851

- *Cymatopleura elliptica* (Bréb. Kützing) Smith

Género *Surirella* Turpin 1928

- *Surirella biseriata* Bréb.
- *Surirella fasciculata* Kützing
- *Surirella splendida* Ehrenberg

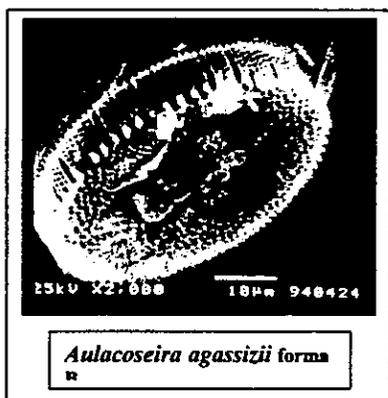
2.- Descripción de los taxa más abundantes.

Debido a que las diatomeas han sufrido muy pocos cambios evolutivos, resulta de interés el destacar la importancia que una descripción morfológica y ecológica puede arrojar al emprender el estudio de las mismas.

Asimismo y como se ha mencionado precedentemente, las condiciones medioambientales que en un momento dado surten para los diversos géneros y familias de diatomeas actuales, permiten hacer inferencias por cuanto a las condiciones que privaron en su momento para los antiguos microorganismos.

En el caso concreto, para una mejor evaluación de resultados y a efecto de poder sustentar las conclusiones correspondientes, a continuación se efectúa una breve descripción de los taxa más abundantes en la zona de estudio.

◆ *Aulacoseira agassizii* forma B. (Ostenfeld) Simonsen 1979



Descripción: Valvas cilíndricas con un diámetro de 36-100 micras y una altura de 8-11 micras. El disco valvar está cubierto de areolas (7-8 en 10 micras). El manto presenta hileras verticales de areolas (8-11 en 10 micras). Las hileras a veces son incompletas o pueden encontrarse ocluidas. Dos hileras pueden juntarse en la parte terminal y quedar como una extensión que se interpreta como una espina reducida. Las espinas se pueden encontrar en pares y son puntiagudas.

Ecología: Especie euplanctónica de agua dulce a ligeramente alcalina, eutrófica. Meso a oligosaprobia. (Stoermer, 1976; Krammer y Lange-Bertalot, 1991; Fourtanier, 1993)

♦ *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979



Descripción: Valvas cilíndricas de 4-15 micras de diámetro y una altura de 3 a 13 micras; presenta aproximadamente 20 estrias longitudinales en 10 micras, el pseudosepto en esta especie es evidente y las células terminales presentan espinas iguales.

Ecología: Esta especie se reportó como periódica de aguas templadas, planctónica, con un pH indiferente a alcalinófilo, ligeramente mesosaprobia a oligosaprobia y eutrófica. (Foged, 1948; Haworth, 1988; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

◆ *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen 1979



Descripción: Valvas generalmente tan largas como anchas, carece de un pseudosepto profundo, presenta numerosas hileras de areolas formando líneas rectas de 21 a 28 hileras en 10 micras, con aproximadamente 25 areolas/ 10 micras por hilera, las espinas terminales son largas y puntiagudas y embonan perfectamente en la valva adyacente.

Ecología: Esta especie es considerada como una forma estenotérmica de aguas frías, el espectro muestra que es una especie ticoplanctónica, acidófila y oligotrófica bajo ciertas condiciones puede tolerar bajas concentraciones de sales. (Cholnoky, 1968; Haworth, 1988; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

♦ *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg 1843) Simonsen 1979



Descripción: Valvas más largas que anchas, con una longitud aproximada de 10 a 23 micras y un diámetro de 4 a 10 micras. Las características morfológicas pueden variar de una valva a otra observándose areolas grandes y toscas o pequeñas y finas con 10-15 hileras /10 micras con igual número de areolas. Las células terminales presentan grandes espinas a veces desiguales que se incrustan en la valva adyacente pareciendo romperla.

Ecología: Esta es una diatomea euplanctónica, alcalinófila y eutrófica. Se puede encontrar en aguas estancadas bajo condiciones ligeramente mesosaprobias a oligosaprobias. (Hustedt, 1930; Hutchinson, 1957; Cholnoky, 1968; Haworth, 1988; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

◆ *Aulacoseira italica* (Ehrenberg 1838) Simonsen 1979



Aulacoseira italica

Descripción: Valvas de 9 a 10 micras de diámetro y 8 a 11 micras de alto, las areolas del manto son rectangulares e irregulares en talla formando de 12-14 hileras curvadas en 10 micras. Presenta espinas espatuladas que unen fuertemente a las valvas adyacentes. Algunas veces presentan bandas cingulares gruesas que no permiten observar la ornamentación

Ecología: Especie planctónica, Alcalifila, oligohalobia (indiferente). Perifítica, de meso a oligosaprobia. Generalmente se encuentra en lagos y pozas. (Hustedt, 1930; Kolbe, 1927; Schoeman, 1973; Haworth, 1988; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

◆ *Aulacoseira lirata* (Ehrenberg) Kützing 1844



Descripción: Valvas en pares “gemelos” un poco más anchas que largas, miden de 7 a 16 micras de diámetro y 7 a 10 micras de largo. Las areolas en el manto aparecen toscas y ampliamente espaciadas observándose 5 a 6 areolas en 10 micras formando líneas un poco oblicuas, las espinas marginales son cruciformes y presentan un pseudosepto profundo.

Ecología: Especie planctónica, de agua dulce, alcalinófila. Eutrófica. (Cholnoky, 1968; Haworth, 1988; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

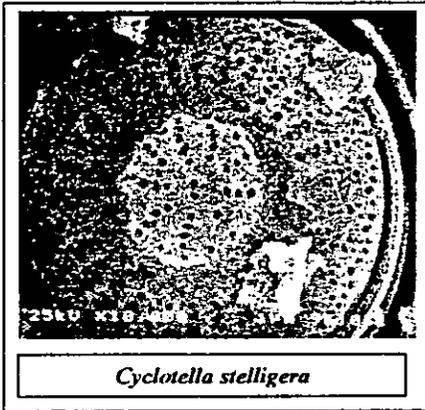
◆ *Aulacoseira cf. tethera* Haworth 1988



Descripción: Valvas cilíndricas, casi tan anchas como altas, con un diámetro de 5 a 7.5 micras y una altura de 4 a 5 micras. Las líneas en el manto son verticales, con 2 a 5 areolas por estría, formando de 11 a 16 estrias en diez micras. Las areolas varían en tamaño, las más grandes se encuentran cerca de las espinas, y se puede observar una zona no areolada en la parte donde se unen las valvas adyacentes. Las espinas son cortas y puntiagudas, la cara valvar es plana y toscamente areolada.

Ecología: Especie planctónica, de agua dulce, alcalinófila. (Haworth, 1988)

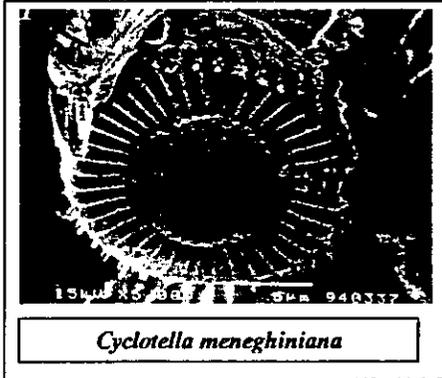
♦ *Cyclotella stelligera* Cleve-Grunow



Descripción: Valvas circulares de 5 a 15 micras de diámetro. Están divididas en dos partes: una región marginal con 15 estriás radiales en 10 micras y un domo en la región central con pequeñas estriás radiales de diferente longitud.

Ecología: Organismos planctónicos salobres y oligotróficos. Prefieren un pH cercano a 8. (Hustedt, 1930; Smith, 1966; Chohnoky, 1968; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

◆ *Cyclotella meneghiniana* Kützing 1844

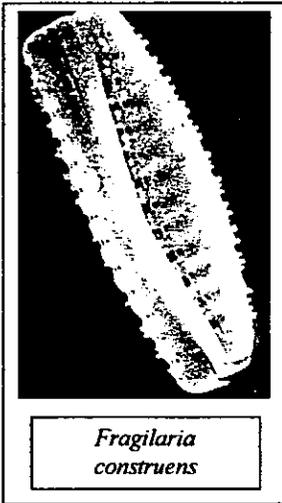


Cyclotella meneghiniana

Descripción: Valvas cilíndricas con estrias marginales delicadamente punteadas hacia el centro. La parte central de la valva es ondulada. Su diámetro va a 5 hasta 43 micras y puede presentar diferente tipo de ornamentación. La zona central es por lo regular es ligeramente punteada, mientras que la zona marginal se encuentra bien definida con seis a diez estrias en 10 micras, observándose espinas en la parte marginal.

Ecología: Organismos euplanctónicos que prefieren aguas salobres, aunque pueden ser encontradas en aguas dulces. Son consideradas halófilas, con un pH de 6.4 a 9. Alfamesosaprobias e indiferentes. (Hustedt, 1930; Cholnoky, 1968; Krammer y Lange-Bertalot, 1991)

◆ *Fragilaria construens f. construens* (Ehrenberg) Hustedt 1957



Descripción: Valvas bipolares, cruciformes, debido a un abultamiento en ambos márgenes en la parte central de la valva; extremos adelgazados y redondeados. De 5 a 14 micras de largo y 3 a 9 micras de ancho presentando de 12 a 17 estrías en 10 micras. Estrías finas, las de un margen alternadas con las del otro lado, se presentan de forma radial y únicamente las de la parte central de la valva son paralelas. El área axial es amplia y linear, con una área central presente debido al ensanchamiento central de la valva.

Ecología: Cosmopolita, se encuentra en lagos, estanques, manantiales y arroyos. Perifítica y ticolanctónica. Euritermal, con distribución estacional en otoño. Indicadora de agua oxigenada e indiferente a la presencia de calcio. Se presenta en aguas levemente alcalinas, es alcalífila, con un intervalo de pH 6-9 y un óptimo de 7.7-7.8. Oligohalobia indiferente; eutrófica; oligo-a alfa-beta mesosaprobia, llegando - en ocasiones- a considerarse xenosaprobia. (Patrick y Reimer 1966; Lowe 1974; Sládeček *et al.* 1981; Krammer y Lange Bertalot 1991).

◆ *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing 1849



Descripción: Valvas heteropolares en forma de sarcófago, con el extremo apical ancho y fuertemente redondeado, el extremo basal es muy afilado y redondeado al final. Sus medidas son de 25 a 37 micras de largo y 5 a 7 micras de ancho. Algunas veces con los extremos ligeramente rostrados. Presenta de 8 a 12 estrías en 10 micras paralelas a lo largo de toda la valva y ligeramente radiales en los extremos de la misma. Rafe filiforme, linear; extremos proximales ligeramente ensanchados y extremos distales indistinguibles. Área axial linear y angosta aproximadamente 1/5 del ancho de la valva; área central muy pequeña o inexistente, presentándose de forma lateral como un leve ensanchamiento del área axial debido al acortamiento de la estria central en un lado. El estigma se ve como una areola más grande

separada del resto de la estria y se encuentra al lado contrario de la estria acortada.

Ecología: Cosmopolita, con una gran adaptabilidad debida a su variabilidad. Se encuentran principalmente en aguas lóxicas, es perifítica. Mesotermal y estenotermal. Puede ser indicadora de contaminación. Heterótrofa facultativa al nitrógeno e indiferente a la presencia de calcio y hierro. Circumneutral, con un intervalo de pH 4.2-9 y un óptimo de 7.8-8.2. Oligohalobia indiferente; es raro encontrar esta especie en aguas xeno a oligosaprobias y es más común encontrarla en aguas mesosaprobias. (Patrick y Reimer 1966; Lowe, 1974; Sládecek *et al.* 1981; Krammer y Lange-Bertalot, 1986).

◆ *Navicula pupula* var. *pupula* Kützing 1844



Descripción: Valvas isopolares, lineares, con márgenes paralelos, ligeramente convexos; extremos ampliamente redondeados y, en algunos casos, un poco rostrados con una longitud de 21 a 37 micras y 6 a 9 micras de ancho, presentando de 16 a 20 estriás en 10 micras. Las estriás adyacentes al centro son ligeramente curvadas, lo cual da la impresión de verlas como radiales, manteniéndose de esta manera a lo largo de toda la valva. Rafe filiforme, linear; extremos proximales bulbosos y muy ligeramente curvados hacia el mismo lado y extremos distales curvados en forma de gancho. Área axial ligeramente lanceolada casi linear, área central transversal y angulada debido al acortamiento de las estriás centrales, que son pequeñas y grandes alternadas, y menores que las adyacentes.

Ecología: Cosmopolita, aunque parece preferir aguas dulces, principalmente pequeños cuerpos de agua lénticos como estanques. También se ha reportado en lagos y ríos. Epipélica, aunque algunas veces se encuentra como perifítica. Común en aguas con alto contenido electrolítico. Circumneutral a alcalífila, con un intervalo de pH alrededor de 8. Oligohalobia, de halófila a indiferente; meso-eutrófica; mesosaprobia, es común en aguas muy contaminadas. (Kolbe, 1927; Chohnoky 1966; Patrick y Reimer, 1966; Lowe 1974; Sládecek *et al.*, 1981; Krammer y Lange-Bertalot, 1986).

RECIENTE

0 m

ZONA I

ZONA II

ZONA III

ANTIGUO

10.43 m

Suelo café oscuro (48 cm.)

Arenisca volcánica y cenizas (224 cm.)

Tierra diatomacea con arcilla (5 cm.)

Arcilla (4 cm.)

Fragmentos de pómex y obsidiana (24 cm.)

Cenizas con inclusiones de vidrio (6 cm.)

Tierras diatomaceas con impresiones de restos vegetales (47 cm.)

Tierras diatomaceas rojizas (90 cm.)

Tierra diatomacea con arcilla (14 cm.)

Tierra diatomacea clara (28 cm.)

Tierra diatomacea (28 cm.)

Tierra diatomacea con variación lateral (10 cm.)

Tierra diatomacea intemperizada (24 cm.)

Arcilla color verde-amarillento (4 cm.)

Tierra diatomacea (170 cm.)

Tierra diatomacea con restos vegetales (153 cm.)

Arcilla (22 cm.)

Pomex (12 cm.)

Toba (15 cm.)

Ceniza volcánica (47 cm.)

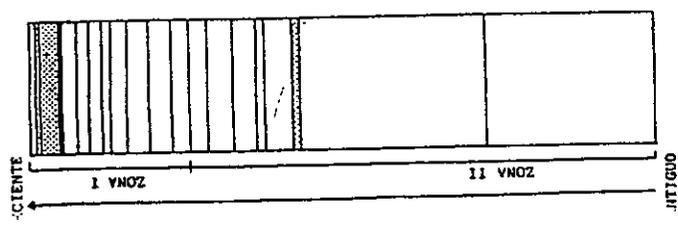
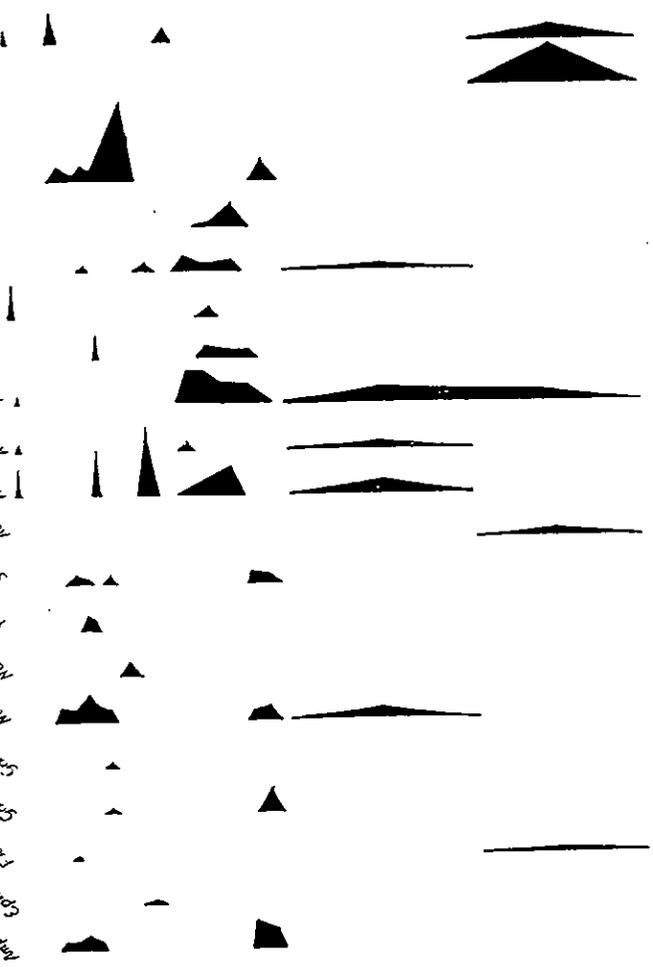
Arcilla (5 cm.)

Ceniza volcánica (9 cm.)

Arcilla (80 cm.)

Fig. A: DIAGRAMA DE LA ZONA DE ESTUDIO, donde se observa la sección completa con cada uno de los estratos muestreados a lo largo de los 10.43 metros.

Epithemia ovalis
Fraxillaria anax
Symphonema unistratum
Navicula papilion
Navicula papilla
Navicula radiata
Stauroneis mairei
Stauroneis phoenicenteron
Navicula agassizii
A. ambigua
A. diatom
A. granulata
A. islandica
A. islandica
A. nuzzenovii
A. cf. islandica
Cyclotella astilligen
C. meneghiniana



0 50 100 %

GRÁFICA No. 1 ASOCIACIONES DE DIATOMEAS DE EL ARENAL, JAL.

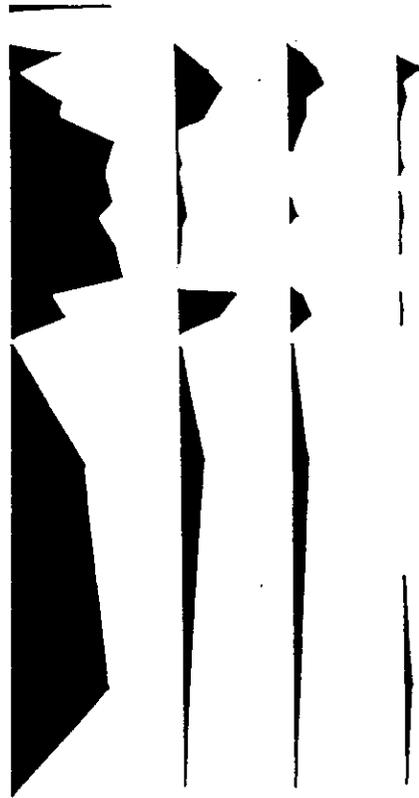
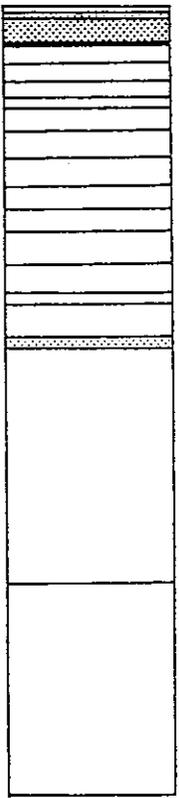
- TIERRAS DIATOMACEAS
- ▣ FRAGMENTOS DE POMEX Y OBSIDIANA
- ▤ ARCILLAS
- CEMIZAS CON INCLUSIONES DE VIDRIO VOLCANICO

RECIENTE

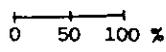
PLANCTONICAS DE AGUA DULCE
 BENTONICAS DE AGUA DULCE
 PLANCTONICAS SALOBRES
 BENTONICAS SALOBRES

ZONA I

ZONA II



ANTIGUO

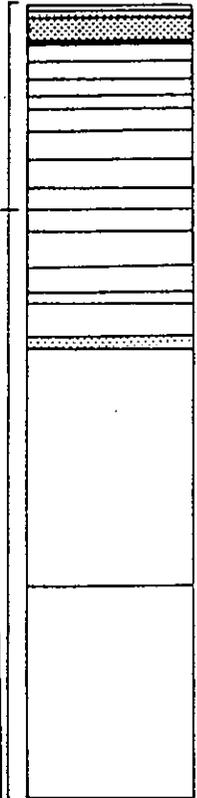


GRÁFICA No. 2 ESPECTRO DE HABITAT DE EL ARENAL, JAL.

- TIERRAS DIATOMACEAS
- ◐ FRAGMENTOS DE POMEX Y OBSIDIANA
- ◑ ARCILLAS
- CENIZAS CON INCLUSIONES DE VIDRIO VOLCANICO

ENTE

ZONA

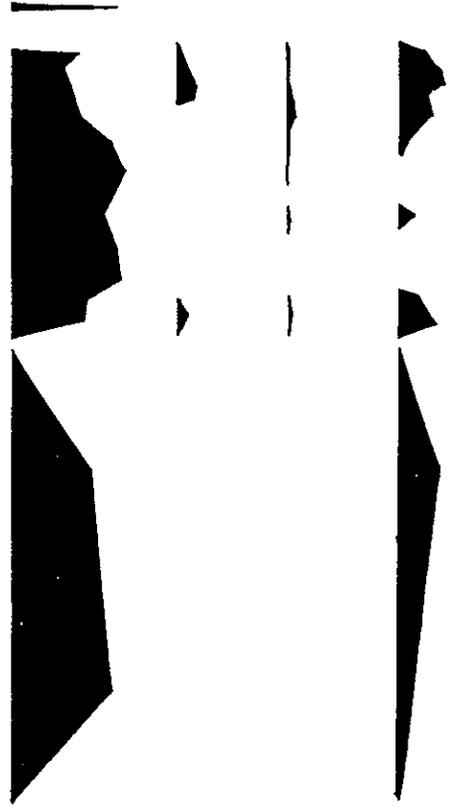


ALCALINOFILAS

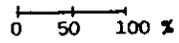
ACIDOFILAS

ALCALINOBIONTES

INDIFERENTES



GUO



GRÁFICA No. 3 ESPECTRO DE pH DE EL ARENAL, JAL.

- TIERRAS DIATOMACEAS
- FRAGMENTOS DE POMEX Y OBSIDIANA
- ARCILLAS
- CENIZAS CON INCLUSIONES DE VIDRIO VOLCANICO

Reciente



Fase de intensa actividad ígnea que posiblemente contribuyó a la desaparición del antiguo lago.



Fase planctónica de agua dulce.



Fase de actividad ígnea donde el registro fósil se vio interrumpido.



Fase bentónica de aguas someras ligeramente alcalinas.

ZONA I



Fase planctónica de agua dulce.



Fase bentónica de aguas muy someras y ligeramente salobres.



Fase planctónica con un nivel de profundidad mayor.



Fase planctónica ligeramente alcalina.

ZONA II



Fase de gran actividad ígnea.

ZONA III

Antiguo

Representación esquemática de los posibles cambios ocurridos en la antigua cuenca de El Arenal, Jalisco. La reconstrucción se basa en el análisis de las asociaciones de diatomeas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La parte más antigua del depósito (Zona III) fue muestreada debido a que los estratos mostraban características físicas parecidas a la diatomita como son la coloración y la textura.

Aunque en la revisión en el laboratorio no se encontraron diatomeas se observó que dicha zona está constituida en su mayoría por capas de ceniza volcánica alternadas con capas de arcillas, por lo cual puede pensarse que la ceniza volcánica se depositó en un cuerpo de agua pues como se sabe, cuando se alteran las cenizas y sufren el proceso de diagénesis llevan a la formación de productos especiales como la bentonita y la montmorillonita; arcillas que se forman por la desvitrificación y alteración química de dicho material. (Pettijohn, 1976).

Estas capas de ceniza indican también que hubo actividad volcánica que posiblemente alteró las condiciones del antiguo lago sin permitir el establecimiento de asociaciones de diatomeas o modificando las ya establecidas como se pudo observar en las siguientes zonas (Zona II y Zona I), ya que en ellas existieron interrupciones en el registro que quedaron evidenciadas en la Zona II por una capa de arcilla y en la Zona I por capas de ceniza, arcilla y toba con fragmentos de obsidiana. Esta misma actividad ígnea tal vez contribuyó a la desaparición de este antiguo cuerpo de agua ya que se

pudo observar que el último estrato de la zona muestreada estaba formado también por material de origen ígneo.

Analizando la composición y la abundancia de las poblaciones de diatomeas, (Gráfica 1) se pudo observar que en las dos zonas donde si se encontraron registros de diatomeas se determinaron seis tipos de comunidades que seguramente se desarrollaron en ambientes distintos.

En la parte identificada como Zona II se pudieron diferenciar cuatro fases:

Primera fase.

La primera de ellas es una asociación dominada por organismos del género *Cyclotella* (*C. meneghiniana* y *C. stelligera*) conviviendo con organismos del género *Aulacoseira* (*A. agassizii* y *A. granulata*). El género *Cyclotella* llega a tener una abundancia relativa de más del 60%, este género habita como variedades planctónicas en ambientes de agua dulce o de baja alcalinidad (Van Landingham, 1970; Bradbury, 1986, 1989). Los organismos del género *Aulacoseira* también son planctónicos de agua dulce y algunos de ellos soportan aguas con baja alcalinidad y ricas en nutrientes (Haworth, 1988).

Por lo tanto esta asociación de poblaciones indica que durante este periodo, el antiguo lago debió haber tenido la profundidad necesaria para permitir el establecimiento de organismos planctónicos de aguas dulces a levemente alcalinas.

Segunda fase.

En dicha fase, la comunidad estaba compuesta casi en su totalidad por organismos del género *Aulacoseira* (*A. ambigua*, *A. distans*, *A. granulata* y *A. muzzanensis*), las cuales como ya se mencionó anteriormente son organismos planctónicos de agua dulce y que prefieren aguas ricas en nutrimentos, con gran turbulencia formada por los vientos para mantenerlos en suspensión. (Lund 1966; Brugam, 1980), esto permite pensar que el cuerpo de agua alcanzó aquí un mayor nivel de profundidad que en la fase anterior debido a la presencia de especies planctónicas.

Tercera fase.

Posteriormente a la segunda fase se observó la primera interrupción en el registro, evidenciada por la presencia de una capa de arcilla en la cual no se encontraron diatomeas, para reaparecer en los siguientes estratos una fase bentónica de agua dulce a ligeramente salobre evidenciada por asociaciones de diatomeas de varios géneros como son *Amphora ovalis*, *Gomphonema intricatum*, *Navicula pupula* y *Stauroneis phoenicenteron* (Hutchinson, 1957; Bradbury, 1971) y *Aulacoseira spp.*

De lo anterior se infiere que el nivel de agua se mantuvo bajo y la alcalinidad del agua aumentó, esto tal vez influenciado por la variación estacional de lluvia-sequía.

En estos estratos también se detectó la presencia de abundantes quistes de Crisofitas (estructuras de resistencia de algunas algas), lo que indica que este nivel corresponde a un episodio de condiciones críticas para el desarrollo de vida en el lago, tal vez por haber disminuido muy marcadamente el nivel del agua. (Adam y Mahood, 1981; Caballero, 1991)

Cuarta fase.

Para finalizar, en esta zona se encontró una nueva fase planctónica donde las especies dominantes con más de un 95% de abundancia relativa fueron nuevamente las pertenecientes al género *Aulacoseira*. Aquí se pudieron determinar siete especies diferentes pertenecientes a este género una de las cuales no fue posible identificar debido en parte a que existen una gran cantidad de especies pertenecientes a este género con una morfología muy amplia y otras veces se puede presentar polimorfismo dentro de una misma especie (esto es ligeras variaciones en cuanto a la ornamentación y tamaño de las valvas), lo que hace compleja su determinación. (Osorio-Taffal, 1941; Haworth, 1988)

Con respecto a la Zona I se observaron dos fases:

Primera fase.

Se caracterizó por asociaciones de *Navicula pupula*, *N. Radiosa*, *Pinnularia maior* y *Stauroneis phoenicenteron*; especies bentónicas salobres (Bradbury 1971, 1986; Gasse, 1980), sin embargo se pudieron establecer algunas

especies bentónicas de agua dulce como son *Fragilaria construens* y *Gomphonema intricatum*, éstas con una abundancia relativa menor a la presentada por las especies bentónicas salobres. Por lo que se puede pensar que posiblemente toleran ambientes de baja alcalinidad (Bradbury, op. cit.) por lo que se infiere que esta fue una fase de aguas someras ligeramente alcalinas.

Segunda fase.

En esta se pudo observar la segunda interrupción en el registro fósil, posiblemente por actividad volcánica de erupciones violentas, ya que el material depositado así lo indica pues existen tres estratos formados dos de ellos por material ígneo del tipo piroclástico como son cenizas con fragmentos de obsidiana y pómez y después de éstos un tercer estrato formado por arcilla, que puede ser el resultado de algún tipo de ceniza volcánica que se depositó en el agua y que al descomponerse formó estas arcillas, aportando al mismo tiempo sodio y potasio que eutrofizaron el cuerpo de agua y sílice proveniente también del material volcánico, este sílice permite el rápido desarrollo de estas algas que elaboran sus frústulas a partir de este elemento, permitiendo así el establecimiento de una última asociación de diatomeas planctónicas de agua dulce formada por *Aulacoseira italica*, *A. ambigua* y *A. distans* como especies más abundantes. (Pettijohn, op. cit., Bradbury 1971)

Posterior a esto, el cuerpo de agua desapareció, posiblemente debido a un período de intensa sequía, aunado al cambio climático global, caracterizado a lo largo de la Faja Volcánica Mexicana por climas fríos y secos durante el

Pleistoceno y cálidos durante el Holoceno. Asimismo, se indica la existencia de eventos volcánicos y una probable reducción en la precipitación pluvial. (Bradbury, 1982; Metcalfe *et al.* 1991)

Observando la gráfica del espectro de hábitat, (Gráfica 2) se puede inferir que en El Arenal, existió un cuerpo de agua relativamente pequeño, somero, de agua dulce, que desapareció debido a la actividad ígnea y al cambio estacional del régimen pluvial y donde las especies variaban de acuerdo al cambio de las condiciones físico-químicas del agua, alternándose fases planctónicas de agua dulce como especies dominantes y que aparecen a lo largo de toda la zona de estudio a excepción de las interrupciones ya mencionadas con asociaciones de especies planctónicas ligeramente salobres y asociaciones de especies bentónicas tanto salobres como de agua dulce ya que en algunas regiones con lluvias periódicas el nivel de los lagos fluctúa de estación a estación, algunas veces en respuesta a una sola tormenta. (Bradbury, 1971)

Según el espectro de pH, (Gráfica 3) se puede decir que este antiguo lago presentaba un pH ligeramente alcalino pudiéndose observar que los porcentajes más altos son de formas alcalinófilas, algunas veces conviviendo con porcentajes significativos de organismos con preferencias por pH indiferentes, siendo los porcentajes más bajos para los organismos acidófilos y los alcalinobiontes.

La aparición de las especies acidófilas y alcalinobiontes parece estar relacionada con la actividad ígnea que se registró en la zona la cual modificó indudablemente las condiciones físicoquímicas del antiguo cuerpo de agua.

Estas especies se mantuvieron en el perfil estudiado por un espacio relativamente amplio.

El aumento en el contenido de sales pudo haber sido ocasionado por diversos factores; por una parte los resultados indican que hubo momentos en que el nivel lacustre bajó y al disminuir la cantidad de agua en la cuenca el contenido de sales debió aumentar. Esta baja en el nivel lacustre pudo haber sido consecuencia de una disminución de la precipitación causada por una etapa de clima más seco o por un cambio en el drenaje de la cuenca, las cenizas pudieron ser una fuente de sales cuya acumulación favoreciera el cambio en las poblaciones de diatomeas que se registraron a lo largo de la zona estudiada. (Bradbury, 1971)

CONCLUSIONES

A pesar de las complicaciones que se presentan al hacer interpretaciones paleolimnológicas y paleoecológicas basadas en las diatomeas, el registro bioestratigráfico de estos organismos generalmente revela información importante que es esencial para un entendimiento adecuado de la historia de los cuerpos de agua antiguos; esto es por la gran sensibilidad que tienen las diatomeas a los cambios en las condiciones físicas y químicas del lugar donde se desarrollan, como se ha mencionado a lo largo del presente estudio.

En el caso concreto, el análisis del espectro físico químico de las muestras de diatomita de El Arenal, Jalisco indica que estas diatomeas se depositaron en un cuerpo de agua somero, ligeramente alcalino, de agua dulce y eutrófico, que permitió el establecimiento de asociaciones tanto bentónicas como planctónicas durante el Cuaternario.

Éste fue un cuerpo de agua dulce con bajas concentraciones de sales, donde las especies dominantes fueron aquellas que se clasifican en la categoría de indiferentes y que son indicadoras de aguas dulces.

El espectro de pH indica que el lago en el cual se depositaron dichas diatomeas era alcalino ya que la mayoría de las especies identificadas fueron clasificadas como alcalinófilas. Este medio alcalino es atribuido al drenaje

interno en los lagos modernos y pudo haber sido la causa de las condiciones alcalinas en El Arenal.

La presencia de abundantes especies planctónicas en algunos estratos, aunado a la escasez de especies bentónicas en los mismos, indica que el nivel del lago pudo haber aumentado a profundidades mayores de 15 m en ciertos periodos y disminuido en otros, hasta casi desaparecer, quedando evidenciados estos periodos de poca profundidad por la dominancia de especies bentónicas y la presencia de quistes de Crisofitas.

La actividad ígnea fue un factor importante en la interrupción y modificación del registro de diatomeas fósiles en este antiguo lago, quedando esto evidenciado por las capas de ceniza y vidrio volcánico intercaladas en los estratos de diatomita.

Esta misma actividad ígnea, aunada a una disminución en la precipitación pluvial causada por una etapa de clima más seco y al cambio climático global presentado durante el Cuaternario, fueron la causa de la desaparición de este antiguo cuerpo de agua.

RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS POSTERIORES

Hasta cierto punto parece ser que las investigaciones paleolimnológicas y paleoecológicas han cobrado interés, sin embargo en México, este tipo de investigaciones casi no han sido explotadas y serían muy útiles para proporcionar información sobre la evolución de los impactos causados por el hombre sobre su medio ambiente; por lo que se sugieren estudios posteriores basados en la distribución moderna de las diatomeas, a fin de proporcionar analogías para las interpretaciones paleolimnológicas, así como para evaluar el tiempo y la magnitud de eutroficación cultural de los lagos (aumento de nutrimentos en los cuerpos de agua derivados de la actividad humana).

De manera similar, se sugieren trabajos de cultivos de diatomeas ya que éstos son muy útiles proporcionando información en cuanto a las necesidades de las diatomeas desde un punto de vista ecológico y fisiológico para realizar interpretaciones paleoecológicas más precisas.

Así mismo, se sugieren estudios paleoclimatológicos que se derivan de las investigaciones paleolimnológicas de las diatomeas, ya que en el presente la paleoclimatología ha tenido un creciente interés para comprender los cambios climatológicos del pasado en relación a las posibles perturbaciones futuras del clima.

BIBLIOGRAFIA

AABY, B. Y G. DIGERFELDT. 1986. Sampling techniques for lakes and bogs. Pp 181-194 in B.E. Berglund:*Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohidrology*. John Wiley and Sons, Chichester:869.

ABBOTT, W.H. y S. L. VAN LANDINGHAM. 1972. Micropaleontology and Paleoecology of Miocene Non-marine Diatoms from the Harper District, Malheur Country, Oregon. *Nova Hedwigia* XXIII. 847-906.

ADAM, D.P. y A.D. MAHOOD. 1981. Chrysopyte cysts as potential environmental indicators. *Bull. Geol. Soc. Am.* 92:839-844.

AGER, D. 1993. *The new catastrophism: the importance of events in Geological History*. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 231.

ANDREWS, G.W. 1972. Some fallacies of quantitative diatom paleontology.p.285-294 in Simonsen y Reimer (Eds.): *First symposium on recent and fossil marine diatoms*. *Nova Hedwigia*. Heft 39.

BATTARBEE, R.W. 1973. A new method for the estimation of absolute microfossil numbers with reference especially to diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 18(4):647-653.

BRADBURY, J.P. 1971. Paleolimnology of Lake Texcoco, evidence from diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 16(2):180-200.

BRADBURY, J.P. 1975. Diatom stratigraphy and human settlement in Minnesota. *Spec. Pap. Geol. Soc. Am. U.S.A.* 171:1-74.

BRADBURY, J.P. 1977. Holocene and late Pleistocene Diatom stratigraphy in Lake Chalco, México. *Resúmenes del Tercer Encuentro de Botánica y Paleolimnología.* INAH-SEP. México.p.22.

BRADBURY, J.P. 1978. A Paleolimnological comparison of Burntside and Shagawa Lakes, Northeastern Minnesota. *Ecol. Res. Ser., EPA-600/3-78-004.* Environmental Protection Agency, U.S. Government, Washington, D.C. 50 pp.

BRADBURY, J.P. 1982. Paleoeological studies at Lake Patzcuaro on the west Central Mexico plateau and Chalco in the basin of Mexico. *Quat. Res.* 17:56-70.

BRADBURY, J.P. 1982. Holocene chronostratigraphy of México and Central América. p. 46-48. In J. Mangerund, H.J.B. Birks y K.D. Jaeger (Eds.): *Chronostratigraphic subdivision of the Holocene Striae*. Vol. 16. Uppsala.

BRADBURY, J.P. 1986. Paleolimnología del lago de Chalco, México: El medio ambiente litoral, en Tlapacoya: 35 000 años de historia del Lago de Chalco. in Lorenzo J.L. y L. Mirambell (Eds.) *Colección Científica INAH, Serie prehispánica*, México. 167-172.

BRADBURY, J. P. 1988. Fossil Diatoms and Neogene Paleolimnology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 62:299-316.

BRADBURY, J.P. 1989. Late Quaternary lacustrine paleoenvironments in the Cuenca de México. *Quaternary Science Reviews*, 8:75-100.

BRADBURY, J.P. 1991. The late Cenozoic Stratigraphy and Paleolimnology of Tule Lake. Siskiyou Co. California. *Journal of Paleolimnology* 6:205-225.

BRUGAM, R.B. 1980. Diatom Stratigraphy of Kirchner Marsh, Minnesota. *Quat. Res.* 13:133-146.

CABALLERO, M.M. 1991. Resultados preliminares del análisis de diatomeas en sedimentos del lago de Chalco, México. P.21-30 in S. Lozano *et al.*: *Paleomagnetismo, palinología, paleolimnología y magnetoestratigrafía en sedimentos lacustres de la cuenca de México*. Comunicaciones técnicas del Ito. De Geofísica, UNAM. Contribución IGF No. PN-1991-1.

CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1969. *Los recursos minerales de México (no metales)*. pp. 39-42.

CRAWFORD, R.M. 1981. The diatom genus *Aulacoseira* Thwaites: its structure and taxonomy. *Phycologia* 20:174-192.

CHOLNOKY, B.J. 1968. *Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern*. Cramer, Lehere. 699 pp.

CHRISTIANSEN, C.L. Y C.W. REIMER. 1968. Notes on the diatom *Cylindrotheca gracilis* (Bréb. Ex Kütz.) Grun.:Its' ecology and distribution. *Proc. Ia. Acad. Sci.* 75:36-41.

CLEVE-EULER, A. 1951. Die diatomeen von Schweden und Finnland. *Kognliga Svenska ventenskaps Akademiens Handlingar.* 2(1):162 p.

CLEVE-EULER, A. 1953. Die diatomeen von Schweden und Finnland. *Kognliga Svenska ventenskaps Akademiens Handlingar.* 4(5):254 p.

DEAN, W.E., J.P. BRADBURY, R. ANDERSON, Y C.W. BARNOWSKY. 1984. The variability of Holocene climate change: evidence from varved lake sediments. *Science.* 226:1191-1194.

DIAZ LOZANO, E. 1917. Diatomeas Fósiles Mexicanas. *Anales del Instituto de Geología de México*, Tomo I. Núm. 1:1-27.

EHRENBERG, C.G. 1846. On the remains of infusoria animacula in volcanic rocks. *Geol. Soc. London Quat. Jour.* p.73-91.

EHRENBERG, C.G. 1854. Mikrogeologie: das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbstständigen Lebens auf der Erde. *Leipzig*, XXVIII, 374, 88 pp. mit taffeln.

EHRENBERG, C.G. 1866. Mitteilung der einen phytolitharien-tuff als Gebirgsart im Toluca-Thale von Mexiko. *Monatsb. d.k. Preuss Akad. d. Wiss. z. Berlin* 30-31. 158-169 und 324-345. 1 Taffel.

EHRENBERG, C.G. 1869. Über mächtige Gebirgs-Schichten vorherrschend aus mikroskopischen Bacillarien unter und bei der Stadt Mexiko *Abh. K Akad. Wiss. Berlin*, 66 pp. 3 Taffel.

ESQUIVEL, J. y S. ZAMORA 1958. *Informe sobre minerales no metálicos*. C.R.N.N.R. México. p. 83-125.

FLORIN, M.B. 1970. Late-Glacial Diatoms of Kirchner Marsh, Southeastern Minnesota, p. 667-756 in J. Gerloff y B.J. Chohnoky (Eds.) *Diatomaceae II*. Verlag von J. Cramer. Stuttgart. 833 pp.

FLOWER, R.J. y R.W. BATTARBEE, 1984. Diatom Evidence for Recent Acidification for Two Scottish lochs. *Nature*, 305(5930):130-133.

FOGED, N. 1948. Diatoms in water courses. *Dansk. Bot. Arkiv*. 12: 40 p.

FOURTANIER, E., F. GASSE, O. BELLIER, G. BORHOMME Y I. ROBLES. 1993. Miocene non marine diatoms from the western cordillera basins of northern Perú. *Diatom Research*, 8(1):13-30.

GASSE, F. 1980. Les diatomées lacustres Plio-Pleistocenes de Gadeb (Ethiopie). Systematique, paléocologie, biostratigraphie. *Rev. Algol. Mém.* H.s., 3, 249 pp.

GASSE, F. y F. TEKAIA. 1982. Tentative definition, comparison and interpretation of fossil diatom assemblages from Eastern Africa. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 25(1-2):135-147.

GIBSON, C.E. y R.H. FOY. 1988. *The Significance of Growth Rate and Storage Products for the Ecology of Melosira italica ssp subarctica in Lough Neagh.* in: F.E. Round, *Algae and the Aquatic Environment*. Biopress, London. pp. 89-105.

HAWORTH, E. Y. 1977. *The Sediments of Lake George (Uganda). V. The Diatom assemblages in relation to the Ecological history.* *Arch. Hydrobiol.* 80(2):200-215.

HAWORTH, E. Y. 1988. *Distribution of Diatom Taxa of the Old Genus Melosira (now mainly Aulacoseira) in Cumbrian Waters.* In F.E. Round, *Algae and the Aquatic Environment*. Biopress. London. pp. 137-167.

HERNÁNDEZ VELASCO, J.A. 1955. *Minerales no metálicos.* C.R.N.N.R. México. Boletín 44.

HUSTEDT, F. 1930. *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Band VII. Die Kieselalgen. I Teil. Einleitung und Centricae.* Otto Koeltz Science Publishers (1977), Koenigstein. 920 pp.

HUSTEDT, F. 1937-1939. Systematische and Ökologische untersuchungen über die diatomeenflora von Java, Bali and Sumatra. *Arch. F. Hydrobiol.* 15:131-177, 16:187-295 and 16:395-506.

HUTCHINSON, G.E. 1957. *A treatise on limnology I.* John Wilwy and sons, Inc. New. York. 1015 p.

KJEMPERUD, A. 1981. Diatom changes in the sediments of basins possessing marine/lacustrine transitions in Frosta, Nord-Trondelag, Norway. *Boreas.* 10:27-38.

KOLBE, R.W. 1927. *Zür Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen.* Pflanzenforschung, (Jena).7:1-46.

KRAMMER, K. y H, LANGE- BERTALOT. 1986. *Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae.* G. Fischer Verlag. Stuttgart. 876 pp.

KRAMMER, K. y H. LANGE-BERTALOT. 1991. *Bacillariophyceae*. 3 Teil: *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 437 pp.

KOLKWITZ, R. Y M. MARSSON. 1908. Ökologie der pflanzlichen saprobien. *Ber. Deut. Bot. Ges.* Stuttgart. 26:505-519.

LIVINGSTONE, D.A. 1955. A lightweight piston sample for lake deposits. *Ecology*. 36(1):137-139.

LUND, J.W.G. 1966. The importance of turbulence in the periodicity of certain freshwater species of the genus *Melosira*. *Bot. Zh.* 51:176-187.

LOHMAN, K. E. 1960. The Ubiquitous Diatom: A Brief Survey of the Present Knowledge. *Amer. Jour. Sci.* 258:180-191.

LOHMAN, K. E. 1972. A Procedure for the Microscopical Study for Diatomaceous Sediments. *Nova Hedwigia Beiheft.* 39:267-283.

LOWE, R. L., 1974. *Environment requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA - 670/ 4-74-005, Cincinnati OH. 333 pp.

LOZANO GARCÍA, R. 1946. *El Tizar y su Distribución en México*. Estudios Geológico-Económicos. Serie de minerales no metálicos Anales del Instituto de Geología, UNAM. México. 1:1-8.

LOZANO-GARCIA, S., B. ORTEGA, M. CABALLERO Y J. URRUTIA. 1993. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco lake, Central México. *Quat. Research* 40:332-342.

MARGALEF, R. 1957. Los microfósiles del lago Miocénico de la Cerdeña como indicadores ecológicos. *Cursillos y Conferencias del Ito. "Lucas Mallada"*, fasc. 4:13-17.

MARTINEZ-MEKLER, G., E. UGALDE y G. VILACLARA., 1998. Scale Invariance in Paleoecology: from turbulence to fossils. *Memoria del 15º. Biennial AMQUA Meeting*: 129.

METCALFE, S.E. 1985. *Late Quaternary environments of central México: A diatom record*. D. Phil. Thesis, University of Oxford, 556 p.

METCALFE, S. E., F.A. STREET-PERROT y D.D. HARKNESS. 1991. Paleolimnology of the Upper Lerma basin, central Mexico: a record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11600 yr BP. *Journal of Paleolimnology* 5:197-218.

METCALFE, S.E. 1986. Diatoms in a core from Laguna Zacapu, Michoacán México. 9th *Diatom Symposium*. p.251-264.

METCALFE, S.E. y S. O'HARA. 1992. *Sensibilidad de Lagos Mexicanos a alteraciones en el medio ambiente: Ejemplos del Eje Neovolcánico*. Ingeniería Hidráulica en México. Mayo-Diciembre de 1992. Ponencia presentada en las semanas internacionales de Limnología, Guadalajara, México. pp: 107-120.

MIRANDA, J., A. OLIVER, G. VILA CLARA., R. RICO, V.M. MACIAS, J.L. RUVALCABA y M.A. ZENTENO. 1994. Analysis of Diatomite Sediments from a Paleolake in Central Mexico using PIXE, X-Ray

tomography and X-Ray diffraction. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. B 85:886-889.

MIRANDA, J., G. VILACLARA, R. RICO, J. CAÑETAS, M. LUGO, E. HERNANDEZ y M.A. ZENTENO. 1996. Caracterización de sedimentos diatomíferos por medio de PIXE, difracción de rayos x, tomografía de rayos X y microscopía electrónica de barrido. *IV Seminario Latinoamericano de Análisis por Técnicas de Rayos X*. Chile. 24-27-10-94.

MOOSER, F. 1972. The Mexican Volcanic Belt: structure and tectonics. *Geof. Int.* 12:55-70.

MOOSER, F. 1975. *Historia geológica de la cuenca de México*. In: Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. 1: 7-38.

MÜLLER, O. 1906. Pleomorphismus, Auxosporen und Dauesporen bei Melosira-Arten. *Jahrbuch für Wissenschaften Botanisch*. 43.

MUÑOZ, N. G. 1972. La Diatomita o tierra de diatomáceas. Análisis Geológico del Yacimiento de Laguna Brava, Venezuela. *Informe de la Dirección de Geología del M.M.H. Venezuela.* pp. 45-57.

PATRICK, R. y C.W. REIMER. 1966. *The Diatoms of The United States, Exclusive of Alaska and Hawaii*, Vol. 1. (Monogr., 13). Acad. Nat. Sci Phila., 688 pp.

PETTIJOHN, F.J. 1976. *Rocas sedimentarias.* EUDEBA. Buenos Aires. 731p.

REYES, C.M. 1979. *Geología de la Cuenca Oriental. Estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala.* Colección Científica Prehistoria. INAH, México: 62.

RICO, R. 1980. Estudio de la laminación fina de un depósito de diatomita en el Edo. De Tlaxcala. *II Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología.* IMP. 32.

RICO, R. 1983. Importancia de los depósitos de diatomeas fósiles de México. *V Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología*. ENCB. IPN.

RICO, R. y R. FERNÁNDEZ . 1983. Reporte preliminar de un depósito de diatomita de Amatitán Jalisco. *V Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología*. ENCB. IPN.

RICO, R., L. MARTINEZ, A. REYES y J. CASTILLO. 1991. La fauna fósil de la Barranca de Huexoyucan, Estado de Tlaxcala. *XI Coloquio de Investigación ENEP Iztacala UNAM*. Resumen 254.

RICO, R., L. MARTINEZ, R. FERNANDEZ, J. ARAGON Y J. CAÑETAS. 1993. Diatomeas fósiles del Pleistoceno de Zacoalco de Torres, Jalisco, México. *First international conference on Climatic Change in México*. UNAM. 53-55. Taxco Gro.

RICO, R. *Paleoecología de un Depósito Lacustre de Diatomita. Tlaxcala.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, México UNAM. (En proceso).

RICO, R., G. VILACLARA., R. CARRILLO y M.A. ZENTENO. 1993. Methodologic proposal for lacustrine sediment analysis applied to Tlaxcala diatomite. México. *Ver. Int. Ver. Limnol.* 25(2): 1072-1074.

RICO, R., L. MARTINEZ, M. R. FERNANDEZ y G. VILACLARA., 1995. Los Lagos Muertos de México. p: 195-209, in G. de la Lanza y J.L. García (Comp.) *Lagos y Presas de México.* Centro de Ecología y Desarrollo. México. 320 pp.

RICO, R., G. VILACLARA., J. MIRANDA y J. CAÑETAS. 1997. Origin of lamination in Tlaxcala Paleolake. México. *Ver. Int. Ver. Limnol.* 26(2): 838-841.

RICO, R., L. SANCHEZ, P. MENDOZA, A. REYES, R. FERNANDEZ, L. MARTINEZ Y J. CAÑETAS. 1998. Microfósiles de agua dulce (Diatomeas y estomatoquistes) en Dexthi, Hidalgo, México. *XIII Coloquio de Investigación. ENEP. Iztacala. UNAM.* Resumen 107.

ROSAS ELGUERA, J., J. URRUTIA FUCUGAUCHI, y R. MACIEL. 1989. Geología del extremo oriental del Graven de Chapala. Breve

discusión sobre su edad: Zonas Geotérmicas de Ixtlán de los Herbores-
Los Negritos. México. *Geotermia. Rev. Mex. Geoenergía*. 5(1):3-18.

ROUND, F. E., R.M. CRAWFORD y D.G. MANN. 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press. London. 747 pp.

SCHMIDT, A. 1874 – 1959. *Atlas Der Diatomaceen-Kunde. Band I, II, III. IV.* Reimpresión (1972). Otto Koeltz, Leipzig.

SCHOEMAN, F.R. 1973. *A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho, with special reference to the water quality*. V. And R. Printers. Pretoria. 355 p.

SCHRADER, H.J. 1973. Proposal for a Standardized Method of Cleaning Diatom-Bearing Deep-Sea and Land-Exposed Marine Sediments. *Nova Hedwigia*. 403-409.

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. 1981. *Síntesis Geográfica de Jalisco*. México.

SLÁDECEK, V., M. ZELINKA, J. ROTHSCHHEIN Y V. MORAVCOVÁ. 1981. *Análisis biológico de las aguas superficiales. Comentario a la norma Estatal Checa 830532 -parte 6: Determinación del índice saprobio* (Traducción del título Checo). Vydavatelství, Praga. 186 pp.

STAGER, J.C. 1982. *The diatom record of Lake Victoria (East Africa): The last 17,000 years.* in D.G. Mann (Editor), Proceedings of the Seventh International Diatom Symposium, Philadelphia, August 22-27, 1982. Koeltz, Koenigstein. 455-476.

STOERMER, E.F. y T.B. LADEWSKI. 1976. Apparent optimal temperatures for the occurrence of some common phytoplankton species in southern Lake Michigan. *Great lakes Res. Div. Univ. Michigan, Ann. Arbor Publ.* 18:49 p.

TIFFANY, L.H. y M.E. BRITTON. 1952. *The Algae of Illinois, Bacillariophyceae.* University of Chicago Press. Chicago. 296 p.

URRUTIA, F.J. y S. LOZANO, 1991. Descripción del Proyecto de Investigaciones Paleomagnéticas, Palinológicas, Magnetoestratigráficas y Paleolimnológicas en sedimentos lacustres de la Cuenca de México. p. 19 in S. Lozano *et al*: *Paleomagnetismo, Palinología, Paleolimnología y Magnetoestratigrafía en sedimentos lacustres de la Cuenca de México*. Comunicaciones Técnicas del Instituto de Geofísica, UNAM. Contribución IGF No. PN-1991-1.

VAN DER WERFF, A. en Huls, 1957. *Diatomeenflora van Nederland*. Abcoude. Den. Haag.

VAN LANDINGHAM, S.L. 1970. Origin of an early non.marine diatomaceous deposit in Broadwater Country, Montana, U.S.A. pp.449-484 in: J. Gerloff und B. J. Chohnoky (Eds.) *Diatomaceae II*. Verlag von J. Cramer Stuttgart. 833 pp.

VENEGAS, S., J.J. HERRERA, y R. MACIEL. 1985. Algunas características de la Faja Volcánica Mexicana y de sus recursos geotérmicos. *Geofis. Int. Special Volume, in Mexican Volcanic Belt-Part 1* 24(1):47-82.

ESTA TESIS HA DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VILA CLARA, G., R. RICO, Y J. MIRANDA. 1977. Effects of perturbation on diatom assemblages in Tlaxcala Paleolake, México. *Ver. Internat. Verein. Limnol.* 26(2):846-851.

VILA CLARA, G., J. MIRANDA, G. MARTÍNEZ-MEKLER, E. CUNA, A. RODRÍGUEZ y M.A. ZENTENO. 1998. Computerized axial tomography: standarization of a quick technique for lamination characterization in diatomaceous sediments. *Memoria del 15th. Biennial AMQUA Meeting*: 175.

WERNER, D. (Editor) 1977. *The Biology of Diatoms*. Botanical Monographs. Vol. 13. Univ. California Press, Berkeley-Blackwell Sc. Publ. 498 pp.

WORDNARDT, W.W. 1969. Diatoms, Past, Present, Future. *Proceedings of the First International Conference on Planktonic microfossils*. 2:690-714.

WRIGHT, H. E. Jr. 1967. A square-rod piston sampler for lake sediments. *J. Sed. Petrol.* 37(3):975-976.