



94
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
I Z T A C A L A

**ESTUDIO PALEOLIMNOLÓGICO MEDIANTE UN
ANÁLISIS COMPARADO DE DIATOMEAS EN UNA
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LA SECCIÓN
INFERIOR DEL PALEOLAGO TLAXCALA.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

PRESENTA:

RODOLFO ROBLEDO TORRANO.

DIRECTOR DE TESIS

DRA. GLORIA VILA CLARA FATJÓ

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

258949



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

DEDICATORIA.

A mis Padres María Elba y Rodolfo: Con mi mas profundo cariño y admiración por que les debo el estar aquí, por su ejemplo de superación, por la libertad otorgada para permitirme ser quien soy y, principalmente por saber comprender y apoyar al imperfecto hombre que llevo dentro. Gracias por todo.

A mis Hermanos Paola, Desireé y José David: Por todos los momentos que hemos vivido juntos aprendiendo a vivir. Gracias por las alegrías compartidas.

A mis sobrinos Alan (q.e.p.d.) y Michelle: Por ser la sangre nueva que, con sus sonrisas, impulsan a seguir en la lucha.

A Yolotzin: Por ser mi compañera, mi amiga y sobre todo, por ser como eres.
Amiga, en estos años hemos compartido juntos
nuestros gozos y dolores,
Y juntos, querida compañera, recorreremos el camino
de nuestra vida, por amor.
Gracias por todo, mi amor.

A mi Abuelo José Francisco (q.e.p.d). Por que a pesar de haber convivido con el menos tiempo del que hubiera deseado siempre ha representado para mi un ejemplo de superación.

A mis amigos Alejandro, Luis, Diana y Maizta: Por todos los momentos, buenos o malos, vividos durante y después de la carrera. Espero que la amistad perdure por siempre.

A la familia Contreras Rodríguez: Por su confianza y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS.

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó: Quien no solo fue una excelente directora de Tesis, sino que ha sido un gran apoyo para mi desarrollo académico y profesional.

A los sinodales Biól. Guadalupe Oliva Martínez, Biól. Martha Gaytan Herrera, Biól. Francisco López Galindo y Biól. Arnulfo Reyes Mata: Por que sus comentarios constituyeron un gran aportación para mejorar el contenido y presentación final de este trabajo.

A los Investigadores y Compañeros del Laboratorio de Ecología Acuática del Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente de la UIICSE, ENEP Iztacala: Por su ayuda y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

A DGAPA: Por el apoyo financiero al proyecto "Efecto de Perturbaciones y Catástrofes en Sistema Naturales: El caso del Vulcanismo y el Clima en los Sedimentos Lacustres Diatomíferos de la Faja Volcánica Mexicana" (clave IN203094), al cual tuve la oportunidad de pertenecer.

Al Ing. Sergio Vázquez Cruz del Instituto Mexicano del Petróleo: Por permitirme, a lo largo de dos años, colaborar con el y por las facilidades y apoyo otorgados para la finalización de este trabajo.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala y a sus profesores: A los que les debo mi formación académica.

Y a todos aquellos que de alguna manera tuvieron algo que ver con mi formación académica, cultural y desarrollo personal.

A TODOS
GRACIAS.

ME DIJO LA SAVIA JOVEN DE CAMPOS DE SUEÑOS
SI BUSCAS CAMINOS, MATA A LAS PALABRAS
Y AMA TANTO A TU ALEGRÍA COMO A TU TRISTEZA.
CAMINA SIN MIEDO, PORQUE ENTRE LA HIERBA
SIEMPRE UNA HUMILDE FLOR NACE
REHACIENDO LA HISTORIA, MÍSTICA PRIMAVERA.
Y, SABES MI AMOR, PENSE EN TI
Y CAMINE FIRME Y SEGURO SOBRE LA TIERRA.

A YOLI

CONTENIDO

MAPAS, FIGURAS Y TABLAS.....	II
RESUMEN.....	III
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
MATERIAL Y MÉTODO.....	10
RESULTADOS.....	13
DISCUSIÓN.....	19
CONCLUSIONES.....	23
APÉNDICE.....	25
GLOSARIO.....	46
LITERATURA CITADA.....	51

MAPAS

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO EN EL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO.

MAPA 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA MUESTREADA

FIGURAS

FIGURA 1. PORCENTAJE DE APARICIÓN POR MUESTRA DE LAS ESPECIES MAS ABUNDANTES DE LA SECCIÓN ESTUDIADA.

FIGURA 2. RELACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE DIATOMEAS CENTRALES, ARRAFÍDEAS Y BENTÓNICO-EPÍFITAS.

FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA DE APARICIÓN Y LA ABUNDANCIA RELATIVA DE CADA ESPECIE.

FIGURA 4. DIAGRAMA DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE DIATOMEAS > 2%.

TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMINACIONES ESTUDIADAS DE LA MINA "EL LUCERO", PALEOLAGO TLAXCALA.

TABLA 2. VALORES DE FRECUENCIA DE APARICIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE CADA ESPECIE.

TABLA 3. LISTA DE ESPECIES QUE APARECIERON EN CONDICIONES PARTICULARES.

RESUMEN

En los estudios paleoecológicos, las diatomeas fósiles han desempeñado un papel muy importante, debido a su fácil fosilización y su amplia diversidad y distribución.

Las laminaciones son frecuentes en los sedimentos lacustres continentales, su causa principal son las variaciones estacionales de las condiciones ambientales, particularmente el clima. Los sedimentos de la mina "El Lucero", representados por estratos blancos, ocreos y oscuros, pueden ser definidos como un conjunto de pre-perturbaciones/perturbaciones/post-perturbaciones, las cuales nos pueden proporcionar información acerca de cómo el camino de la biota predominante de diatomeas fue afectada y como responde a una perturbación.

El presente estudio tiene como objetivos utilizar las poblaciones de diatomeas encontradas en las diferentes laminaciones, para analizar las variaciones registradas en tripletes de láminas consistentes en el "antes, durante y después" de perturbaciones de diferente magnitud, y dar una interpretación en términos paleoecológicos.

El estudio se realizó en un tramo de 137.3 cm de la sección más antigua de la mina "El Lucero" paleolago Tlaxcala, tomando muestras de diatomita a cada 10 cm y de perturbaciones reconocibles a simple vista (color oscuro y/o espesor superior a 1 mm) para posteriormente tomar muestras ordenadas de antes, durante y después de la perturbación, para su análisis comparativo.

En el intervalo examinado que comprende aproximadamente de 1,500-2,000 años (0.5 a 1 mm/año, Vilaclara *et. al.* 1996), se encontraron un total de 101 taxa de diatomeas entre géneros, especies y variedades. Presentándose una marcada dominancia de las especies planctónicas *Stephanodiscus minutulus + parvus* con respecto a las demás; y la aparición de las arrafideas -*Fragilaria brevistriata*, y *F. capucina/vaucheriae*- y, epífita-bentónicas -*Cymbella cistula*, *Nitzschia amphibia var. fraunfeldii* y *N. amphibioides*- entre las especies constantes, pero con clara tendencia a la dominancia. A grandes rasgos esto señala un cambio de condiciones lacustres.

Durante este periodo de tiempo, el paleolago Tlaxcala era de agua dulce, alcalino y mesotrófico cercano a la eutrofización, Presentando fluctuaciones de profundidad. Fue afectado ocasionalmente por fenómenos volcánicos que interrumpieron la colonización normal de las diatomeas, eliminándolas casi en su totalidad y fomentando la aparición posterior de otras especies; y por periodos de intensas lluvias que arrastraron otro tipo de materiales, lo cual contribuyó, así mismo, al aumento de la diversidad de especies.

INTRODUCCIÓN.

Las diatomeas son algas microscópicas café doradas (clase Bacillariophyceae), cuyas dimensiones están comprendidas entre las 2 y 700 μm , y se distinguen porque su contenido celular se encuentra aislado entre dos valvas o conchas de sílice, lo que le confiere una alta resistencia a la destrucción y, por lo tanto, facilidad de fosilización. La gran variedad estructural y diferenciación morfológica que presentan sus frústulos es lo que permite clasificarlas taxonómicamente (Barber & Haworth, 1981). Generalmente son organismos autótrofos, aunque existen algunas especies heterótrofas. La clase comprende alrededor de 175 géneros contemporáneos y fósiles, con unas 12000 a 16000 especies, de las cuales, el 70% corresponde a géneros exclusivamente marinos, el 13% pueden ser de aguas dulces o marinas, y únicamente el 17% habita las aguas dulces (Barron, 1993). Se clasifican generalmente en dos grupos: uno con simetría radial (diatomeas centrales) y otro con simetría axial (diatomeas pennales). El último grupo puede o no tener una estructura en forma de incisión (rafe), el cual le permite la movilidad sobre la superficie, y están subdivididas en diatomeas rafídeas y diatomeas arrafídeas, de acuerdo con la presencia o ausencia de rafe (Bold, 1978).

Las diatomeas son ecológicamente diversas y presentan una amplia distribución, muchas especies, variedades y formas de agua dulce ocupan hábitats diversos y distintivos (Hustedt, 1930-1966; Patrick and Reimer, 1966; Cholnoky, 1968).

Muchas centrales y algunas diatomeas arrafídeas son planctónicas, manteniéndose por turbulencia, en la región limnética de un lago, bajo condiciones específicas de nutrimentos, turbulencia e iluminación (Bradbury, 1988).

Las diatomeas con rafe necesitan adherirse a un sustrato, por lo que se encuentran frecuentemente en el fondo de cuerpos de agua someros o en el litoral de lagos profundos, ó pueden ocupar una variedad de hábitats bentónicos dentro de la zona fótica encontrándose unidas a objetos que se hallen en ella. Pueden vivir unidas a plantas (epifíticas), rocas (epilíticas), o al lodo de la superficie (epipélicas), o pueden tener movimiento propio (vida libre) mediante la estructura rafidiana. Algunas diatomeas resisten las corrientes mediante unos cojinetes mucilaginosos que los fijan al sustrato y pueden de ese modo habitar cuerpos de agua con flujo de corriente, siendo conocidas entonces como reófilos. Algunas prefieren cavidades apenas iluminadas; otras pueden ser comensales de diatomeas más grandes u otros organismos, y algunas sobreviven en hábitats abrasivos como granos de arena en donde rompen las olas en las playas (Bradbury, 1988). Las diatomeas aerófilas pueden concentrarse en zonas húmedas como suelos, corteza

de los árboles y musgo; particularmente, formas robustas pueden encontrarse en líquenes, o en substratos secos que reciben ocasionalmente lluvias (Bradbury, 1988).

Se pueden realizar interpretaciones ambientales específicas con diatomeas, incluyendo pH de los lagos (Flower and Battarbee, 1983; Battarbee, 1984), química (Gasse and Tekai, 1982; Sabater *et al.*, 1988), salinidad (Kjemperud, 1981), estado trófico (Bradbury, 1975; Brugam, 1980), cambio de características como erosión y entrada clástica (Haworth, 1976), turbidez (Haworth, 1977) y el grado de turbulencia y estratificación (Bradbury, 1975; Dean *et al.*, 1984).

Las diatomeas son organismos extraordinariamente abundantes. Las asociaciones planctónicas regularmente presentan de 1000 a 4000 células por mililitro, y las bentónicas se unen en asociaciones de diatomeas en un intervalo entre varios miles a varios millones de células por cada centímetro cuadrado (Bradbury, 1975). Cuando mueren, las valvas se incorporan a los sedimentos y constituyen uno de los más abundantes y comunes microfósiles de los depósitos lacustres. Sus frústulos de silicio son muy resistentes y generalmente se conservan después de que otras algas y microfósiles han desaparecido (Bradbury, 1988).

Una de las ventajas de los microfósiles estriba en su densidad numérica, que se presta a estudios biométricos y los hace adecuados para estratigrafía de pequeña escala, que culmina cuando es posible reconocer capas anuales por medio de la sucesión de organismos (Margalef, 1957; Hutchinson *et al.*, 1958)). En particular, las diatomeas se consideran microfósiles de valor comparable con el de los foraminíferos, tanto por su considerable significado como indicadores ecológicos, como por la facilidad con que pueden estudiarse largas series de ejemplares (Margalef, 1962).

Su aparición en el registro fósil de origen continental es reciente, apenas datan del Terciario (principalmente Eoceno-Mioceno, Abbot & Van Landingham, 1972; Lohman, 1961; Round *et al.*, 1991.), lo cual permite que la mayoría de los géneros y muchas de las especies fósiles se correspondan con las actuales (Andrews, 1966; Lohman, 1960.); por ello, se puede utilizar la inferencia para atribuirles características de indicadores ecológicos con base en el estudio de sus representantes actuales.

El primer conjunto de diatomeas continentales en Norte América parece ser de la edad Eocena, cuando las diatomeas presentaban ya una morfología moderna y muchos géneros actuales se encontraban presentes (Diaz, 1917). Posterior a esto, las diatomeas continentales tuvieron una gran expansión desde la mitad del Mioceno hasta el Pleistoceno, lo cual se atribuye inicialmente al incremento de la actividad volcánica-a mediados del Mioceno-, es decir, aportaciones de sílice que ayudaron en el desarrollo y crecimiento de las diatomeas (Taliaferro, 1933), lo que se suma al relativamente elevado nivel del mar que facilitó la inundación de los continentes y en consecuencia, la invasión hacia ambientes no marinos (Barron,

1993). Prácticamente no hay evidencia de géneros continentales extintos, lo cual - de ser cierto- indica que las diatomeas han tenido poca evolución en los continentes o lo han hecho sólo a nivel de especie; podría ser que muchas de las especies de estos organismos sean realmente morfo- eco- y fisioespecies (Round *et al.*, 1991.), cuya aparición y desaparición depende principalmente de las circunstancias ambientales y genéticas. Tal fenómeno se debe, quizás, a que si la evolución a nivel de familia y género ya se había concluido antes del Terciario, parece razonable que los ambientes continentales del Terciario hayan sido colonizados por grupos de diatomeas ecológicamente bien adaptadas (Bradbury, 1974).

En los estudios paleoecológicos, una parte muy importante -por la cantidad de información que puede aportar- es la paleolimnología, que tiene por objetivo el análisis de los sedimentos lacustres provenientes de lagos antiguos (Watts *et al.*, 1982). Los sedimentos son considerados derivados estáticos de sistemas dinámicos y presentes. La paleolimnología centra su interés en los cambios sedimentarios y procesos diagenéticos que pueden alterar dicho registro, con el objetivo final de descubrir las condiciones pasadas (Wetzel, 1981).

Las laminaciones son frecuentes en los sedimentos lacustres continentales. La presencia de laminaciones puede reflejar ya sea cambios regulares del propio ecosistema o variaciones en la intensidad de la erosión y transporte de los materiales de la cuenca. La causa principal de la laminaciones son las variaciones estacionales de las condiciones ambientales, particularmente el clima (Simola *et al.*, 1981; Metcalfe, 1995).

Por sus características, las diatomeas fósiles han desempeñado un papel importante en el desarrollo de la bioestratigrafía y paleoecología desde mediados del siglo pasado (Metcalfe, 1985). Son los organismos ideales como indicadores en estudios paleolimnológicos, pero no son independientes del ambiente de sedimentación responsable de su depositación y preservación (Lozano, *et al.* 1991). El tamaño pequeño de las diatomeas provoca que las comunidades distintivas dentro y alrededor de un lago se mezclen en grados variables (Bradbury, 1975). Aunque los hábitats más cerrados y productivos contribuyen al desarrollo de muchas diatomeas (Merilainen, 1971), las diatomeas pequeñas y finamente silicificadas están más sujetas a disoluciones químicas (Battarbee, 1978), especialmente en aguas alcalinas; por lo tanto, la resultante destrucción diferencial de las diatomeas puede comprometer las interpretaciones paleolimnológicas (Bradbury, 1988).

Además de los problemas sedimentológicos que afectan el registro de diatomeas fósiles, los paleolimnólogos que utilizan diatomeas para reconstruir la historia de un lago, pronto se encuentran con que la ecología de las diatomeas de agua dulce es regularmente poco conocida o ambigua. En primer lugar, porque muchas observaciones ecológicas están basadas en registros de distribuciones

incompletas, y no están fundamentadas por investigaciones biológicas de la especie en cuestión. En segundo lugar, porque no siempre es posible estar seguro de que los diferentes investigadores han usado el mismo criterio de especie en sus identificaciones de diatomeas (Bradbury, 1982b).

Un problema particularmente difícil para la documentación de rasgos fisiológicos en las relaciones naturales de diatomeas adaptadas a condiciones limnológicas distintas, es que pueden presentar pequeñas o ninguna diferencia morfológica (Stoermer *et al.*, 1989). Algunos puntos de este problema pueden ser mitigados por interpretaciones de conjuntos de especies de ecología consistente. Los datos ecológicos de diatomeas modernas pueden ser desarrollados en estudios de cultivos en diferentes condiciones, pero no es posible representar la interacción dinámica de todos los factores que componen un ecosistema lacustre. La información ecológica que se obtiene de un lago natural y se transfiere a otro sistema lacustre no siempre es fidedigna. Los lagos son microcosmos individuales con factores interactivos complejos, que los separan unos de otros en función de pequeñas pero significativas diferencias en morfometría, régimen del fondo del lago, exposición, drenaje del área basal y gradientes, así como otras características más. Debido a esto, la ecología de un *taxa* de diatomeas puede variar de lago a lago, y los cambios en proporciones relativas o absolutas a través del tiempo pueden diferenciar las interpretaciones paleoecológicas (Bradbury, 1982a).

A pesar de las complicaciones que pueden comprometer las interpretaciones paleoecológicas basadas en diatomeas, el registro bioestratigráfico de estos organismos en depósitos de lagos antiguos generalmente revela información importante para un conocimiento más completo de la historia de un lago antiguo. Las diatomeas son generalmente sensibles a cambios lacustres, aun de pequeña magnitud, y pueden proliferar y colonizar rápidamente para explotar ambientes limnológicos apropiados; debido a esto, tienen el potencial para producir gran variedad de interpretaciones limnológicas de alta resolución (Bradbury, 1971).

En nuestro país hay muy pocos trabajos referentes a este campo de investigación, por lo cual es importante aprovechar las facilidades que para su estudio ofrece el depósito diatomífero de "El Lucero", debido a que el afloramiento de dichos depósitos de sedimentos del paleolago son de gran extensión y fácil ubicación y acceso, además de presentar una marcada estratificación, que representan tanto procesos dinámicos del paleolago, como de perturbaciones debidas a fenómenos externos. Estos aspectos nos permiten realizar un estudio que genere información paleolimnológica de interés y relevancia, utilizando tanto cuestiones biológicas como aspectos aplicados en otras disciplinas (física, geografía, geología, limnología, matemáticas y química), para comprender, explicar y reconstruir eventos y procesos (González-González, 1991). Por otro lado, los estudios paleolimnológicos son un instrumento útil para evaluar los cambios

ambientales en ecosistemas existentes antes de la aparición del hombre y obtener datos sobre la importancia del impacto humano actual (Bradbury, 1988).

Por último, no debe olvidarse el hecho del potencial económico que representa este tipo de depósitos continentales de lechos del Terciario y del Cuaternario que pueden ser extraídos por compañías petroleras y mineras, en busca de recursos valiosos (Bradbury, 1977).

OBJETIVOS.

El primer objetivo de la paleolimnología es la documentación de los estudios evolutivos, u ontogenia, de un paleolago a través del tiempo. Los estudios paleolimnológicos de diatomeas son, con frecuencia, una herramienta de gran utilidad para llegar a la meta idealizada de la evolución del ecosistema lacustre, y se basan mayoritariamente en secciones expuestas de los depósitos lacustres (Bradbury, 1988). En este caso, consideramos la sección inferior del paleolago Tlaxcala, denominada "El Lucero".

A través de la realización de la presente investigación se intenta:

1. Caracterizar las poblaciones de diatomeas encontradas en las diferentes laminaciones utilizadas para el estudio.
2. Analizar las variaciones relativas registradas en tripletes de láminas consistentes en el "antes, durante y después" de perturbaciones de diferente magnitud (medida en relación con el grosor de la perturbación, la desaparición de organismos durante la misma, y la variación en el número y composición específica de la población después de la perturbación).
3. Interpretar los datos obtenidos por éste análisis en términos paleoecológicos

ÁREA DE ESTUDIO

El paleolago Tlaxcala es un yacimiento de diatomita que forma parte de los sedimentos lacustres de Tlaxcala (Rico *et al.*, 1993); se localiza en la región central del estado de Tlaxcala (19° 24' N, 98° 17' O), en la parte centro-oriental del país (mapa 1). Colinda al norte con los estados de México, Hidalgo y Puebla; al este y sur, con Puebla, y al oeste con Puebla y México, (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981). La fechación del depósito es actualmente incierta. Hilger & Von Erffa 1975 (*in* Von Erffa *et al.*, 1976) asignan una edad Pliocénica con base en la posición estratigráfica de los sedimentos. Sin embargo, en una fechación indirecta se estima una edad Plio-Pleistocénica para el lago, con base tanto en las asociaciones de diatomeas fósiles como en los restos de fauna fósil encontrados en la cercana barranca Huexoyucan (19° 21' N y 98° 17' O) (Rico *et al.*, 1991).

La zona, que está por arriba de los 2,300 m de altitud (mapa 2), se encuentra en la parte oriental de la Faja Volcánica Mexicana (F.V.M.), la cual está localizada entre los 17° 30' -20° 25' N y 96° 20' -105° 20' O, atravesando el país de costa a costa (Rico *et al.*, 1993).

La F.V.M. ha tenido una continua actividad mono y multigénica desde hace aproximadamente 5 millones de años (Morán, 1986.). Los numerosos depósitos de diatomita en la F.V.M. testifican un clima pasado más húmedo que el que actualmente presenta la zona (Metcalf *et al.*, 1991; Metcalf, 1992).

En la región predominan los afloramientos de rocas volcánicas como las andesitas, las riolitas, los basaltos, las tobas y las brechas volcánicas; así como diversas asociaciones de éstas. Además, hay sedimentos lacustres, fluviales y fluvio-glaciares (brechas sedimentarias) (mapa 2). Las rocas sedimentarias son las unidades estratigráficas más antiguas del estado: principalmente depósitos clásticos creados en un ambiente continental lacustre que, debido a su litología, son clasificadas como aglomeraciones alternantes de areniscas y limolitas, de areniscas y calizas, las cuales -por encontrarse cubiertas por derrames andesíticos y tobas intermedias del Mioceno- es concebible que pertenezcan al Terciario Inferior (Lozano, 1946).

El tipo de suelo predominante es Feozem háplico asociado con Fluvisol éutrico con textura media (S.P.P., 1981). La característica principal del Feozem háplico es la presencia de una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes; pero, debido a que en la zona se encuentra en laderas y pendientes, tiene rendimientos bajos y se erosiona con mucha facilidad. El fluvisol éutrico se caracteriza por estar formado siempre por materiales acarreados por agua; se trata de materiales disgregados que no presentan estructura en terrones, es decir, son suelos muy poco desarrollados que presentan muchas veces capas alternadas de arena, arcilla o gravas, producto de acarreo de dichos materiales por

inundaciones o crecidas no muy antiguas (S.P.P., 1979). Fisiográficamente, el suelo dominante es producto del vulcanismo, debido a que se encuentran cerca varias cimas volcánicas como el Iztaccíhuatl, Popocatepetl, Malinche, etc. (S.P.P., 1981).

La climatología de la región es diversa, ya que incluye zonas que presentan climas desde templado-lluvioso, cálido-húmedo, hasta árido. En la zona específica donde se realizó el estudio, el clima corresponde al C(w), templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual fluctúa entre 12° y 16°C, en donde la temperatura media mensual más alta se presenta durante los meses de abril y mayo con un promedio de entre los 18° y 19°C, y la más baja se registra en el mes de enero, con un promedio que oscila entre los 13° y 14°C. La precipitación media anual es de 806.7 mm, dentro de un intervalo de 600 a 1000 mm. Es una zona erosionada, por lo que la vegetación es escasa, presentándose únicamente agricultura de temporal y matorral. En los alrededores del área de estudio se presentan bosques de encino-pino y chaparral (S.P.P., 1981).

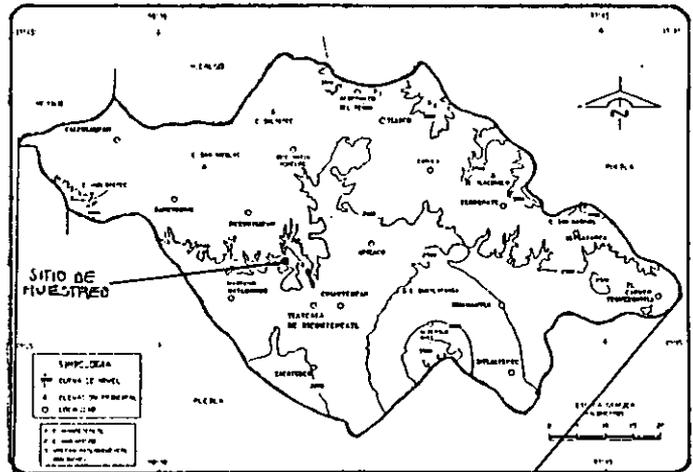
Las emisiones andesíticas acaecidas en la región -que se encuentra rodeada de una gran cantidad de edificios volcánicos, al parecer de finales del Terciario o del Cuaternario- alteraron grandemente el relieve, pues, por una parte, se interceptó el curso de los colectores principales y, por la otra, se obstruyeron parcialmente los valles. Las emisiones basálticas que marcan la última etapa del vulcanismo acabaron de cerrar los valles, formando una serie de barreras que impidieron los drenajes naturales preexistentes, ocasionando la formación de cuencas lacustres independientes. Al suceder esto, el agua de ríos y arroyos de la zona no encontró salida y se fue acumulando en cantidades considerables, dando lugar a la formación de un lago (Rico, en proceso). La profundidad del depósito (40 a 50 m Lozano, 1946; 25 m Ontiveros-Hernández, 1964) y sus características generales (continuidad de la diatomita) manifiestan que el lago fue permanente (Rico, en proceso) y probablemente mesotrófico durante el período principal de sedimentación de la diatomita (debido a la gran pureza de la misma, aproximadamente del 70-76%, Hernández-Velasco, 1955), la existencia de esta cuenca debe haberse prolongado durante un período de tiempo muy largo (Lozano, 1946), la actividad volcánica fue la probable causa de la desaparición del lago (Rico et al., 1993).

El paleolago Tlaxcala fue perturbado por erupciones volcánicas y probablemente por lluvias que acarreaban sedimentos al agua, cada evento ha sido registrado en los patrones de laminación alternantes claro-oscuro que muestra dicho depósito (Vilaclara et al., 1997).

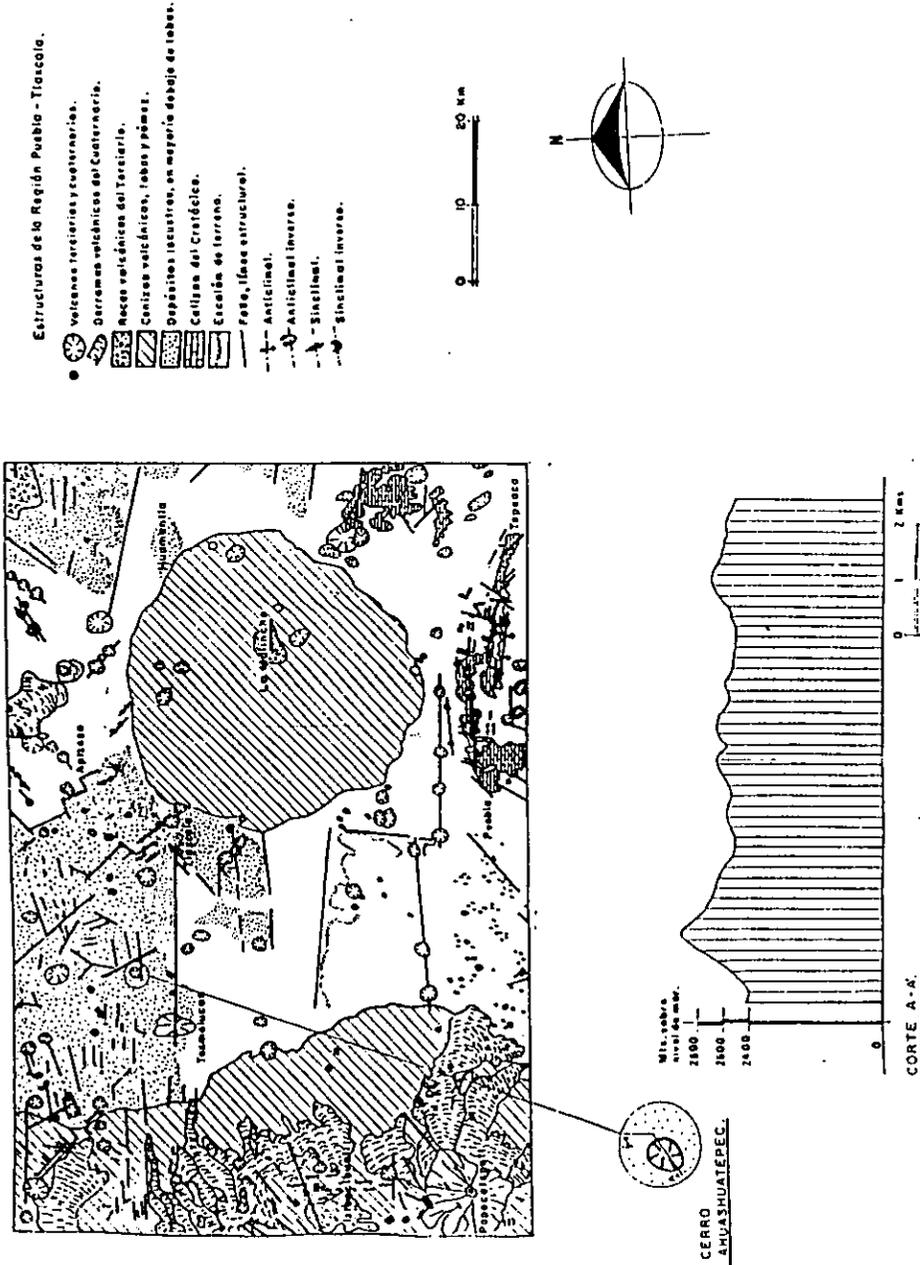
Se han determinado tres tipos de laminaciones (Miranda et al., 1994a) en los sedimentos más antiguos de la mina "El Lucero", (Miranda et al., 1994b) y en los sedimentos más recientes de la mina "Sta. Bárbara" (Rico et al., 1997). Fases completamente autóctonas, de estabilidad y crecimiento de poblaciones de diatomeas en unos sedimentos diatomíferos de alta pureza (capa clara); fases de

alto contenido de arcillas y menor contenido de diatomeas (capa café), aparentemente una mezcla de procesos autóctonos (producción *in situ*) y alóctonos (flujo de arrastre), y fases alóctonas de alto contenido cristalino de origen volcánico, exento o con muy reducido número de diatomeas. Es posible encontrar sedimentos que van desde una capa clara (diatomita pura) hasta una capa oscura (perturbación), con una transición de colores entre ambos extremos. Los sedimentos pueden ser definidos como un conjunto de pre-perturbación/perturbación/post-perturbación, el cual nos puede proporcionar información acerca de cómo la biota predominante de diatomeas fue afectada y cómo responde a perturbaciones (Vilaclara *et al.*, 1997).

Mapa 1. Localización de la zona de muestreo en el estado de Tlaxcala, México.



Mapa 2. Aspectos geológicos de la zona muestreada.



(Tomado de Vilaclara, G., 1997)

MATERIAL Y MÉTODO.

El estudio inició con la extracción de muestras de diatomita (correspondiente a 137.3 cm) en una parte de la sección inferior de la mina "El Lucero" en Tlaxcala. La parte seleccionada para el muestreo se trata de un tramo de mina que corresponde a un corte realizado durante las actividades de excavación y extracción que se llevaron a cabo en la misma.

El muestreo se realizó, primeramente, con el marcaje de un estrato de sedimento, a los 31.4 cm, que sirvió como base debido a características que nos permiten identificarlo a simple vista (lámina muy gruesa y muy oscura, lo que significa que se trata de una perturbación de magnitud). Éste fue el punto de referencia a partir del cual se colocaron marcas con alfileres cada 10 cm. de distancia, tanto hacia abajo como hacia arriba de la secuencia estratigráfica. Además dentro del fragmento muestreado, se marcaron laminaciones que representan perturbaciones considerables (color oscuro y/o espesor superior a 1 mm), y -por lo tanto- reconocibles a simple vista, para posteriormente tomar muestras ordenadas de antes, durante y después de la perturbación, para su análisis comparativo. En la tabla 1 se pueden observar las características de cada una de las laminaciones muestreadas.

La extracción se llevó a cabo *in situ* debido a que las secciones descubiertas de sedimento, como las minas de diatomita de Tlaxcala, resultan las más adecuadas para ser muestreadas, y puede hacerse extrayendo directamente el material (Aaby & Digerfeldt, 1986). En cada uno de los puntos marcados se raspó cuidadosamente la lámina de sedimento con un alfiler, evitando lo más posible contaminación con el material de las laminaciones adyacentes. Dicho raspado se hizo sobre una caja de petri en donde se depositaron los sedimentos de diatomita. Se sellaron posteriormente las cajas para evitar su contaminación y facilitar su manejo. Se marcaron con un número para indicar su posición de más antigua a más reciente.

En la tabla 1 se muestran las características de las laminaciones estudiadas del paleolago ordenadas de más antigua a más reciente, indicándose el color, posición y grosor de cada una de ellas, así como las que representan perturbaciones. Las separaciones que se observan entre los bloques estudiados corresponden a zonas que no fueron extraídas por el tipo de muestreo realizado.

El montaje del material de diatomita recolectado se realizó en el laboratorio de Conservación y Mejoramiento del Ambiente, en la Unidad de Investigación Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación de la ENEP-Iztacala, UNAM. Se pulverizó el material contenido en las cajas de petri -con cuidado para evitar contaminación entre muestras-, se añadieron duplicados de cada muestra sobre cubreobjetos y se le aplicó una gota de agua destilada. Se homogeneizó la

gota de agua sobre el cubreobjetos con la finalidad de desmoronar y repartir lo más equitativamente posible el material sobre su área -debido a que la gran concentración de diatomeas hace que se amontonen y sea imposible una adecuada observación y conteo de las mismas- y se colocó sobre una parrilla térmica (marca Lindberg modelo 53100, de 127 volts) con el objeto de evaporar el agua. Una vez seca la muestra sobre el cubreobjetos, para el montaje final y permanente, se le agregó una gota de Naphrax -medio de montaje en tolueno para diatomeas, de alta difracción- y se colocó, de manera invertida, sobre la superficie de un portaobjetos previamente etiquetado con datos de posición, textura, color, y fecha de muestreo y realización; se dejó secar por 10 días hasta que se endureció el medio de montaje.

Para el estudio florístico se utilizó un microscopio de contraste de fases Zeiss standard 100-1600x, así como un fotomicroscopio Zeiss modelo III 100-2000x, estimando la abundancia relativa y frecuencia de aparición de las especies de diatomeas (Andrews, 1972). Ambos microscopios se encuentran en el Laboratorio de Conservación y Mejoramiento del Ambiente, en la Unidad de Investigación Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación de la ENEP-Iztacala, UNAM.

Es común aplicar el conteo de un número determinado de frústulos -que varía entre 200 (Kanaka y Koizumi, 1966, *in* Andrews, 1972) y 1000 (Evans, citado por West, 1977)- para obtener los %-relativos de *taxa* encontrados. En el estudio se aplicó el conteo de frústulos en campos consecutivos, tomando como registro óptimo la cantidad de 400 frústulos por muestra, lo cual representa un valor significativo (Andrews, 1972) para la obtención de datos confiables de porcentajes relativos de los *taxa* observados. No siempre se pudieron observar a los frústulos completos por lo que en realidad se tomaron 800 valvas que corresponden a los 400 frústulo indicados en la técnica.

Debido a la heterogeneidad natural del material y a los posibles errores producidos durante la colecta y preparación del mismo, se utilizó la técnica semicuantitativa de abundancia relativa. Dicha técnica se basa en categorías relativas de conteo, las cuales fueron modificadas del método de Andrews (1972), generada mediante la observación directa de la cantidad de especies planctónicas y bentónico-epifíticas encontradas durante las observaciones con el objeto de disponer de parámetros fijos y representativos de las condiciones de cada laminación, y homogeneizar el conteo.

Las categorías utilizadas fueron las siguientes: abundante = por lo menos un ejemplar por campo óptico; común = por lo menos un ejemplar de cada 2 a 5 campos ópticos; frecuente = varios ejemplares observados en toda la preparación; rara = sólo 1 ó 2 ejemplares observados en toda la preparación. Los datos fueron tratados en función del % ("%" de la especie en cada muestra / abundancia relativa de la muestra") obtenida de la observación de la cantidad de especies planctónicas y bentónico-epifíticas.

Este tipo de estudio relativo consume menos tiempo que los estudios cuantitativos y nos evita la falsa sensación de exactitud de los conteos cuantitativos (Andrews, 1972).

Los datos fueron tratados de la siguiente manera:

Clasificación.	Abundancia	Valor en que se divide el % relativo calculado.
Abundante	++++	1
Común	+++	2
Frecuente	++	20
Rara	+	100

Para la evaluación de la categoría de cada especie dentro de el total de la sección estudiada se hicieron comparaciones de frecuencia de aparición (número de laminaciones en las que apareció en la sección) y abundancia (sumatoria de: % de la especie en cada muestra/abundancia relativa de la muestra"). Por último se realizó el análisis de componentes principales con la finalidad de ubicar los principales criterios de diferencia que se pudieran encontrar en la sección

Debido a que existen especies y variedades de diatomeas que viven bajo condiciones ambientales diversas, se recomienda determinarlas hasta el nivel taxonómico más bajo posible (Andrews 1972). Para este propósito se contó, como herramienta auxiliar, con un microscopio electrónico de barrido JEOL modelo JSM-5300 con distancia de foco 10 mm, ubicado en el Departamento de Física Experimental del IFUNAM. En el se observaron preparaciones de muestras elegidas previamente, las cuales se adhieren a un cilindro de aluminio y son recubiertas con una capa de plata pura (.999), lo que evita que se acumulen electrones en el blanco y se cargue, evitando un exceso de radiación que impide la correcta observación.

Con el fin de conseguir que la determinación taxonómica alcance el nivel más bajo posible, como se recomienda en la literatura (Andrews 1972), y además conocer sus características ecológicas; se utilizó la siguiente bibliografía: Anderson, 1990; Andrews, 1966; Bradbury, 1988, 1991; Ehrenberg, 1846, 1854, 1866, 1869; Frenguelli, 1941; Fukushima, *et al.*, 1988; Germain, 1981; Håkansson, 1981; Håkansson & Kling, 1989 y 1990; Hustedt, 1930, y 1930-1966; Kobayasi & Kobayashi, 1987; Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1988, 1991; Lange-Bertalot, 1980; Lipsey, 1988; Lowe, 1974; Patrick & Reimer 1966, 1975; Rivera *et al.*, 1982; Round, 1982a y b, 1991; Round & Williams, 1992; Round *et al.* 1991, Stoermer *et al.*, 1989; Theriot & Stoermer, 1981 y 1982; Theriot & Kocielek, 1986; Theriot *et al.*, 1987; Van Heurk, 1899; Weber, 1971.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMINACIONES ESTUDIADAS DE LA MINA "EL LUCERO", PALEOLAGO TLAXCALA.

COLOR.	LAMINACIÓN.	POSICION (cm.)	GROSOR (mm.)	
	59	137.3	3	
	58	137.2	1	
	57	136.9	3	PERTURBACIÓN
	56	133.7	32	
	55	132.9	8	
	54	132.4	5	PERTURBACIÓN
	53	131.9	5	
	52	123.1	9	
	51	122.6	5	PERTURBACIÓN
	50	122.1	3	
	49	121.5	6	
	48	112.4	8	
	47	112.3	1	PERTURBACIÓN
	46	112.1	2	
	45	112	1	PERTURBACIÓN
	44	110.9	11	
	43	110.8	1	PERTURBACIÓN
	42	110.5	5	
	41	108.7	16	
	40	108.5	2	PERTURBACIÓN
	39	107.6	9	
	38	106.8	8	
	37	106.7	1	PERTURBACIÓN
	36	106	7	
	35	103.6	8	PERTURBACIÓN
	34	103.4	2	
	33	102.1	13	
	32	101.1	10	
	31	100.9	2	PERTURBACIÓN
	30	100	9	
	29	97.1	29	
	28	96.1	10	PERTURBACIÓN
	27	95.8	3	
	26	92	1	
	25	84.9	4	
	24	84.4	5	PERTURBACIÓN
	23	83.8	6	
	22	83.4	4	
	21	82.9	3	PERTURBACIÓN
	20	82.3	4	
	19	81.9	6	
	18	72.1	1	
	17	62.3	8	
	16	53.8	20	
	15	53.5	3	PERTURBACIÓN
	14	52.8	7	
	13	52.6	20	
	12	52.2	4	PERTURBACIÓN
	11	42.9	3	
	10	41.9	10	
	9	31.8	9	
	8	31.4	4	PERTURBACIÓN
	7	30.9	5	
	6	20.4	9	
	5	10.3	4	
	4	0.6	3	
	3	0.5	1	PERTURBACIÓN
	2	0.3	2	
	1	0	3	

EXTREMO MÁS MODERNO

EXTREMO MÁS ANTIGUO

RESULTADOS.

En el intervalo examinado que comprende de los 0 cm. a los 137.3 cm. que corresponde aproximadamente a 1,500-2,000 años (considerando una tasa de sedimentación de 0.5 a 1 mm/año, Vilaclara *et al.* 1996), de la sección inferior de la mina "El Lucero" -paleolago Tlaxcala- se encontraron un total de 101 *taxa* de diatomeas entre géneros, especies y variedades. De estos *taxa*, el 56.5% presentaron un porcentaje de aparición por muestra menor al 2% y el restante 43.5% un valor mayor al 2% (se consideró este porcentaje con base a los trabajos de Metcalfe, 1991; Metcalfe *et al.*, 1991, y Rico *et al.*, en prensa). Esto es importante al momento de determinar la abundancia en el lapso que comprende el intervalo estudiado, así como los efectos que en las mismas se observen debido a las perturbaciones sufridas por el lago durante ese tiempo. A continuación se da la lista de las especies encontradas, agrupándolas de acuerdo con la clasificación taxonómica propuesta por (Bourrelly, 1981) y Simonsen (1972) (en Werner, 1977). Se hace la observación que de algunas especies (spp.), la literatura sólo nos permitió determinar su género, y de otras (*incertae sedis*) se tiene la certeza de que son diatomeas, pero no se supo donde ubicarlas.

DIVISION CRYSTOPHYTA.

SUBDIVISION CRYSTOPHYCOPHYTA.

CLASE BACILLARIOPHYCEAE.

SUBCLASE CENTROPHYCIDEAE.

ORDEN COSCINODISCALES (O EURPODISCALES).

FAMILIA THALASSIOSIRACEAE Lebour 1930 sensu Hasle 1973.

- GENERO *Aulacoseira* Thwaites 1848.
 1. *Aulacoseira solida* Grunow
 2. *Aulacoseira* spp (3).
- GENERO *Stephanodiscus* Ehrenberg 1845.
 3. *Stephanodiscus hantzschii* Grunow (*in* Cleve & Grunow) 1880.
 4. *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve & Möller 1878 + *Stephanodiscus parvus* Stoermer & Håkansson 1984.
 5. *Stephanodiscus niagarae* Ehrenberg 1846.

SUBCLASE PENNATOPHYCIDEAE.

ORDEN DIATOMALES (O ARAPHIDALES).

FAMILIA FRAGILARIACEAE Hustedt 1930.

- GENERO *Fragilaria* Lyngbye 1819.
 6. *Fragilaria brevistriata* Grunow *in* Van Heurck 1885.

7. *Fragilaria capucina* Desmazières 1925/*vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot 1980.
8. *Fragilaria construens* aff. var. *construens* (Ehrenberg) Hustedt 1957.
9. *Fragilaria construens* var. *construens* (Ehrenberg) Hustedt 1957.
10. *Fragilaria leptostauron* var. *leptostauron* (Ehrenberg) Hustedt 1931.
11. *Fragilaria pinnata* var. *pinnata* Ehrenberg 1843.
- GENERO *Synedra* Ehrenberg 1830.
12. *Synedra pulchella* (Ralfs) Kützing 1844.
13. *Synedra ulna* Ehrenberg 1830.

ORDEN ACHNANTHALES (O MONORAPHYDEAE).

FAMILIA ACHNANTHACEAE Kützing 1844

- GENERO *Achnanthes* Bory 1822.
 14. *Achnanthes exigua* var. *exigua* Grunow in Cleve & Grunow 1880.
 15. *Achnanthes inflata* (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880.
 16. *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow in Cleve & Grunow 1880 var. *frequentissima* Lange-Bertalot 1991.
 17. *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow in Cleve & Grunow 1880 spp. *robusta* var. *abbreviata* Reimer 1966.
 18. *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* Kützing. 1833
 19. *Achnanthes zieglerei* Lange-Bertalot 1991.
 20. *Achnanthes* spp. (6).
- GENERO *Cocconeis* Ehrenberg 1838.
 21. *Cocconeis neothumensis* Lange-Bertalot 1991
 22. *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838 var. *euglypta*
 23. *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838 var. *lineata* (Ehrenberg 1843) Van Heurck 1880-1885.
 24. *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838 var. *placentula* Ehrenberg 1838.
 25. *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838 var. *pseudolineata* Geitler 1927.

ORDEN NAVICULALES (O BIRAPHYDALES).

FAMILIA EPITHEMIACEAE Grunow 1860.

- GENERO *Denticula* Kützing 1844.
 26. *Denticula elegans* Kützing 1844.
 27. *Denticula Kuetzingii* Grunow 1862.
 28. *Denticula valida* Lange-Bertalot 1991

- GENERO *Epithemia* Brébisson 1838.
 - 29. *Epithemia aduata* (Kützing) Brébisson 1838.
 - 30. *Epithemia argus var. argus* (Ehrenberg) Kützing 1844.
 - 31. *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing 1844 *var. granulata* (Ehrenberg) Kützing 1844.
- GENERO *Rhopalodia*. O. Müller 1895.
 - 32. *Rhopalodia brebissonii* Lange-Bertalot 1991
 - 33. *Rhopalodia gibba var. gibba* (Ehrenberg) O. Müller. 1895.

FAMILIA NAVICULACEAE.

- GENERO *Amphora* Ehrenberg 1840.
 - 34. *Amphora lybica* Ehrenberg 1840.
 - 35. *Amphora veneta* Kützing 1844.
 - 36. *Amphora spp.* (3).
- GENERO *Anomooneis*. Pfitzer 1871.
 - 37. *Anomooneis sphaerophora* (Kützing) Pfitzner 1871 *var. costata*
 - 38. *Anomooneis sphaerophora* (Kützing) Pfitzner 1871 *var. sculpta*
- GENERO *Caloneis*
 - 39. *Caloneis schumanniana var. biconstricta*.
- GENERO *Cymbella* C. Agardh 1830.
 - 40. *Cymbella cistula* (Ehrenberg) Kirchner 1878.
 - 41. *Cymbella cymbiformis var. cymbiformis* Agardh 1830.
 - 42. *Cymbella mexicana var. mexicana* (Ehrenberg) Cleve 1894.
 - 43. *Cymbella microcephala* Grunow in Van Heurck 1880.
 - 44. *Cymbella muelleri var. muelleri* Hustedt 1938.
 - 45. *Cymbella schinanskii* Krammer 1982.
- GENERO *Gomphonema* Ehrenberg 1831.
 - 46. *Gomphonema affine* Kützing 1844.
 - 47. *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst 1864.
 - 48. *Gomphonema clavatum*
 - 49. *Gomphonema gracile* Ehrenberg 1838 *var. naviculoides*
 - 50. *Gomphonema aff. insigne* Gregory 1856.
 - 51. *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing 1849.
- GENERO *Navicula* Bory 1822.
 - 52. *Navicula conhii* Lange-Bertalot 1985
 - 53. *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot 1985.
 - 54. *Navicula goeppertiana var. goeppertiana* (Bleisch) H. L. Smith 1874-1879.
 - 55. *Navicula laevissima var. laevissima* Kützing 1844.

- 56. *Navicula minima* Lange-Bertalot 1991.
- 57. *Navicula mutica* var. *mutica* Kützing 1844.
- 58. *Navicula nivalis* Ehrenberg 1854.
- 59. *Navicula porifera* Hustedt 1944 var. *opportuna* (Hustedt) Lange-Bertalot 1985.
- 60. *Navicula pupula* var. *pupula* Kützing 1844.
- 61. *Navicula* spp. (5).
- GENERO *Neidium* Pfitzer 1871.
 - 62. *Neidium iridis*
- GENERO *Pinnularia*. Ehrenberg 1843 Ehrenberg, nom. cons.
 - 63. *Pinnularia borealis* var. *borealis* (Ehrenberg 1843).
 - 64. *Pinnularia maior* (Kützing) Rohenhorst 1853.

FAMILIA BACILLARIACEAE Ehrenberg 1840

- GENERO *Cymbellonitzschia* Hustedt in A. Schmidt *et al.* 1924.
 - 65. *Cymbellonitzschia diluviana* Hustedt 1950.
- GENERO *Hantzschia* Grunow 1877.
 - 66. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880.
- GENERO *Nitzschia* Hassall 1845.
 - 67. *Nitzschia amphibia* var. *amphibia* Grunow 1862.
 - 68. *Nitzschia amphibia* Grunow 1862 var. *frauenfeldtii* (Grunow) Lange-Bertalot 1987.
 - 69. *Nitzschia amphibioides* Hustedt 1942.
 - 70. *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880 var. *bulnheimiana* (Rabenhorst) Grunow in Van Heurck 1881.
 - 71. *Nitzschia frustulum* var. *frustulum* (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880.
 - 72. *Nitzschia granulata* Lange-Bertalot 1991
 - 73. *Nitzschia hantzschiana*
 - 74. *Nitzschia intermedia* Hantesch ex Cleve & Grunow 1880.
 - 75. *Nitzschia linearis* var. *linearis* (Agardh) W. Smith 1853.
 - 76. *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith 1856 var.
 - 77. *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith 1856 var. *tenuirrostris* sensu Lange-Bertalot 1976 nec. Grunow in Van Heurck 1881.
 - 78. *Nitzschia perminuta* Lange-Bertalot 1991
 - 79. *Nitzschia* aff. *scalaris* Hustedt 1942
 - 80. *Nitzschia* aff. *signoidea*. (Nitzsch) W. Smith 1853.
 - 81. *Nitzschia supralitorea*. Lange-Bertalot 1979.
 - 82. *Nitzschia* spp. (4)

FAMILIA SURIRELLACEAE Kützing 1844

- GENERO *Surirella* Turpin 1828.

83. *sp.* (1)

84. INCERTAE SAEDIS

Tomando en cuenta la abundancia que presentaron, se muestra la lista de los taxa agrupados alfabéticamente.

MENOR AL 2%.

- *Achnanthes exigua* var. *exigua*, *Achnanthes inflata*, *Achnanthes lanceolata* var. *frequentissima*, *Achnanthes lanceolata* spp. *robusta* var. *abbreviata*, *Achnanthes minutissima* var. *affinis*, *Achnanthes zieglerei*, *Achnanthes* spp, (6).
- *Amphora veneta*, *Amphora* spp, (3).
- *Anomoeoneis sphaerophora* var. *costata*, *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sculpta*.
- *Aulacoseira solida*, *Aulacoseira* spp (3).
- *Caloneis schumanniana* var. *biconstricta*.
- *Cocconeis neothumensis*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Cocconeis placentula* var. *placentula*.
- *Cymbellonitzschia diluviana*.
- *Denticula elegans*, *Denticula Kuetzingii*, *Denticula valida*.
- *Epithemia turgida* var. *granulata*.
- *Fragilaria* aff. var. *construens*, *Fragilaria leptostauron* var. *leptostauron*.
- *Gomphonema affine*, *Gomphonema angustatum*, *Gomphonema clavatum*, *Gomphonema* aff, *insigne*.
- *Navicula conhii*, *Navicula laevissima* var. *laevissima*, *Navicula minima*, *Navicula mutica* var. *mutica*, *Navicula* spp,(5).
- *Neidium iridis*.
- *Nitzschia granulata*, *Nitzschia hantzchiana*, *Nitzschia intermedia*, *Nitzschia perminuta*, *Nitzschia* aff, *scalaris*, *Nitzschia* spp, (4).
- *Rhopalodia brebissoni*.
- *Surirella* sp,(1).

MAYOR AL 2%.

- *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*.
- *Amphora lybica*.
- *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*.
- *Cymbella cystula*, *Cymbella cymbiformis* var. *cymbiformis*, *Cymbella mexicana* var. *mexicana*, *Cymbella microcephala*, *Cymbella muelleri* var. *muelleri*, *Cymbella schimanskii*.
- *Epithemia adnata*, *Epithemia argus* var. *argus*.
- *Fragilaria brevistriata*, *Fragilaria capucina/vaucheriae*, *Fragilaria construens* var. *construens*, *Fragilaria pinnata* var. *pinnata*.

- *Gomphonema gracile* var. *naviculoides*, *Gomphonema parvulum*.
- *Hantzschia amphioxys*.
- *Navicula cryptotenella*, *Navicula goeppertiana* var. *goeppertiana*, *Navicula nivalis*, *Navicula porifera* var. *opportuna*, *Navicula pupula* var. *pupula*.
- *Nitzschia amphibia* var. *amphibia*, *Nitzschia amphibia* var. *frauenfeldii*, *Nitzschia amphibioides*, *Nitzschia frustulum* var. *bulnheimiana*, *Nitzschia frustulum* var. *frustulum*, *Nitzschia linearis* var. *linearis*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia palea* var. *tenuirrostris*, *Nitzschia* aff. *sigmoidea*, *Nitzschia supralitorea*.
- *Pinnularia borealis* var. *borealis*, *Pinnularia maior*.
- *Rhopalodia gibba* var. *gibba*.
- *Stephanodiscus hantzchii*, *Stephanodiscus minutulus* + *Stephanodiscus parvus*, *Stephanodiscus niagarae*.
- *Synedra pulchella*, *Synedra ulna*.

El porcentaje de taxa > 2% se muestra en la figura 1., clasificándose ecológicamente de acuerdo con su intervalo de adaptación al pH (alcalófilas: adaptadas a vivir en pH mayores a 7, indiferentes: es decir, que puede vivir indistintamente en un amplio intervalo de ambientes con pH diferente), y su grado de desarrollo dentro de distintas concentraciones de nutrientes (eutróficas: aguas con alta concentración de nutrientes, oligo-mesotróficas: agua con contenido de nutrientes de bajo a medio) (Round *et al*, 1991).

La figura 2 expone una relación porcentual de diatomeas centrales, arrafideas y bentónico epifitas-, de acuerdo con su posición en la sección estudiada.

La tabla 2 contiene los valores obtenidos para cada especie de acuerdo con su frecuencia de aparición (número de laminaciones en las que apareció en la sección) y su abundancia (sumatoria de la función porcentaje/abundancia). En la figura 3 se observa, gráficamente la relación de ambos valores. La abundancia se generó de los porcentajes de aparición de la especies en cada lamina utilizando la clasificación modificada de Andrews (1972), como se muestra en la metodología.

La figura 4 muestra los dos primeros ejes del análisis de componentes principales, componentes que absorben el 85% de la variancia de los datos presentados en la figura 1.

Como se muestra en la tabla 3, se advierte que algunas especies se presentan únicamente en laminaciones particulares y posteriormente desaparecen por completo de la secuencia estratigráfica.

FIGURA 1. PORCENTAJE DE APARICIÓN POR MUESTRA DE LAS ESPECIES MAS ABUNDANTES DE LA SECCIÓN ESTUDIADA.

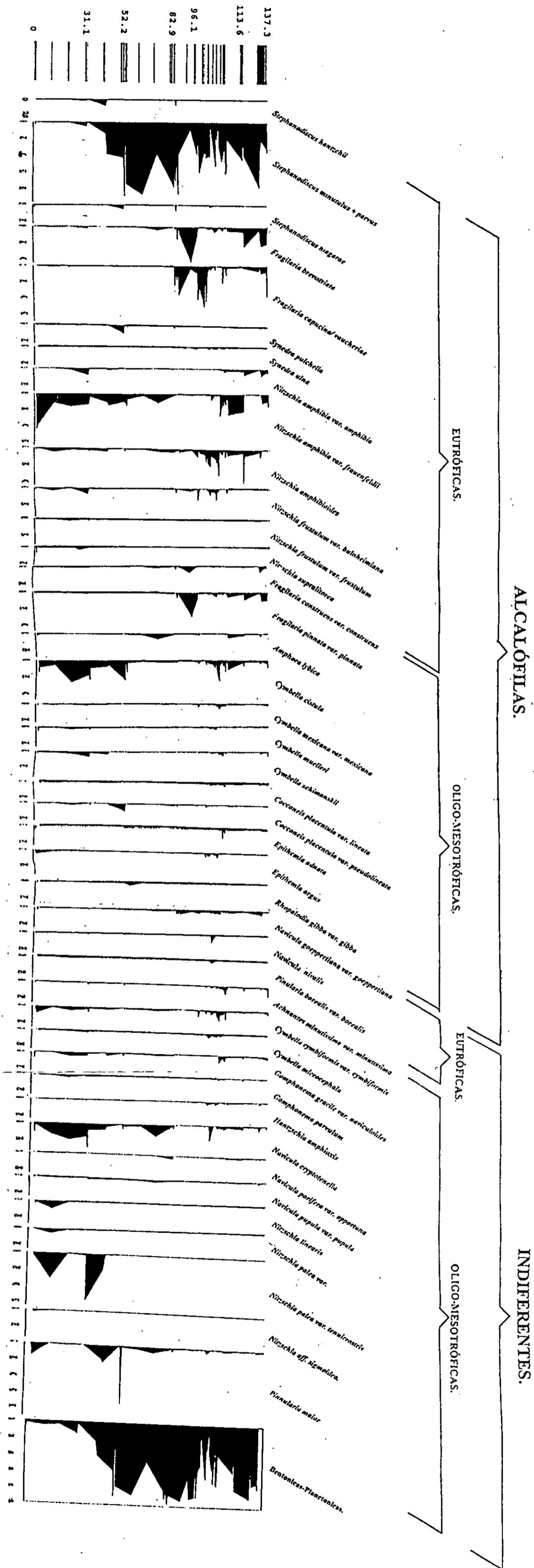


FIGURA 2. RELACION DE LOS PORCENTAJES DE DIATOMEAS CENTRALES, ARRAFIDEAS Y BENTONICO-EPIFITAS.

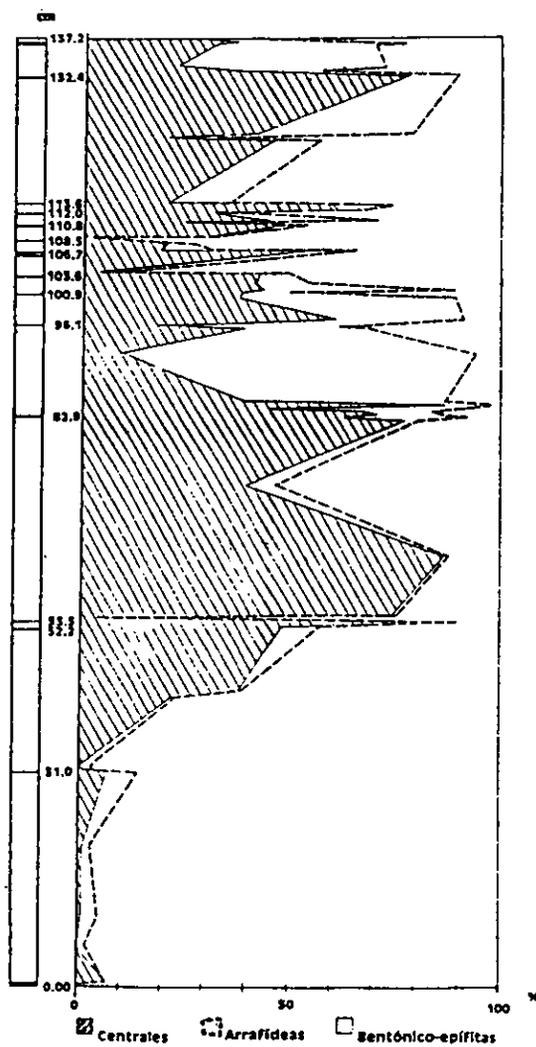


TABLE 2. VALORES DE FRECUENCIA DE APARICION Y ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES.
(según Andrews 1972, modificado).

No.	ESPECIES	FREC.	ABUN.
80	<i>Nitzschia aff. sigmoides</i>	1	0,1
15	<i>Achnantes inflata</i>	1	0,1
79	<i>Nitzschia aff. scalaris</i>	1	0,1
32	<i>Rhopalodia brevissonii</i>	1	0,2
19	<i>Achnantes ziegleri</i>	1	0,2
10	<i>Fragilaria leptostauron var. leptostauron</i>	1	0,5
73	<i>Nitzschia hantzschiana</i>	1	0,9
78	<i>Nitzschia perminuta</i>	1	2,2
76	<i>Nitzschia palea var.</i>	1	2,6
37	<i>Anomoeoneis sphaerophora var. costata</i>	2	0,2
1	<i>Aulacoseira solida</i>	2	0,2
72	<i>Nitzschia granulata</i>	2	0,5
62	<i>Nedidium iridis</i>	2	0,6
39	<i>Caloneis schumanniana var. biconstricta</i>	2	0,7
36	<i>Amphora spp.</i>	2	0,8
16	<i>Achnantes lanceolata var. frequentissima</i>	2	0,9
12	<i>Synedra pulchella</i>	2	1,2
65	<i>Cymbellonitzschia diluviana</i>	2	13,7
81	<i>Nitzschia supralitorae</i>	3	0,4
57	<i>Navicula mutica var. mutica</i>	3	0,5
35	<i>Amphora veneta</i>	3	1,0
63	<i>Pinnularia borealis var. borealis</i>	3	1,0
82	<i>Nitzschia spp.</i>	3	1,0
17	<i>Achnantes lanceolata spp. robusta var. abbreviata</i>	3	1,0
71	<i>Nitzschia frustulum var. frustulum</i>	3	2,8
3	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	3	7,2
21	<i>Cocconeis neohumensis</i>	4	1,3
28	<i>Denticula valida</i>	4	1,6
2	<i>Aulacoseira spp.</i>	4	1,6
31	<i>Epithemia turgida var. granulata</i>	4	1,9
75	<i>Nitzschia linearis var. linearis</i>	4	5,0
83	<i>Incertae sedis</i>	5	0,7
52	<i>Navicula conhi</i>	5	1,2
48	<i>Gomphonema clavatum</i>	5	1,3
74	<i>Nitzschia intermedia</i>	6	1,6
33	<i>Rhopalodia gibba var. gibba</i>	6	2,7
22	<i>Cocconeis placentula var. aegyptia</i>	7	1,0
56	<i>Navicula minima</i>	7	2,6
14	<i>Achnantes exigua var. exigua</i>	7	3,2
20	<i>Achnantes spp.</i>	7	7,2
77	<i>Nitzschia palea var. tenuirostris</i>	7	67,5
27	<i>Denticula Kuetzingii</i>	8	1,6

No.	ESPECIES	FREC.	ABUN.
47	<i>Gomphonema angustatum</i>	8	5,0
38	<i>Anomoeoneis sphaerophora var. sculpta</i>	9	1,8
61	<i>Navicula spp.</i>	9	2,2
58	<i>Navicula nitulis</i>	9	3,3
55	<i>Navicula laevissima var. laevissima</i>	9	5,1
59	<i>Navicula porifera var. opportuna</i>	11	7,0
5	<i>Stephanodiscus niagarae</i>	12	1,3
24	<i>Cocconeis placentula var. placentula</i>	13	2,1
51	<i>Gomphonema parvulum</i>	14	10,7
46	<i>Gomphonema affine</i>	15	6,8
26	<i>Denticula elegans</i>	17	9,5
30	<i>Epithemia argus var. argus</i>	17	22,9
13	<i>Synedra ulna</i>	17	24,0
29	<i>Epithemia adnata</i>	17	24,3
8	<i>Fragilaria construens aff. var. construens</i>	19	10,1
50	<i>Gomphonema aff. insignae</i>	20	32,3
66	<i>Hantzschia amphioxys</i>	24	22,8
70	<i>Nitzschia frustulum var. bulnheimiana</i>	25	56,1
60	<i>Navicula pupula var. pupula</i>	27	11,4
43	<i>Cymbella microcephala</i>	27	22,0
67	<i>Nitzschia amphibia var. amphibia</i>	27	64,2
25	<i>Cocconeis placentula var. pseudodinata</i>	28	15,6
49	<i>Gomphonema gracile var. naviculoides</i>	31	80,8
18	<i>Achnantes minutissima var. minutissima</i>	33	79,4
45	<i>Cymbella schimanski</i>	34	2,0
34	<i>Amphora lybica</i>	35	30,8
44	<i>Cymbella maudleri var. maudleri</i>	37	22,9
42	<i>Cymbella mexicana var. mexicana</i>	38	45,8
11	<i>Fragilaria pinnata var. pinnata</i>	38	117,6
7	<i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i>	38	271,3
54	<i>Navicula goeppertiana var. goeppertiana</i>	39	54,1
23	<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	41	47,0
9	<i>Fragilaria construens var. construens</i>	41	47,1
53	<i>Navicula cryptotendla</i>	41	121,3
64	<i>Pinnularia maior</i>	46	46,1
68	<i>Nitzschia amphibia var. frauenfeldii</i>	46	282,4
6	<i>Fragilaria brevistriata</i>	47	238,6
41	<i>Cymbella cymbiformis var. cymbiformis</i>	49	90,9
69	<i>Nitzschia amphibioides</i>	51	251,4
4	<i>Stephanodiscus minutulus + parvus</i>	53	1432,8
40	<i>Cymbella cistula</i>	57	236,3

FIGURA 3. RELACION ENTRE FRECUENCIA DE APARICION Y ABUNDANCIA RELATIVA DE CADA ESPECIE

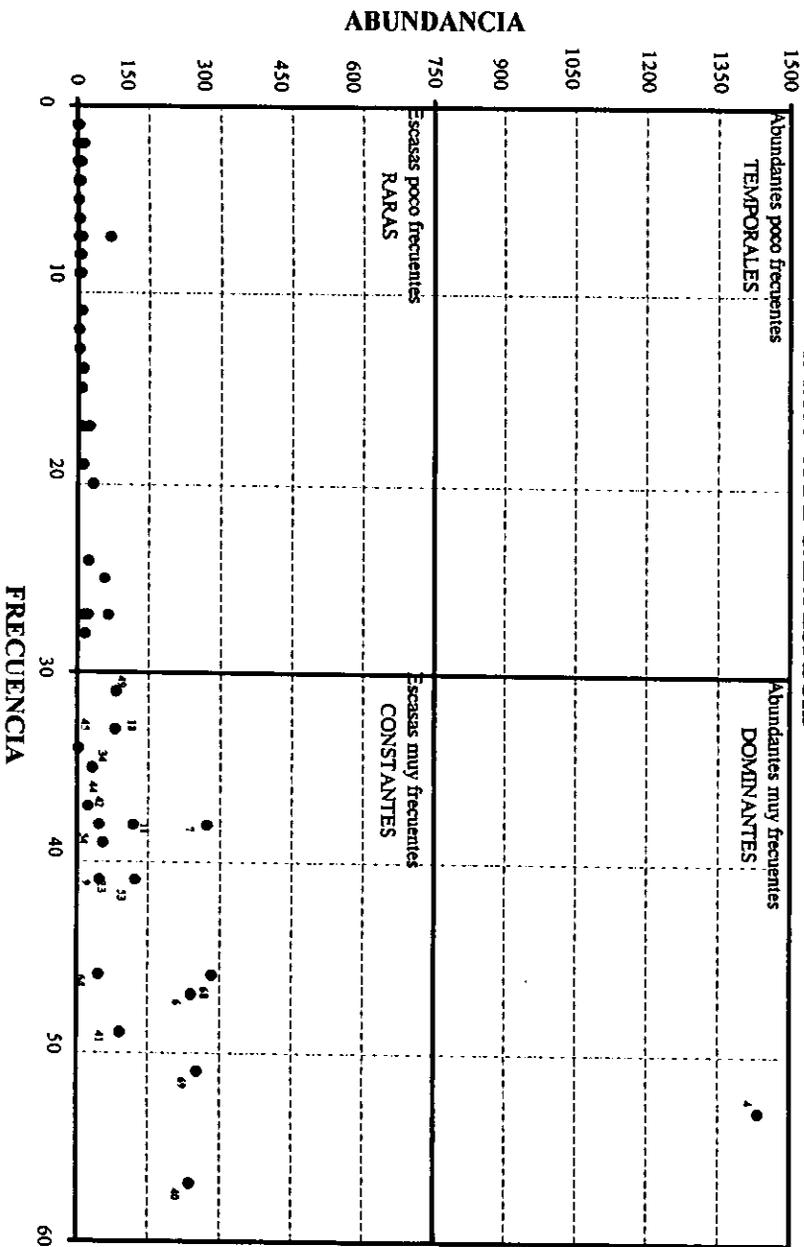


FIGURA 4. DIAGRAMA DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE DIATOMEAS > 2%.

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

NUMERO DEL COMPONENTE	PORCENTAJE DE VARIANCIA	PORCENTAJE ACUMULADO
1	66.8	67
2	17.8	85
3	3.7	88
4	3.5	92

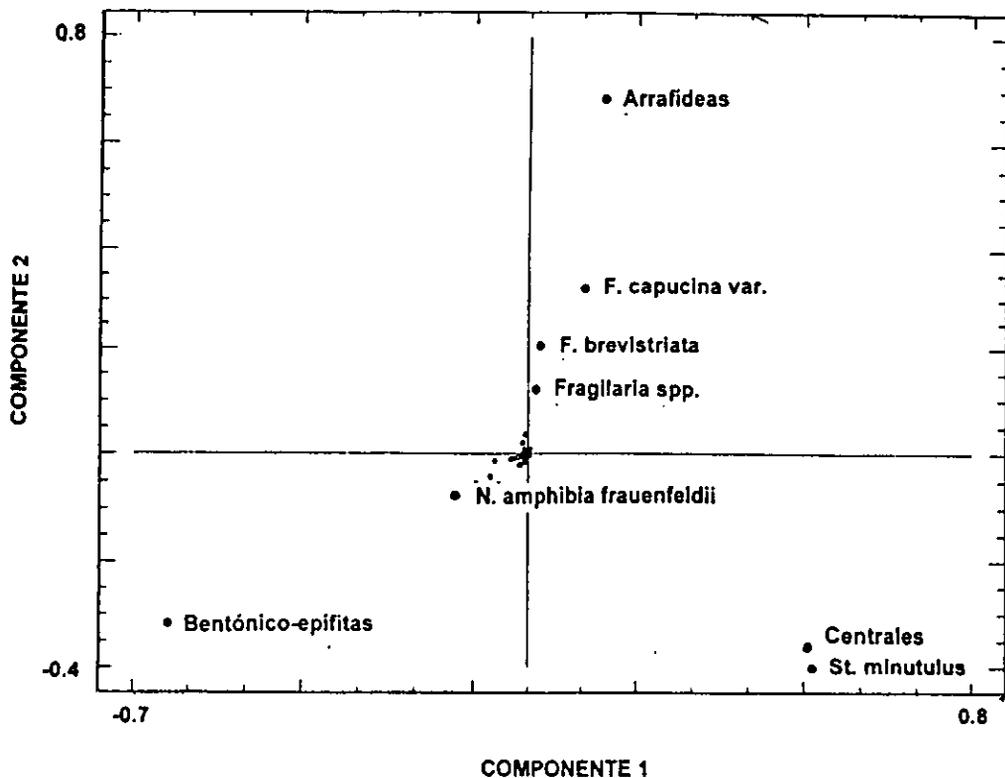


TABLA 3. LISTA DE ESPECIES QUE APARECIERON EN CONDICIONES PARTICULARES

ESPECIES	PRE- PERTURBACION	FERTURBACION	POST- PERTURBACION
<i>Aulacoseira solida</i>	X	X	X
<i>Aulacoseira</i> spp.		X	X
<i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>leptostauron</i>	X		
<i>Synedra pulchella</i>	X	X	
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>frequentissima</i>			X
<i>Achnanthes lanceolata</i> spp. <i>robusta</i> var. <i>abbreviata</i>		X	X
<i>Amphora veneta</i>		X	X
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>ovata</i>		X	X
<i>Catoneis schumanniana</i> var. <i>biconstricta</i>		X	X
<i>Cymbellonitzschia alluviana</i>	X		
<i>Denticula valida</i>	X	X	
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	X	X	
<i>Gomphonema angustatum</i>		X	X
<i>Nannula colvini</i>		X	X
<i>Nannula nivalis</i>		X	X
<i>Naidium triakis</i>	X		
<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	X	X	
<i>Nitzschia granulata</i>		X	
<i>Nitzschia hamatrichiana</i>		X	
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>		X	X
<i>Rhopalodia brevissonii</i>	X		
<i>Incertae sedis</i>	X		X

DISCUSIÓN.

El porcentaje de *taxa* > 2% se presenta en la figura 1. Se advierte que la mayoría de las especies son alcalófilas y el resto son indiferentes. Hay una total ausencia de especies representativas que muestren un óptimo desarrollo en condiciones de pH menores a 7 (acidófilas). Las diatomeas son más sensibles a la variación en pH de neutro a ácido, que a rangos de neutral a básico (Blinn, 1993). Esto nos indica que durante el periodo de tiempo representado por las laminaciones estudiadas, el paleolago Tlaxcala presentaba condiciones de alcalinidad. Es probable que dicho pH sea similar al que actualmente se presenta en la región de la F.V.M., el cual fluctúa entre un pH de 7 a 8, con dominancia de aniones de bicarbonatos y cationes de sodio, y valores de sulfatos y cloruros elevados (Vilaclara *et al.*, 1993).

En la zona más antigua de la sección estudiada del lago, aproximadamente por debajo de los 52 cm, se observa que la frecuencia de aparición de especies indiferentes al pH (representada principalmente por *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia palea* y *Pinnularia maior*) es mayor a la que se encuentra por encima de esta altura, esto nos puede indicar que en esta época, el paleolago presentaba condiciones de pH menos alcalinas, y que debido a fenómenos alóctonos -como arrastre de sedimentos o erupciones volcánicas- se modificaron las condiciones previas del paleolago y aumentaron la concentraciones de aniones y cationes, elevando levemente los valores de pH, con lo que se dio un mayor auge de especies alcalófilas después de esta zona. Además en esta fase -en los primeros 52 cms- la variación entre centrales (*Stephanodiscus spp.*) y arrafídeas (*Fragilaria spp.* y *Synedra spp.*) confirma un cambio fluctuante en las condiciones de alcalinidad (Brugam & Patterson, 1983), provocado quizá por una mayor pluviosidad que causa un fenómeno de dilución. Esto se puede observar claramente en las figuras 1 y 2 por la variación de abundancia entre *Fragilaria brevistriata*, *F. capucina/vaucheriae* y *F. pinnata var. pinnata* (todas ellas arrafídeas) con respecto a *Stephanodiscus minutulus + parvus* (centrales).

Se presenta un claro cambio cualitativo de las especies encontradas: en la zona inferior dominan totalmente las bentónico-epifíticas (*Cymbella spp.*), y bentónicas (*Nitzschia spp.* y *Navicula spp.*), observándose que las cantidades de centrales y arrafídeas permanecen con valores semejantes (figura 2), lo que indicaría condiciones de poca profundidad (especies móviles con rafe y especies productoras de pedúnculos mucilaginosos). Ello hace pensar en lagunas someras más que en lagos profundos (Vilaclara, com. pers.). A partir de los 31 cm, donde se presenta una perturbación muy visible (posiblemente debida a lluvias muy intensas), las condiciones cambian y empiezan a aumentar gradualmente las

diatomeas planctónicas centrales (*Stephanodiscus spp.*), y posteriormente, a partir de los 83 cm, las arrafídeas (*Fragilaria spp.* y *Synedra spp.*).

En el periodo que comprende entre los 82 cm y los 114 cm se manifiesta una sucesión de perturbaciones (alternación de estratificaciones entre claras y oscuras) que aumentaron la cantidad de bentónico-epifíticas y, en consecuencia, disminuyeron las planctónicas (figura 2); además se presenta una amplia fluctuación de abundancia entre las diferentes especies (figura. 1). Esto da pie a deducir un periodo de intensas variaciones en el paleolago, tanto de carácter autóctono -debido al florecimiento y deposición de diatomeas- como alóctono -debido quizás a fuertes lluvias, y al arrastre y deposición de material (Vilaclara *et al.*, 1997)-. Tales fenómenos pudieron provocar, además, fluctuación del pH y contenido de nutrimentos de la cuenca, alterando la composición diatomológica del paleolago y contribuyendo a un aumento diferencial de la cantidad de especies bentónico-epifíticas. Dentro de las planctónicas, la ligera dominancia de las arrafídeas puede indicarnos cambios estacionales de temperatura, luz y concentración de nutrimentos, que comúnmente resultan en cambios temporales en la dominancia de especies planctónicas (Barron, 1993).

Posteriormente, otra perturbación -aproximadamente a los 112.3 cm- modifica las condiciones provocando aumento gradual de especies planctónicas y retornando a la tendencia que se marcaba antes de la sucesión de perturbaciones anterior.

Tal sucesión de cambios registrados en el paleolago parecen indicar un aumento de profundidad asociado probablemente con un incremento de lluvias, un constante flujo de material, un aumento de nutrimentos y -posiblemente- una fluctuación de temperatura (Klaus, 1973). La ausencia de especies planctónicas de tamaño grande, muy escaso *Stephanodiscus niagarae* a diferencia de la mina superior, (Vilaclara *et al.*, 1996), y la dominancia de especies planctónicas de diámetro pequeño (*Stephanodiscus minutulus*, *parvus* y *hantzchii*, *Fragilaria spp.*), se puede asociar con temperaturas más altas (Margalef 1962 y 1969, Sabater 1992).

En relación con el estado trófico, la mayoría de las especies encontradas son de aguas que van desde eutróficas hasta mesotróficas, por lo tanto se puede decir que el paleolago presentaba cantidades considerables de nutrimentos, los cuales permanecieron con mínimas variaciones durante el periodo que comprenden las laminaciones estudiadas. Esto se ratifica con la gran abundancia que presentan los *Stephanodiscus* (indicadores de eutrofización) y de especies perifíticas (ver apéndice I), lo que advierte la gran afluencia de nutrimentos por el intenso aporte de lluvias (Straub, 1993).

En la figura 1 se puede percibir que aproximadamente a los 53.5 cm (la cual es una perturbación), la cantidad de especies planctónicas (representada principalmente por *Stephanodiscus minutulus + parvus*) y la bentónico-epifítica *Cymbella cistula*, presentan una notable disminución y, por el contrario, la especie

Pinnularia maior (reportada como tolerante a la desecación, Kramer & Lange-Bertalot, 1986) presentan su mayor pico de aparición en toda la sección estudiada. Esto nos lleva a pensar que probablemente esta perturbación se deba a una erupción volcánica, la cual alteró la profundidad del lago. Posterior a esta perturbación, aparece una gran diversidad de especies y, principalmente, gran cantidad de organismos reportados como característicos de ambientes bien oxigenados (*Cymbella spp* y *Nitzschia amphibia var. fraunfeldii*, Krammer & Lange-Bertalot, 1986, *Achnantes minutissima*, Lowe, 1974).

En la laminación ubicada aproximadamente a los 72.1 cm se advierte que hay una disminución de especies planctónicas y aumento de las bentónico-epifíticas. Dicha laminación, aunque no fue considerada como una perturbación, presenta características (color oscuro) que hacen pensar en un periodo de deposición autóctono conectado a una época de lluvias intensas que arrastraron material a la cuenca y aumentaron la cantidad de diatomeas bentónico-epifíticas. Además se da un mayor florecimiento de la especie *Amphora lybica* (figura 1), la cual -según Lowe (1974)- es característica de zonas con oxidación de componentes biodegradables.

Regularmente, cada especie posee tolerancias específicas a la salinidad y temperatura, además de otros factores. Por lo tanto, los cambios detectables en los depósitos diatomíferos son característicos de los cambios en el cuerpos de agua originario (Barron, 1993). Por ello, la sección estudiada del lago indica un cambio de condiciones en la profundidad del lago: al principio somero y posteriormente profundo, además de presentar cambios considerables en las condiciones tanto fisiográficas como de contenido mineral de las mismas, indicando fundamentalmente cambios climáticos perdurables.

En la tabla 2 se representa la relación entre la frecuencia de aparición de cada especie durante la secuencia estratigráfica estudiada y la abundancia relativa de las mismas, aplicando la función "abundancia/%" descrita en la metodología. Al graficar dichos datos (figura 3) se puede advertir la marcada dominancia de las especies planctónicas *Stephanodiscus minutulus + parvus* con respecto a las demás; y la aparición de las arrafídeas -*Fragilaria brevistriata*, y *F. capucina/vaucheriae*- y, bentónico-epifíticas-*Cymbella cistula*, *Nitzschia amphibia var. fraunfeldii* y *N. amphibioides*- entre las especies constantes, pero con clara tendencia a la dominancia. A grandes rasgos esto señala el cambio de condiciones lacustres comentadas con anterioridad.

En la figura 4 se muestra los dos primeros ejes del análisis de componentes principales. El primer componente separa claramente entre las especies bentónico-epifíticas y las centrales -representadas por *Stephanodiscus minutulus + parvus*-. El segundo componente segrega las arrafídeas -*Fragilaria spp.*- de centrales y bentónico-epifíticas. Podríamos entonces asociar el primer componente con aguas someras/profundas y el segundo con aguas con mayor o menor mineralización

(alcalinidad) dicho análisis corrobora los grandes cambios en las condiciones del paleolago.

El elevado número de especies encontradas en la sección estudiada se debe a la presencia de fenómenos alóctonos como arrastre de material por periodos intensos de lluvias, y diagénesis de introducción directa de cenizas volcánicas (Rico *et al.*, 1997); las cuales modifican la distribución y abundancia de las especies, disminuyendo la dominancia de algunas y favoreciendo la proliferación de otras. Como se observa en la tabla 3, la aparición de especies en condiciones particulares y su posterior ausencia durante el periodo de tiempo estudiado, confirma el efecto de las perturbaciones en la diversidad de especies en el paleolago.

CONCLUSIONES.

En la sección estudiada se observan tres tipos de estratos a simple vista (blanca, ocre y oscuro) que, con base en la composición diatomológica que presentan, permiten deducir tres tipos de sucesos.

- Los estratos blancos se caracterizan por presentar una composición diatomológica abundante y muy diversa, debida a sucesos autóctonos de periodos normales de florecimiento de diatomeas y deposición de las mismas.
- Los estratos ocreos se caracterizan por presentar una composición diatomológica abundante, pero con dominancia de especies bentónico-epifíticas. Esto se debe a sucesos autóctonos de deposición unidos a sucesos alóctonos de aumento de precipitación pluvial que arrastraron materiales al paleolago y aumentaron la cantidad de diatomeas bentónico-epifíticas, en comparación a las planctónicas.
- Los estratos oscuros presentan, en términos generales, desde un bajo número de diatomeas hasta una casi total desaparición de las mismas. Esto se debe quizás, a sucesos alóctonos de origen volcánico que modificaron las condiciones del paleolago.

El paleolago Tlaxcala fue un ecosistema flexible, capaz de absorber las perturbaciones indicadas por los cambios locales en el número y composición de los grupos de diatomeas. Estos cambios -debidos tanto al acarreo de materiales inducido por lluvias, como a fenómenos volcánicos- permitieron la aparición de nuevas especies (usualmente bentónicas, pero algunas planctónicas), aun cuando algunas desaparecen de nuevo al pasar la perturbación y reaparecen los grupos dominantes.

Al contrario de los aparentes efectos de disminución del número local de especies, las perturbaciones actúan como factores de incremento de la biodiversidad de diatomeas en el sistema a través del tiempo.

De acuerdo con la composición diatomológica encontrada a lo largo de la sección estudiada comprendida aproximadamente entre 1,500-2,000 años, se puede deducir que el paleolago, situado en la zona central del estado de Tlaxcala durante el periodo Pleo-Pleistoceno (Rico et.al., 1993), presentaba fluctuaciones de profundidad (siendo más someros en su primera etapa), era de agua dulce, alcalino y mesotrófico cercano a la eutrofización. Fue afectado ocasionalmente por fenómenos volcánicos que interrumpieron la colonización normal de las diatomeas, eliminándolas casi en su totalidad y fomentando la aparición posterior de otras especies; y por periodos de intensas lluvias que arrastraron otro tipo de materiales, lo cual contribuyó, así mismo, al aumento de la diversidad de especies.

La sistemática de diatomeas, su taxonomía y ecología ofrece un amplio campo de acción en diversas aplicaciones, desde calidad del agua hasta el monitoreo ambiental y la bioestratigrafía. Es importante no limitarse a la realización de un simple inventario de especies, sino a un análisis ecológico y paleoecológico que ayude a predecir el impacto ambiental de la contaminación y cambios climáticos.

Se debe de tomar en cuenta que todos los trabajos dentro del campo de la paleontología son suposiciones realizadas a partir de la extrapolación de información de eventos actuales en ambientes y condiciones pasadas, por lo tanto, para poder conocer exactamente lo que ocurrió en la zona de estudio se deben de hacer estudios mas finos que tomen en cuenta muchos aspectos que no entran dentro de los objetivos de esta investigación.

APÉNDICE

A continuación se presenta una lista descrita de las especies representativas de la sección estudiada, cuya abundancia permitió tomar los suficientes datos morfológicos. Se complementa con información obtenida de la literatura, tanto para su distribución como para su ecología.

DIVISION CRYSOPHYTA.

SUBDIVISION CRYSOPHYCOPHYTA.

CLASE BACILLARIOPHYCEAE.

SUBCLASE CENTROPHYCIDEAE.

ORDEN COSCINODISCALES (O EURPODISCALES).

FAMILIA THALASSIOSIRACEAE

• GENERO *Stephanodiscus*

Stephanodiscus hantzschii Grunow (in Cleve & Grunow) 1880.

Sin.: *Cyclotella operculata sensu* Hantzsch, non *Frustula operculata* Agardh 1827, non *Cyclotella operculata* Kützing 1844, *Stephanodiscus Hantzschianus* Grunow (in Van Heurck) 1881, *Stephanodiscus hantzschii* var. *pusilla* Grunow (in Cleve & Grunow) 1880, *Stephanodiscus zachariassii* Brun 1894, *Stephanodiscus hantzschii* var. *zachariassii* (Brun) Fricke 1902 (in Schmidt et al. 1874-1956), *Stephanodiscus hantzschii* var. *deliculata* Cl.-E. 1910, *Stephanodiscus pusillus* (Grunow) Krieger 1927, ? *Stephanodiscus tenuis* Hustedt 1939.

Descripción: Valvas circulares, casi lisas. Presentan en el centro areolas desarrregladas que hacia los extremos se arreglan en hileras bastante distinguibles, las cuales se bifurcan en dos o tres hileras en la orilla valvar. Las interestrías son levemente abovedadas por engrosamiento (de 8 a 12 en 10 μ m). No presenta fultopórtulas. Sus medidas (n=10) son: Diámetro= 5-15 μ m. Nuestros ejemplares coinciden en medidas y figuras con las dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991. pag. 73, fig. 75: 4-11; 76: 1-3). Los mismos autores mencionan que esta especie ha sido encontrada en material fósil.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) menciona que esta especie es planctónica, y cosmopolita. Los datos ecológicos reportados en la literatura son variables: Se considera un indicador de suciedad, pero también puede ser encontrada en sitios con alto contenido electrolítico. Sin embargo algunos autores (Patrick & Reimer, 1966) la consideran como una especie oligohalobia.

Stephanodiscus minutulus (Kützing) Cleve & Möller 1878.

Sin.: *Cyclotella minutula* Kützing 1844, *Stephanodiscus astraea* var. *minutula* (Kützing) Grunow in Van Heurck 1882, *Stephanodiscus rotula* var. *minutulus* (Kützing) Ross & Sims 1978, *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Round 1981, *Stephanodiscus perforatus* Genkal & Kuzmin 1978.

Descripción: Valvas circulares con pequeña elevación o excavación en el centro, por lo cual se necesitan dos planos de enfoque para observar toda la valva. Sus medidas (n=10) son: Diámetro= 4-12 μm . Presenta estrías radiales que son hileras de areolas, las cuales se convierten en dos o tres hileras hacia la orilla valvar. Las interestrías son abovedadas, y van de 10 a 14 en 10 μm . Hacia el centro, las areolas están desarregladas. Se observa una fultopórtula en la parte central de la superficie valvar interna. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991 pág. 71, fig. 74: 5-7).

Esta especie puede fácilmente confundirse con otros *Stephanodiscus* de tamaño pequeño, como por ejemplo *S. parvus*, del cual únicamente se diferencia por que éste último presenta las valvas planas; pero debido a su pequeño tamaño, es una característica muy difícil de captar con el microscopio óptico.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que es una especie cosmopolita, planctónicas, llegan a estar en aguas sucias y en aguas con alto contenido electrolítico.

Stephanodiscus aff. niagarae Ehrenberg 1846
var. *niagarae*.

Descripción: Valvas circulares, el centro puede ser cóncavo o convexo. Presenta hileras de areolas radiales que del centro hacia los márgenes van ensanchándose debido al aumento del número de areolas; en el centro las areolas están desordenadas. Las hileras de areolas se encuentran entre las interestrías, las cuales pueden presentarse en cantidad de 5 a 7 en 10 μm . Sus medidas (n=3) son: Diámetro= 30-90 μm . Existe una diferencia de contraste entre los extremos de la valva y la parte central debido a su ondulación, por lo regular, al ver el extremo no es posible ver el centro y viceversa. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 67, fig. 68: 1-3, 5; 69: 1a, b; 70: 1).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que esta especie es planctónica y característica de aguas mesotróficas a hipereutróficas.

Stephanodiscus parvus. Stoermer & Hakánsson 1984.

Sin.: *Stephanodiscus hantzschii* fo. *parva* Grunow ex Cleve & Möller 1879, *Stephanodiscus Hantzschii sensu* Haworth 1981 (*non* Grunow in Cleve & Grunow 1880, p. 115).

Descripción: Valvas circulares y planas. Sus medidas (n=10) son: Diámetro= 4-12 μm . Presenta hileras de areolas radiales, las cuales pueden convertirse en dos hacia la orilla valvar, y en el centro están dispersas y aisladas. El número de interestrías es de 10 a 14 en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 71, fig. 74: 1-4).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que esta especie presenta una ecología similar a *Stephanodiscus minutulus*, por lo que regularmente se confunden a ambas, además de que morfológicamente son muy semejantes.

SUBCLASE PENNATOPHYCIDAE.
ORDEN DIATOMALES (O ARAPHIDALES).
FAMILIA FRAGILARIACEAE.

• GENERO *Fragilaria*

Fragilaria brevistriata Grunow in Van Heurck 1885

Sin.: *Fragilaria brevistriata* var. *subacuta* Grunow in Van Heurck 1881; *Fragilaria brevistriata* var. *pusilla* Grunow in Van Heurck 1881; *Fragilaria brevistriata* var. *subcapitata* Grunow in Van Heurck 1881.

Descripción: Valvas lineares, lanceoladas, linear-rómbica a linear-elíptica. Sus extremos pueden ser desde afilados a redondeados. Área axial amplia con estriás fuertemente acortadas y, por lo tanto, marginales; junto al área central forma una zona lanceolada. Sus medidas (n=10) son: Largo= 10-35 μm , ancho= 3-5 μm . Presenta de 12 a 16 estriás en 10 μm , radiales en los extremos y paralelas en el centro; punteadas y muy cortas. Nuestros ejemplares coinciden con la descripción y las figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pág. 168, fig. 676).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que esta especie es cosmopolita y que algunas veces se encuentran fosilizadas en grandes cantidades. Es oligosaprobia, de oligo- hasta medios eutróficos. En su mayoría alcalófila, pero se pueden encontrar en aguas con muy distinto contenido electrolítico, hasta incluso en aguas salobres. Germain (1981) menciona que parece estar reclutada en masas de aguas restringidas, estanques y presas artificiales. Patrick & Reimer (1966) mencionan que esta especie prefiere aguas dulces y tolera un amplio intervalo de conductividad.

Fragilaria capucina Desmazières 1925./ *vaucheriae* (Kützing)
Lange-Bertalot 1980.

Sin.: *Exilaria vaucheriae* Kützing 1833; *Staurosira intermedia* Grunow 1862; *Fragilaria intermedia* Grunow in Van Heurck 1881; *Synedra rumpens* var. *meneghiniana* Grunow in Van Heurck 1881; *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) Petersen 1938.

Descripción: Valvas lineares a linear-lanceoladas, que se van estrechando hacia los extremos. La punta de los extremos está ampliamente redondeada a capitada. En la mitad de la valva se presenta un hinchamiento bastante distinguible. Área axial linear y estrecha. Área central a menudo es unilateral, aunque no siempre, y abultada. Sus medidas (n=10) son: Largo= 25-100 μm , ancho= 4-5 μm . Presenta de 26 a 32 estriás en 10 μm , paralelas o ligeramente radiadas y en el centro las estriás son más cortas. Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 124, fig. 108: 10-15) a excepción del número de estriás, ya que ellos lo marcan de 9 a 14 en 10 μm . Pero Patrick & Reimer (1966, pág. 118, fig. 3: 5) da para *Fragilaria capucina* de 14 a 18 estriás en 10 μm y para *Fragilaria vaucheriae* (1966, pág. 120, fig. 3: 14-15) de 12 a 16 en 10 μm .

Patrick & Reimer (1966) presenta este *taxa* como dos especies distintas, y Krammer & Lange-Bertalot (1991) las fusiona en un solo grupo.

Hürlimann (1991) indica que esta especie es altamente heteromórfica, dividiéndola en 10 grupos distintos entre sí; nuestros ejemplares se parecen morfológicamente a los que asocia dentro del grupo 6, pero difieren en la densidad de estrías, ya que él señala que presentan de 13 a 21 en 10 μm .

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que para esta especie la amplitud ecológica es evidentemente crítica, su ecología básica no se conoce detalladamente. Patrick & Reimer (1966) mencionan, para *Fragilaria capucina*, que es una especie que prefiere aguas ligeramente alcalinas, y es indiferente a pequeñas cantidades de NaCl.; y para *Fragilaria vaucheriae* que son de agua dulce y parece preferir aguas frías. Sládeček *et al.* (1981) comenta que la especie tipo se puede encontrar en ambientes desde oligo hasta β -mesosaprobios. Lowe (1974) la reporta como una especie cosmopolita, localizada tanto en aguas con corriente como estancadas, alcalófila, tolerante a pequeñas concentraciones salinas, indiferente al Ca, oligosaprobia, euritermal, oligotermal o mesotermal.

Fragilaria construens (Ehrenberg) Grunow 1862.

var. *construens* (Ehrenberg) Hustedt 1957.

Sin.: *Staurosira construens* Ehrenberg 1843.

Descripción: Valvas que presentan dos ovalaciones en forma de cruz en el contorno. Con los extremos fuertemente adelgazados. Área axial estrecha, linear-lanceolada, y en el área central un poco ensanchada. Sus medidas (n=10) son: Largo= 10-30 μm , ancho= 5-10 μm . Presenta de 14 a 18 estrías en 10 μm , paralelas entre sí. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág 153, fig. 132: 1-5, 29; 131: 5), y con Patrick & Reimer (1966, pág 125, fig. 4: 4). Aunque algunas de las formas encontradas coinciden en todas las medidas, pero presentan un patrón de estriación diferente.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que es una especie cosmopolita y oligosaprobia. Patrick & Reimer (1966) mencionan que prefieren aguas levemente alcalinas. Sládeček *et al.* (1981) considera a la especie como oligosaprobia, que se puede encontrar en condiciones β -mesosaprobias y, rara vez, xenosaprobias.

Fragilaria pinnata Ehrenberg 1843

var. *pinnata*

Sin.: *Odontidium mutabile* W. Smith 1856; (?) *Fragilaria mutabilis* var. *subsolitaria* Grunow 1862; *Fragilaria pinnata* var. *lancettula* (Schumann 1867) Hustedt in A. Schmidt *et al.* 1913 (ob incl. Holotipos?); *Fragilaria elliptica* Schumann 1867 sensu auct. nonnull. (ob incl. Holotipos?); *Fragilaria pinnata* var. *subrotunda* Mayer 1937; *Odontidium martyi* var. *polymorpha* (Jouravleva) Proschkina-Lavrenko 1950.

Descripción: Valvas elipsoidales a elíptico-lanceoladas, con extremos ampliamente redondeados, ovales o lanceolados. Área axial amplia, linear, lanceolada o hasta elíptica. Sus medidas (n=10) son: Largo= 5-20 μm , ancho= 3-8 μm . Presenta de 6 a 10 estrías en 10 μm , amplias y paralelas o ligeramente radiales. En individuos grandes se podían observar líneas finas que cruzaban a las estrías.

Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 157, fig. 133: 1-11, 32, 32a; 131: 3, 4), y por Patrick & Reimer (1966, pág. 127, fig.: 4: 10).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que esta especie es cosmopolita, de aguas oligosaprobias con contenido electrolítico mediano a elevado. Patrick & Reimer (1966) comentan que es una especie con amplia distribución en aguas dulces. Lowe (1974) la considera una especie cosmopolita, alcalófila, mesosaprobia, perifítica y tolerante a pequeñas concentraciones salinas.

• **GENERO *Synedra***

Synedra pulchella. (Ralfs) Kützing 1844.

Sin.: *Exilaria pulchella* Ralfs ex Kützing 1844; *Synedra familiaris* Kützing 1844; *Ctenophora pulchella* (Ralfs) Williams & Round 1986; *Fragilaria pulchella* (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot 1980.

Descripción: Valvas lineares hasta linear-lanceolado, con extremos ampliamente redondeados y capitados. Área axial bastante estrecha. Área central visiblemente ensanchada con respecto al borde valvar. rectangular, pero más comúnmente redondeada. Sus medidas (n=5) son: Largo= 40-110 μm , ancho= 5-7 μm . Presenta de 12 a 16 estrias en 10 μm , con una distinguible puntuación, paralelas o ligeramente radiadas hacia los extremos. En nuestros ejemplares no se encuentra presente, en el área central, ningún tipo de estriación, por lo que se ve a microscopio óptico un ensanchamiento sin estriación. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 148, fig. 136: 1-7) y por Patrick & Reimer (1966, pág. 146, fig. 6: 10-12).

Nota: Krammer & Lange-Bertalot (1991) fusionan el grupo *Synedra* con *Fragilaria* y dejan únicamente como *Synedra* a especies marinas; por lo tanto, esta especie la toman como *Fragilaria pulchella*, lo cual nosotros no seguimos por considerarlo inadecuado.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que es una especie cosmopolita, muy numerosa. Su ecología esencial se da en aguas salobres del océano, en estuarios y aguas interiores con alta concentración de sales con distinta composición iónica. Sin embargo, también se pueden encontrar en aguas dulces limpias, con mediano contenido electrolítico. Fomenta extensamente su crecimiento en la zona de carga α -mesosaprobio, probablemente debido a discontinuidades industriales de descargas de aguas residuales. Patrick & Reimer (1966) mencionan que son usuales en agua con alto contenido mineral, o aguas ligeramente salobres.

Synedra ulna Ehrenberg 1830

Sin.: *Bacillaria ulna* Nitzsch 1817. *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980.

Descripción: Valvas lineares, largas, con extremos adelgazados y redondeados. Área axial angosta y linear. Área central cuadrada, formada por la ausencia de estrias. Sus medidas (n=5) son: Largo= superior a 25 μm , ancho= 4-9

μm . Presenta de 8 a 14 estrías en 10 μm ; paralelas en los extremos y en algunas secciones de la valva alternas, ligeramente punteadas y gruesas. Nuestros ejemplares coinciden con la descripción, medidas y figuras dadas por Germain (1981, pág. 76, fig. 168: 8) y Patrick & Reimer (1975, pág. 148, fig. 7: 1-2)

Nota: Observar lo referido para *Synedra pulchella*

Ecología: Round (1990, pág 370) menciona que es una especie de vida libre o epífita. Germain (1981) comenta que es vecina de *Synedra capitata* y que esta especie es común y más variable, es una forma litoral entre las macrófitas inmersas. No es rara en el rezumo de las rocas; muy frecuentemente las células pueden fijarse por una extremidad a un substrato (una cloroficea por ejemplo) y formar verdaderas matas esféricas.

ORDEN ACHNANTHALES (O MONORAPHYDEAE).

FAMILIA ACHNANTHACEAE

• GENERO *Achnantes*

Achnanthes minutissima Kützing 1833

var. *minutissima*

Sin.: *Achnanthidium microcephalum* Kützing 1844 (lectotipos); *Achnanthidium lineare* W. Smith 1855 (lectotipos); *Achnantes minutissima* var. *cryptocephala* Grunow in Van Heurck 1880.

Descripción: Valvas linear-elípticas hasta linear-lanceoladas, con extremos redondeadamente afilados, más o menos capitados. Sus medidas ($n=10$) son: Largo= 7-22 μm , aunque la mayoría alcanza sólo hasta 20 μm ; ancho= 2.5-4 μm . La valva inferior posee un rafe recto en forma de hilo. Área axial linear o ligeramente lanceolada desde estrecha hasta muy estrecha. Área central diferenciada, con 1-2 estrías fuertemente acortadas en ambos lados. Estrías ligeramente radiales, de 26 a 32 en 10 μm . Valva sin rafe con un área axial diferente de la de la valva con rafe, en la zona proximal ensanchada a menudo en forma lanceolada hasta elíptica. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991, pág. 56, Fig. 32: 1-24, 35: 1,2).

Ecología: Krammer & Lange Bertalot (1988) mencionan que es una especie de distribución cosmopolita, se encuentran poblaciones muy numerosas en condiciones hidrológicas variables. $\text{pH}=4.3-9.2$. También resiste aguas residuales, incluso de origen industrial. En condiciones β - α -saprobias, aunque puede resistir cargas superiores de materia orgánica. Lowe (1974) señala que es una especie cosmopolita y una de las diatomeas más conocidas. Con desarrollo opimo entre 7.5 y 7.8 de pH . Tolerante a pequeñas cantidades de sal. Presente en zonas con alta concentración de desechos inorgánicos. Perifítica y euritermal.

• GENERO *Cocconeis*

Cocconeis placentula. Ehrenberg 1838.

var. *lineata*. (Ehrenberg 1843) Van Heurck 1880-1885.

Sin.: *Cocconeis lineata* Ehrenberg 1843.

Descripción: Valvas elípticas. Sus medidas (n=5) son: Largo= 30-60 μm . Ancho= 17-25 μm . Valva con rafe: área axial muy delgada y área central regordeta. Canal del rafe recto y filiforme. Estrías con punteaduras finas, de 16 a 20 en 10 μm ., presenta una zona hialina alrededor de la valva donde se interrumpen las estrías. Valva sin rafe: Presenta de 16 a 18 estrías en 10 μm . Fuertemente punteadas, muy unidas formando líneas ensanchadas y rectas de puntos aislados. Apicalmente forma de 5 a 9 filas largas. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991. pag. 87. fig. 49: 1; 50: 1-13).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1991) mencionan que esta es una especie cosmopolita y numerosa. Viven tanto en aguas inertes como en aguas con corriente. Epifíticas y sobre sustratos sin vida como maderas y rocas. Patrick & Reimer (1966) mencionan que sus euritipos están extendidos considerablemente, en especies epifíticas, entre plantas acuáticas y otros objetos. Más comúnmente en aguas alcalinas (jalcalófila?). Aparentemente indiferente a la salinidad pero no ha sido observada en gran número en aguas ligeramente salobres. Germain (1981) las considera epifíticas, particularmente sobre otras algas y plantas vasculares acuáticas, crecen individualmente adheridos al sustrato, sin formar cadenas o tallos. Lowe (1974) las describe como especies con un óptimo desarrollo en pH alrededor de 7, oligosaprobias, perifítica, y tolerantes a pequeñas cantidades de sal.

var. pseudolineata. Geitler 1927.

Descripción: Valvas elípticas a lanceolado-elípticas. Sus medidas (n=5) son: Largo= 12-25 μm . Ancho= 6-13 μm . Valva con rafe: presenta una área axial delgada, área central poco notoria. Estrías con punteaduras finas, de 20 a 23 en 10 μm . Valva sin rafe: Presenta de 16 a 20 estrías en 10 μm . fuertemente punteadas. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991. pag. 87. fig. 54: 3-11).

Ecología: Lowe (1974), considera a esta variedad cosmopolita, alcalófila, perifítica y epifítica. Característica de aguas con oxidación de compuestos biodegradables y, tolerante de pequeñas concentraciones de sal.

FAMILIA EPITHEMIACEAE

• GENERO *Epithemia*.

Epithemia adnata (Kützing) Brébisson 1838.

Sin.: *Epithemia zebra* (Ehrenberg) Kützing 1844; *Frustulia adnata* Kützing 1833; *Eunotia zebra* (Ehrenberg 1838) Ehrenberg 1838; *Epithemia kurzeana* Rabenhorst Alg. Sachsens 27, 1848-1860.

Descripción: Valvas mas o menos dorsoventrales, desde curvadas hasta levemente paralelas. El dorso es convexo, y la zona media es aproximadamente recta. Ventralmente es cóncava o casi recta. Los extremos ampliamente redondeados. Sus medidas (n=5) son: Largo= 40-130 μm . Ancho= 8-12 μm . El rafe

pasa recto por encima de la zona ventral y se curva hacia dentro de la parte media de la valva, alcanzando a veces la mitad de la valva. Presenta de 3 a 4 costillas en 10 μm ., arregladas de manera irregular, paralelas o levemente divergentes, cruzando desde la zona ventral hasta la dorsal. Tiene de 12 a 14 estrías en 10 μm ., fuertemente punteadas. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag. 152, fig. 107: 1-11; 108: 1-3).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que es una especie cosmopolita, muy frecuente y numerosa. Se puede desarrollar hasta en medios alcalinos en temperaturas de hasta 40°C, ampliamente encontrados en aguas salobres marinas. La mayoría de las veces epifíticas tanto de lagos como en corrientes de agua. Lowe (1974) menciona que habita en aguas con pH de 7, aunque tiene un buen desarrollo en aguas con un pH por debajo de 7, hasta alcalinas (intervalo 4.7-9, óptimo 8.2-8.5). Tolera pequeñas concentraciones de sal. Es una especie característica de aguas limpias, aunque puede llegar a encontrarse en aguas contaminadas o β -mesosaprobias. Perifítica. Euritermal; mesotermal o eutermal.

Nota: La mayoría de los autores antes de Kramer & Lange-Bertalot (1988) la mencionan como *Epithemia zebra*.

Epithemia argus. (Ehrenberg) Kützing 1844.
var. *argus*.

Sin.: (?) *Eunotia ocellata* Ehrenberg 1841; (?) *Epithemia ocellata* (Ehrenberg) Kützing 1844; *Eunotia argus* Ehrenberg 1843; *Epithemia longicornis* (Ehrenberg 1845) W. Smith 1853; *Epithemia intermedia* Hilse 1860 non *Epithemia intermedia* Fricke 1904; *Epithemia peisonis* Pantocsek 1901.

Descripción: Valvas moderadamente dorsoventrales, con margen ventral cóncavo y margen dorsal convexo. Con extremos redondeados y que no se diferencian del resto de la valva. El rafe atraviesa todo el largo de la superficie valvar. empieza en los extremos casi en la mitad de la valva, se curva hacia el margen ventral y hacia la porción central se vuelve a curvar hacia el margen dorsal, llegando el poro central aproximadamente hacia la mitad de la valva. Presenta de 2 a 3 costillas en 10 μm ., divergentes o levemente radiales, las cuales cruzan toda la superficie valvar. Tiene de 11 a 14 hileras de alvéolos (estrías) en 10 μm ., aproximadamente de 5 a 7 estrías entre cada costilla. Sus medidas (n=8) son: Largo= 28-95 μm . Ancho= 7.5-15 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 147, fig 102: 1-9), y con Patrick & Reimer (1975, pag 175, fig 23:1, y pag 178, fig 24:1).

Nota: Algunos de nuestros ejemplares coinciden con *Epithemia ocellata* var. *ocellata* (Patrick & Reimer, 1975 pag 178), pero han sido adheridos a *Epithemia argus* var. *argus* siguiendo el criterio de Krammer & Lange-Bertalot (1988 pag. 147), los cuales fusionan ambas especies en una sola, debido a la similitud de sus características morfológicas.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que es una especie cosmopolita, no tan numerosa como *Epithemia adnata*, y puede habitar en aguas con mediano hasta alto contenido electrolítico. Patrick & Reimer (1975) mencionan, para *Epithemia argus* var. *argus*, que es una especie que prefiere aguas con contenido desde mediano hasta ligeramente alto de carbonato de calcio. Se le encuentra en ríos, lagos y estanques; y para *Epithemia ocellata* var. *ocellata* mencionan que habita aguas dulces con una conductividad moderadamente alta. Lowe (1974) indica que es una especie cosmopolita. Desde alcalófila hasta alcalinobiótica (desarrollo óptimo alrededor de 8.2 de pH). Tolerante a pequeñas cantidades de sal. Desde saproxena a β -mesosaprobia. Limnófila, y perífítica.

• GENERO *Rhopalodia*

Rhopalodia gibba. (Ehrenberg) O. Müller. 1895.

var. *gibba*.

Sin.: *Navicula gibba* Ehrenberg 1832; *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing 1844; *Epithemia ventricosa* Kützing 1844; *Rhopalodia ventricosa* (Kützing) O. Müller 1895; *Rhopalodia gibba* var. *ventricosa* (Kützing) H. & M. Peragallo 1897-1908.

Descripción: Frustulas en vista conectiva redondeadas hasta lineares, hinchadas en la porción central a ambos lados, con extremos anchos y ampliamente redondeados. Las valvas son delgadas, curvadas levemente hacia los extremos; estrechos, afilados y redondeados. En la porción ventral son casi lineares y en la parte dorsal presentan un fuerte hinchamiento en la zona media. Presentan de 6 a 8 costillas en 10 μ m., bien desarrolladas, que cruzan toda la superficie valvar. Tiene de 14 a 16 hileras de alvéolos (estrías) en 10 μ m., aproximadamente de 2 a 3 entre cada costilla. Sus medidas (n=5) son: Largo= 50-170 μ m. Ancho= (frustula) 15-18 μ m., (valva) 9-11 μ m. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 159, fig 111: 1, 2, 4, 6, 7-13). y Patrick & Reimer (1975, pag 189, fig 28: 1).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que es cosmopolita, numerosa tanto en litorales como en agua con corrientes. En aguas con contenido electrolítico desde mediano hasta elevado. Patrick & Reimer (1975) mencionan que es usualmente epifítica y en aguas con conductividad desde alta hasta elevada.

FAMILIA NAVICULACEAE

• GENERO *Amphora*.

Amphora libyca. Ehrenberg 1840.

Sin.: *Amphora affinis* Kützing 1844; *Amphora ovalis* var. *affinis* (Kützing) Van Heurck 1880; *Amphora ovalis* var. *libyca* (Ehrenberg) Cleve 1985; *Amphora ovalis* var. *pediculus* (Kützing) Cleve 1895, non (Kützing) Van Heurck 1885. .

Descripción: Frustulas, en vista conectiva, amplias, elípticas, y con extremos chatos. Las valvas son fuertemente dorsoventrales. Lado dorsal fuertemente convexo, lado ventral de suavemente cóncavo a recto, en el centro presenta una ligera barriga. Con extremos bien redondeados y sutilmente arqueados

ventralmente. Sus medidas (n=5) son: Largo= 30-70 μm . Ancho= 7-11 μm . Presenta de 14 a 14 estrías en 10 μm ., con areolas oblongas bastante visibles; dorsalmente paralelas; ventralmente, en la parte media radiales y en los extremos convergentes. Existe, en la parte central, un espacio entre el canal rafidiano y el borde valvar dorsal, donde carece de estrías, así como hacia el borde valvar ventral. El rafe está fuertemente arqueado, ventralmente se curva hacia los extremos proximales y justo al final se ondula dorsalmente; los extremos distales se curvan dorsalmente. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 345, fig 149: 3-11), y por Germain (1981 pag.294).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que esta especie es cosmopolita, de muy amplia distribución, y en todo tipo de regiones. Prefieren aguas con contenido electrolítico medio, y en menor medida, en aguas con contenido electrolítico bajo. Germain (1981) menciona que parece ser característica de aguas estáticas o con muy poco movimiento; de vida solitaria o reunida en grupos, comúnmente sobre algas, rocas, etc. Alcalófila y cosmopolita. Foged (1993) la considera cosmopolita, oligohalobia y alcalófila. Lowe (1974) la describe como especie cosmopolita, calcífila, alcalófila (con desarrollo óptimo en aguas con pH de 7-8.5). Tolerante a pequeñas concentraciones de sal. Característica de zonas con oxidación de componentes biodegradables. Perifítica.

• GENERO *Cymbella*

Cymbella cistula. (Ehrenberg) Kirchner 1878.

Sin.: *Bacillaria cistula* Ehrenberg 1828; *Cymbella maculata* (Kützing 1833) Kützing 1844.

Descripción: Valvas fuertemente dorsoventrales, área dorsal de moderada a ampliamente convexa, área ventral levemente recta o ligeramente cóncava y en la parte media presenta un ligero combado. Con extremos redondeados y ligeramente afilados. Rafe con posición reverso-lateral. Área axial delgada y lineal. Puede presentar de 2 a 5 estigmas ventrales (más comúnmente de 4 a 5) en el nódulo central como prolongación de estrías medias. Sus medidas (n=10) son: Largo= 50-120 μm . Ancho= 14-18 μm . Presenta de 8 a 12 estrías en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 316, fig 127: 8-11; 128: 1-6), y por Patrick & Reimer (1975 pag 62, fig. 11: 3-4).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie cosmopolita, muy extendida y frecuente, especialmente en litorales tranquilos y con corrientes desde oligo- hasta eutrofizadas, indicadoras de elevado contenido mineral. Patrick & Reimer (1975) la menciona como una especie eurítica en aguas con poca corriente y cita a Cholnoky (1968, pag 464), el cual mantiene que este *taxa* presenta un óptimo desarrollo en aguas saturadas de oxígeno. Alcalófilas y oligohalobia "indiferentes". Lowe (1974) comenta que es una especie que se encuentra en aguas con pH alrededor de 7, con un óptimo alrededor de 8. Tolera pequeñas concentraciones de sal. Oligosaprobias, perifítica.

Cymbella cymbiformis. Agardh 1830.

var. *cymbiformis*.

Descripción: Valvas de moderada a fuertemente dorsoventrales. Lado dorsal convexo. Lado ventral de levemente convexo a recto, y en el centro puede presentar un ligero hinchamiento en forma de panza. Los extremos se van adelgazando y terminan redondeados o levemente afilados. Area axial estrecha, linear y arqueada; en la parte central sufre un ligero ensanchamiento, en donde presenta un estigma hacia el lado ventral, el cual a microscopio óptico semeja a un triángulo apuntando hacia el centro. Presenta un rafe excéntrico, reverso-lateral cerca de los extremos proximales, los cuales al final se observan pequeños y bulbosos. Extremos distales en forma de signo de interrogación o garfio doblado hacia el lado dorsal. Presenta de 10 a 14 estrías en 10- μm ., levemente radiales y con una apreciable puntuación. Sus medidas (n=10) son: Largo 35-60 μm . Ancho= 8-12 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 317, fig 129: 2-6), y por Patrick & Reimer (1975, pag 54, fig 10: 3, 4).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que son habitualmente numerosas en zonas templadas, desde el llano hasta las montañas, epilítica y epifíticas, en aguas oligotróficas hasta mesotróficas con mediano contenido electrolítico. Patrick & Reimer (1966) consideran que su ecología es insuficientemente conocida; aparece principalmente en lagos, aunque puede llegar a encontrarse en arroyos y manantiales.

Cymbella mexicana. (Ehrenberg) Cleve 1894.

var. *mexicana*.

Sin.: *Cocconema mexicanum* Ehrenberg, Ber. Akad. Wiss. Berlin, for 1844: 342. *Cymbella kamtschatica* Grunow, in A.S., Atlas Diat., fig. 10: 31. 1875. *Cymbella mexicana* (Ehrenberg) Cleve, K. Svenska Vet.-Akad. Handl., Ny Följd, 26(2): 177. 1894.

Descripción: Valvas fuertemente dorsoventrales. Margen dorsal bastante curvado, margen ventral cóncavo y con una breve barriga hacia el centro. Area axial arqueada y de amplitud moderada. Presenta un rafe lateral, y filiforme cerca de los extremos proximal y distal. El extremo proximal es bulboso, y en el hay una abertura externa redondeada muy notoria. Extremos distales con distorsión cercana a los 90°, hacia el margen dorsal. Presenta de 7 a 10 estrías en 10 μm ., con visible puntuación, radiadas, y hacia el centro presenta interposición de estrías cortas. Sus medidas (n=7) son: Largo= 90-130 μm . Ancho= 30-35 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas (a excepción del ancho) dadas por Patrick & Reimer (1975, pag 60, fig 12: 1-2.).

Ecología: Patrick & Reimer (1975) mencionan que la ecología de ésta especie es insuficientemente conocida, es extremadamente distribuida, y reportada normalmente en aguas pesadas. (jalcalófila?).

Cymbella microcephala. Grunow in Van Heurck 1880.

Sin.: *Cymbella rutnerii* Hustedt 1931; *Navicula incompta* Krasske 1932.

Descripción: Valvas casi rectas, linear a elíptico-lanceolada, con extremos redondeados o de rostrados a capitados. Area axial muy angosta. Area central desde inexistente hasta muy conspicua. El rafe es lateral, los extremos distales curvados hacia el lado ventral, y los proximales hacia el lado dorsal. Presenta desde 23 estrías en 10 μm a una cantidad que a microscopio óptico no pudo distinguirse debido a que no es posible contarse, aunque Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag327) y Patrick & Reimer (1975, pag 34), mencionan que pueden llegar a 30 en 10 μm . en los extremos, son paralelas o levemente radiales en el centro de la valva y desde ligera a moderadamente radiales hacia los extremos. Sus medidas (n=10) son: Largo= 15-25 μm . Ancho= 3-4 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 327, fig 134: 23-32), y por Patrick & Reimer (1975, pag 34, fig 4: 12a-13b).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie cosmopolita, muy numerosa, en agua desde bajo hasta elevado contenido de sales, y aerófila. Patrick & Reimer (1975) mencionan que es una especie alcalófila, tolerante de alguna concentración de cioro (oligohalobia), y aparece más comúnmente en hábitats bien airados. Lowe (1974) la considera una especie cosmopolita, se encuentra en aguas con un pH alrededor de 7. Tolerante a pequeñas cantidades de sal. En aguas estancadas o con corriente. Perifítica.

Cymbella muelleri. Hustedt 1938.

Sin.: *Cymbella grossestriata* var. *obtusiuscula* O. Müller 1905; *Cymbella turgida* sensu Hustedt 1930 pro parte.

Descripción: Valvas fuertemente dorsoventrales, medio lanceoladas, y en la zona central presenta, en ocasiones, una barriga en el lado ventral. Con extremos redondeados. Area axial linear y en medio de la valva una área central dilatada. Rafe fuertemente lateral con notorias fisuras terminales. Estrías formadas por líneas de gruesas areolas, de 7 a 10 en 10 μm . Sus medidas (n=10) son: Largo= 40-80 μm . Ancho= 12-16 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 311, fig 122: 10-15).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie tropical y que muy raras veces se encuentra en zonas templadas.

Cymbella schinanskii. Krammer 1982.

Descripción: Valvas moderadamente dorsoventrales y lanceoladas; margen dorsal convexo, margen ventral levemente convexo y en la región media presenta una ligera barriga. Extremos redondeados. Rafe reverso-lateral. Las fisuras distales del rafe se comban hacia el lado dorsal y las proximales terminan en un poro central. Area axial angosta, linear y en el centro se ensancha levemente hasta formar una área central ovalada. Presenta de 6 a 9 estigmas amplios, en la parte ventral de la región media de la valva, los cuales parecen prolongaciones de las estrías medias. Presenta de 8 a 10 estrías en 10 μm ., radiales y notoriamente

punteadas. Sus medidas (n=5) son: Largo= 130-170 μm . Ancho= 28-34 μm . Nuestro ejemplares coinciden con las figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 320, fig 132: 1), pero no así con las medidas, ya que se encontraron ejemplares un poco más pequeños de los rangos dados por dichos autores.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) menciona que es una especie numerosa en regiones de los Alpes de Europa media, donde es epipélica y epifítica en manantiales pantanosos, sitios tranquilos y en torrentes. (oligotróficas y calcáreas).

• **GENERO *Gomphonema*.**

***Gomphonema gracile* Ehrenberg 1838.**

Sin.: *Gomphonema lanceolatum* Ehrenberg 1841; *Gomphonema grunowii* Patrick 1975.

Descripción: Valvas lanceoladas, linear-lanceolada a rómbico-lanceolada, asimétricas. Con extremos agudos y uno de ellos es mas largo y afilado. Area axial estrecha. Area central unilateral debido a que de un lado la estría media es muy pequeña y del otro lado la estría termina en un punto. Ambas estrías medias están más distantes de las dos adyacentes en comparación al resto de la valva. Sus medidas (n=10) son: Largo= 30-90 μm . Ancho= 5-8 μm . Presenta de 10 a 13 estrías en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 361, fig 156: 1-11; 154: 26,27.) y por Patrick & Reimer (1975, pag 131, fig 17: 1-3).

Nota: Patrick & Reimer (1975) utiliza variedades que Krammer & Lange-Bertalot (1986) fusionan en una sola especie.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie cosmopolita, desde aguas con alto contenido electrolítico hasta aguas negras, soportan biotopos oligosaprobios hasta β -mesosaprobios. Patrick & Reimer (1975) mencionan que es una especie de litorales y raramente de comunidades planctónicas. Habitan aguas dulces y en lugares con pequeña acumulación de sal. Tolera un amplio rango de pH y conductividad. Prefiere aguas de bajo contenido de nutrimentos.

***Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing 1849.**

Sin.: *Sphenella parvula* Kützing 1844; *Gomphonema lagenula* Kützing 1844 (?)
Gomphonema micropus Kützing 1844.

Descripción: Valvas lanceoladas, elípticas u ovals, asimétricas. Con extremos capitados o redondeados y afilados, uno de los extremos mas adelgazado que el otro. Area axial estrecha. Area central angosta y formada por una estría media que de un lado es más pequeña que las demás y del otro lado termina en un punto aislado. La distancia entre la estría media y las demás es un poco más amplia que la distancia entre dos estrías en el resto de la valva. El rafe es delgado y las fisuras terminales son pequeñas. Presenta de 10 a 16 estrías en 10 μm ., en ángulo recto al rafe en la región central, y exiguamente radiales o paralelas en los extremos. Sus medidas (n=10) son: Largo= 15-30 μm . Ancho= 4.5-7 μm .

Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 358, fig 154: 1-25), y por Patrick & Reimer (1975, pag 123, fig 17: 7-12).

Nota: Patrick & Reimer (1975) utilizan variedades que Krammer & Lange-Bertalot (1986) fusionan en una sola especie.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie cosmopolita y muy numerosa. Sládeček et.al. (1981) la reporta con distribución en un amplio intervalo saprobio, desde aguas xeno y oligosaprobios (rara vez) hasta β - y α -mesosaprobios (más abundantemente), únicamente no han sido encontradas en aguas muy contaminadas. Patrick & Reimer (1975) mencionan que es de aguas dulces, con óptimo desarrollo en aguas con rico contenido de nutrimentos, principalmente en aguas con desechos sanitarios o de granjas. Lowe (1974) indica que es cosmopolita, con óptimo desarrollo en pH de 7 a 8.2. Tolerante a pequeñas concentraciones de sal. Mesosaprobia, perífítica, mesotermal y estenotermal. Presenta una gran variabilidad morfológica debido, principalmente, a su gran adaptabilidad ya que tolera una gran variedad de condiciones ambientales diferentes y, por lo tanto, tiene muy poco valor como especie indicadora de ambientes particulares.

• GENERO *Navicula*

Navicula cryptotenella. Lange-Bertalot 1985.

Sin.: *Navicula tenella* Brébisson ex Kützing 1849 sensu Grunow 1880; *Navicula radiosa* var. *tenella* (Brébisson ex Kützing) Van Heurck 1885 (V. H. Type de Synopsis 107, non Cleve & Möller 1881, Nr. 224).

Descripción: Valvas ligeramente lanceoladas, con extremos adelgazados redondeados y puntiagudos. Area axial muy estrecha y linear. Area central pequeña y asimétrica. Rafe en forma de hilo. Presenta de 14 a 18 estrías en 10 μ m. radiales y habitualmente curvadas, en la zona central están arregladas de manera irregular, y hacia los extremos se vuelven convergentes; algunas veces, se alternan pequeñas y grandes. Sus medidas (n=10) son: Largo= 25-45 μ m. Ancho= 5-7 μ m. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 106, fig 33: 9-11) y las dadas por Patrick & Reimer (1966, pag 510, fig 48: 17), para *Navicula radiosa* var. *tenella*.

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie cosmopolita, indicadora de aguas β -mesosaprobias, aunque a veces se encuentran en la oligosaprobiedad, relativamente indiferente al pH y contenido iónico, más sensible al contenido de materia orgánica. Patrick & Reimer (1966) indican que es común en todos los tipos de agua dulce circumneutral; desde oligohalobios hasta indiferentes a concentraciones de sal.

Navicula goeppertiana. (Bleisch) H. L. Smith 1874-1879.

var. *goeppertiana*

Sin.: *Stauroneis goeppertiana* Bleisch in Rabenhorst 1861; *Navicula mutica* var. *goeppertiana* (Bleisch) Grunow in Van Heurck 1880; *Navicula mutica* var. *tropica* Hustedt 1937; *Navicula mutica* f. *goeppertiana* (Bleisch) Hustedt 1966; *Navicula terminata* Hustedt 1966.

Descripción: Valvas desde elíptico-lanceoladas hasta rómbico-lanceoladas, con extremos considerablemente redondeados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 10-60 μm . Ancho= 6-9 μm . Rafe filiforme, en los extremos proximales se curva hacia un lado, pero no en forma de gancho. Area axial moderada y lanceolada. Area central casi hasta el borde valvar. y presenta un estigma muy notorio que, a microscopio óptico, se observa como un triángulo apuntando hacia el rafe. Presenta de 18 a 24 estrías en 10 μm ., radiales, con punteaduras bastante apreciables. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 150, fig 62: 1-7).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) establecen que ésta especie es cosmopolita y muy numerosa, En aguas α - β -mesosaprobias hasta polisaprobias. Esencialmente en aguas de rico contenido electrolítico (no aguas residuales), soportan gran cantidad de contaminantes.

Navicula nivalis. Ehrenberg 1854. pag. 153.

Sin.: *Navicula quinquenodis* Grunow 1860; *Navicula mutica* var. *quinquenodis* Grunow in Van Heurck 1880; *Navicula mutica* var. *nivalis* (Ehrenberg) Hustedt 1911.

Descripción: Valvas lanceoladas o linear-elípticas con márgenes triondulados, tiene los extremos capitados y ampliamente redondeados. Area axial angosta, expandiéndose hacia el centro de la valva. El área central es una fascia transversal, debido a el acortamiento de las estrías, y por lo tanto no llega hasta los márgenes, además presenta un punto aislado notorio. El rafe es filiforme y sus extremos proximales se curvan hacia el mismo lado. Presenta de 19 a 24 estrías en 10 μm ., fuertemente radiales y visiblemente punteadas. Sus medidas (n=10) son: Largo= 14.5-30.5 μm . Ancho= 7-12 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 153, fig 61: 17-20.).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) indican que es una especie cosmopolita, generalmente en poblaciones aisladas; su ecología esencial es en medios aerados, en biotipos húmedos variados como céspedes de musgo, sobre grandes muros y rocas.

Navicula porifera. Hustedt 1944.

var. *opportuna* (Hustedt) Lange-Bertalot 1985.

Sin.: *Navicula opportuna* Hustedt 1950.

Descripción: Valvas de forma rombo-elípticas hasta rombo-lanceoladas, con extremos considerablemente redondeados. Rafe filiforme. Area axial muy escueta y linear. Area central estrecha y ensanchada transversalmente de manera irregular,

sin estigmas. Presenta de 12 a 16 estrías en 10 μm ., radiadas y arqueadas, en la zona media de la valva, con alternancia de estrías largas y cortas, de estructura fina. Sus medidas (n=10) son: Largo= 11-22 μm . Ancho= 6-12 μm . Nuestro ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 142, fig 47: 22-24).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que es una especie oligosaprobia, en agua de medio a elevado contenido electrolítico.

Navicula pupula Kützing 1844. pag. 189.

var. pupula

Descripción: Valvas linear-lanceolada con un leve hinchamiento transapicalmente a la mitad de la valva y adelgazándose levemente hacia los extremos, los cuales son considerablemente redondeados o capitados. Area axial delgada y linear. Area central con una fascia transversal, que no llega a tocar los extremos. Rafe recto, los nódulos terminales están transversalmente hinchados. Presenta de 16 a 24 estrías en 10 μm ., las cuales son radiales y hacia los polos van desde paralelas hasta convergentes; en el centro valvar están arregladas de manera irregular, y de tamaño variable (pero siempre más cortas que el resto de las estrías de la valva). Sus medidas (n=10) son: Largo= 22.5-49 μm . Ancho= 7-10.5 μm . Nuestro ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 189, fig 68: 1-12), por Hustedt (1930, pag 281), y por Patrick & Reimer (1966, pag 497, fig, 47: 8; 12).

Nota: Nuestros ejemplares pueden ser situados en dos variedades de *Navicula pupula* que según Patrick & Reimer (1966), serían *Navicula pupula var. capitata* y *Navicula pupula var. rectangularis*. Pero hemos seguido el criterio de Krammer & Lange-Bertalot (1986) los cuales engloban a ambas variedades dentro de la variedad *Navicula pupula var. pupula*.

Ecología: Kramer & Lange-Bertalot (1986) mencionan que son cosmopolitas, una especie numerosa en trópicos y subtropicos, aunque de gran amplitud ecológica, epipélica en aguas electrolíticas, y habita en aguas hasta α -mesosaprobias. Patrick & Reimer (1966) mencionan para *Navicula pupula var. capitata* que es una especie que prefiere aguas dulces circumneutrales de contenido mineral moderadamente alto, y halófila; para *Navicula pupula var. rectangularis* mencionan que prefiere aguas con más alto contenido mineral que la anterior variedad.

• GENERO *Pinnularia*

Pinnularia borealis. (Ehrenberg 1843)

var. borealis.

Descripción: Contorno de la valva linear amplia hasta linear-elíptico, levemente convexos. Extremos poco marcados, amplios y redondeados. Sus medidas (n=5) son: Largo= 35-60 μm , Ancho= 11-14 μm . Rafe en la zona media poco curvado hacia un costado, en un poro central moderado. El extremo distal en

forma de signo de interrogación. Area axial desde suavemente estrecha a amplia. Area central espaciosa, redondeada, de 1 a 2 estrías acortadas en la parte media. Estrías muy robustas, en la región media desde paralelas a ligeramente radiales, en los extremos desde paralelas hasta levemente convergentes. Estrías 5 a 6 en 10µm. Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1986, pag 405, fig 177:1-12; 178:7).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1986) indican que ésta especie es cosmopolita, tanto en aguas quietas como en aguas con corrientes, son frecuentes desde la llanura hasta la montaña. Prefiere condiciones aeradas y se encuentra también continuamente en musgo seco, en muros y en suelo húmedo.

Pinnularia maior. (Kützing) Robenhorst 1853

Sin.: *Frustulia maior* Kützing 1833.

Descripción: Valvas lineares, presenta los extremos redondeados y levemente ampliados transapicalmente. Sus medidas (n=10) son: Largo= 150-200 µm. Ancho= 25-40 µm. Area axial moderadamente amplia. Area central delgada, mas redondeada que la área axial. Las estrías en la parte media son radiales, y hacia los ápices son convergentes, entre ellas regularmente una sección de estrías paralelas. Estrías= 5-8 en 10µm. Nuestros ejemplares coinciden con algunas figuras y medidas dadas por Krammer & Lange Bertalot (1986, pag 429, fig 196:1-4).

Ecología: Krammer & Lange Bertalot (1986) menciona que es una especie cosmopolita, con optimo desarrollo en aguas distróficas con bajo contenido electrolitico.

FAMILIA BACILLARIACEAE

• GENERO *Hantzschia*.

Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880.

Sin.: *Eunotia amphioxys* Ehrenberg 1843.

Descripción: Valvas asimétricas o sigmoideas, con simetría dorsoventral hantzschioide. El margen dorsal es ligeramente cóncavo y el ventral presenta una visible constricción hacia el centro de la valva. Presenta extremos redondeados y capitados. Sus medidas (n=5) son: Largo= 27-95 µm. Ancho= 5.5-10 µm. Presenta de 5 a 8 fíbulas en 10 µm., de las cuales las centrales están más separadas entre si que las del resto de la valva. Tiene de 20 a 28 hileras uni- o biseriadas de areolas (estrías) en 10 µm. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 128, fig 88:1-7), y con la descripción dada por Round (1991, pag 160).

Ecología: Tanto Krammer & Lange-Bertalot (1988) como Round (1991) mencionan que es una especie cosmopolita, en bentos de aguas dulces o más raramente salobres, ubicua en suelos, aerófila.

• GENERO *Nitzschia*
Nitzschia amphibia. Grunow 1862.
var. *amphibia*

Sin.: *Nitzschia amphibia* var. *acutiuscula* Grunow in Cleve & Grunow 1880.

Descripción: Valvas elípticas, lanceoladas hasta linear-lanceolada, con extremos estrechados y redondeados en la punta. Sus medidas (n=10) son: Largo= 5-50 μm . Ancho= 4-6 μm . Presenta de 7 a 9 fíbulas en 10 μm ., en forma de espinas, pero más cortas que en la *Nitzschia amphibioides*, y en la zona central están más separadas unas de otras en comparación al resto de la valva. Tienen de 16 a 18 estrías en 10 μm ., las cuales son claramente punteadas. Nuestros ejemplares coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 108, fig 78: 13-21).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que esta especie es cosmopolita. Resiste amplias variaciones ambientales. En medios de contenido electrolítico medio hasta contenido muy elevado, o en suelo húmedo. También en condiciones α -mesosaprobias. Se encuentra incluso en aguas negras tratadas. Lowe (1974) indica que es una especie desde alcalófila hasta alcalinobiótica (con desarrollo optimo en pH ligeramente por encima de 8.5). Eutrófica. Perifítica. Euritermal, oligotermal o mesotermal. Tolerante a pequeñas concentraciones de sal. Se puede encontrar tanto en aguas quietas (lagos, pequeños cuerpos de agua estancada) o en aguas corrientes (ríos, arroyos).

var. *frauenfeldii*. (Grunow) Lange-Bertalot 1987.

Sin.: *Bacillaria frauenfeldii* Grunow 1862; *Nitzschia amphibia* var. *elongata* Grunow in Cleve & Möller 1879; *Nitzschia amphibia* var. *frauenfeldii* Grunow in Van Heurck 1881; (?) *Nitzschia denticuloides* Hustedt 1942.

Descripción: Valvas lanceoladas hasta linear-lanceolada, con extremos redondeados en la punta. Sus medidas (n=10) son: Largo= 50-100 μm . Ancho= 5-9 μm . Presenta de 7 a 9 fíbulas en 10 μm ., con forma de espinas, las cuales en la zona central se encuentran más separadas que en el resto de la valva. Esta especie tiene de 16 a 18 estrías en 10 μm ., toscas, y con una puntuación muy visible. Nuestras especies coinciden con las figuras y medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 109, fig 78: 25,26).

Esta especie puede confundirse con *Nitzschia amphibioides*, de la cual difiere en el número de fíbulas y de estrías en 10 μm ., además las fíbulas en *Nitzschia amphibioides* son un poco más largas alcanzando o sobrepasando muchas veces una tercera parte del ancho valvar.

Ecología: La misma que la variedad tipo.

Nitzschia amphibioides. Hustedt 1942

Sin.: (?) *Nitzschia robusta* Hustedt 1949; *Nitzschia denticula sensu auct. nonnull.*

Descripción: Valvas elípticas lanceoladas hasta linear-lanceolada, con extremos estrechados y redondeados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 10-80 μm . Ancho= 5-6 μm . Presenta de 6 a 8 fíbulas en 10 μm , con forma de espinas, las

cuales en la zona central están más separadas unas de otras. Presenta de 13 a 15 estrías en 10 μm , toscas y con una clara puntuación. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 109, fig 78: 27-29).

Ecología: Krammer & Lange Bertalot (1988), mencionan que es una especie de distribución cosmopolita, en regiones cálidas y típica de aguas con alto contenido electrolítico.

Nitzschia frustulum. (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880.

var. *bulnheimiana*. (Rabenhorst) Grunow in Van Heurck 1881.

Sin.: *Homoeocladia bulnheimiana* Rabenhorst 1864; *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow in Van Heurck pro parte.

Descripción: Valvas linear-lanceolada, largas, con extremos en forma de cuña y las puntas redondeadas hasta más o menos capitadas. En la parte media de la valva presenta a ambos lados una ligera depresión formándose una cintura. Sus medidas (n=10) son: Largo= 15-40 μm . Ancho= 2.5-3.5 μm . Presenta de 10-12 fíbulas en 10 μm , de forma corta y cuadrada, las cuales están visiblemente más separadas en la parte central. Estrías de 20-25/10 μm . con una puntuación más o menos clara, nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 94, fig 68: 11-19)

var. *frustulum*. (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880.

Sin.: *Synedra frustulum* Kützing 1844, *Nitzschia minutissima* W. Smith 1853 pro parte, *Nitzschia perpusilla* Grunow 1862, *Nitzschia liebethuthii* Rabenhorst 1864, *Nitzschia liebethuthii* var. *siamensis* Hustedt 1922.

Descripción: Valvas linear-lanceolada hasta lanceolada, con extremos en forma de cuña, redondeados hasta vigorosamente capitados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 5-40 μm . Ancho= 2-4 μm . (Más pequeñas que *Nitzschia fossilis*). Fíbulas de 10 a 14 en 10 μm , cortas y cuadradas, no marginales sino ligeramente excéntricas, en la parte central visiblemente más separadas. Estrías de 24 a 28 en 10 μm , con una puntuación distinguible. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 94, fig 68: 1-8).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que estas variedades son cosmopolitas y muy numerosas, en aguas continentales salobres y en costas marinas. Aunque se han mencionado formas tropicales, ligeramente diferentes, que habitan en aguas dulces de escaso contenido electrolítico

Nitzschia linearis. (Agardh) W. Smith 1853.

Sin. *Frustulia linearis* C. Agardh fide W. Smith 1853; *Surirella multifasciata* Kützing 1844 pro parte.

Descripción: Valvas lineares hasta linear-lanceolada, con extremos considerablemente adelgazados, redondeados o ligeramente capitados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 45-150 μm . Ancho= 2.5-6 μm . Fíbulas de 10-16 en 10 μm , delgadas y cortas, las cuales en la parte media de la valva están dispuestas a mayor distancia que en el resto. Numerosas estrías que no permiten ser distinguibles a microscopio óptico. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 69, fig 55: 1-10).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que está especie es cosmopolita. Subaerea. Resiste amplias variaciones ecológicas, aunque puede considerarse circumneutral. En aguas con contenido electrolítico medio hasta moderadamente elevado, β - α -mesosaprobio.

Nitzschia palea. (Kützing) W. Smith 1856

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith 1856

Sin: *Synedra palea* Kützing 1844; (?) *Nitzschia accommodata* Hustedt 1949.

Descripción: Valvas lineares y adelgazadas hacia los extremos en forma de cuña. Sus medidas (n=10) son: Largo 20-40 μm . Ancho 2.5-4 μm . Presenta de 15 a 17 fíbulas en 10 μm , cortas y cuadradas, separadas de forma irregular. Las estrías, debido a su gran numero, son invisibles a microscopio óptico. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras de Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 85, fig 59: 1-24; 60: 1-7). Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que ésta es una especie cosmopolita y muy numerosa. Especialmente en aguas α -mesosaprobias hasta polisaprobias. Muy resistente a la contaminación.

var. *tenuirrostris*. sensu Lange-Bertalot 1976 nec.
Grunow in Van Heurck 1881.

Sin: (?) *Nitzschia gracilis* Hantzsch 1860; *Nitzschia palea* var. *tenuirrostris* sensu Lange-Bertalot 1976 nec. Grunow in Van Heurck 1881.

Descripción: Valvas lineares hasta linear-lanceolada, con un amplio adelgazamiento hacia los extremos en forma de cuña y redondeados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 20-40 μm . Ancho= 2-3.5 μm . Presenta de 12 a 16 fíbulas en 10 μm , cortas y cuadradas, separadas de forma desigual hacia el centro de la valva. El número de estrías es muy amplio y por lo tanto, al microscopio óptico no se observan, dando la impresión de no presentar. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras de Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 85, fig 59: 21-23).

Ecología: La misma de la especie.

Nitzschia aff. sigmoidea. (Nitzsch) W. Smith 1853.

Sin: *Bacillaria sigmoidea* Nitzsch 1817; *Synedra armoricana* Kützing 1844; *Nitzschia armoricana* (Kützing) Grunow 1862; *Sigmatella brebissonii* Kützing 1849; (?) *Nitzschia speciosa* Hustedt 1945; *Nitzschia brebissonii* W. Smith 1853.

Descripción: Valvas lineares y \pm sigmoideas. Sus medidas (para 15 fragmentos de ejemplares medidos) son: Largo= 50-95 μm . Ancho= 8-12 μm . Presenta de 5 a 7 fíbulas en 10 μm , y conopeo. Tiene de 25 a 28 estrías en 10 μm . Nuestros ejemplares entran dentro de los rangos de medidas dadas por Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 12, fig 4: 1, 2; 5: 1-5.), y Germain (1981, pag 366, fig 138:1-4); los cuales dan de Largo= (90) 150-a más de 500 μm . Ancho= 8-15 μm . Fíbulas= 5-7/10 μm . y estrías= (21)23-27/10 μm .

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) mencionan que es una especie cosmopolita, numerosa, en aguas desde meso hasta eutróficas, con mediano a elevado contenido electrolítico. Epipélica en detritus o aguas negras. Germain (1981) menciona que es una especie muy común, entre macrófitas o sobre piedras en arroyos de aguas corrientes, a veces ricas en calcio.

Nitzschia supralitorea. Lange-Bertalot 1979

Sin.: *Nitzschia fonticola* sensu Cholnoky et auct. nonnull.

Descripción: Valvas lanceoladas con ápices capitados. Sus medidas (n=10) son: Largo= 10-20 μm . Ancho= 2.5-3.5 μm . Presenta de 14 a 16 fíbulas en 10 μm , delgadas y cortas, y en la parte media son equidistantes con el resto de la valva. Tienen de 28 a 32 estrías en 10 μm , con una puntuación visible. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras de Krammer & Lange-Bertalot (1988, pag 97, fig 70: 14-21).

Ecología: Krammer & Lange-Bertalot (1988) menciona que ésta especie es cosmopolita, muy frecuente en aguas eutróficas con contenido electrolítico medio a moderadamente elevado.

GLOSARIO

- **ALCALINOBIÓNTICA:** Especie que se localiza en aguas con un pH por arriba de 7, con un buen desarrollo en aguas con un pH inferior a 7 (Lowe, 1974)
- **ALCALINÓFILA:** Especies con un buen desarrollo en aguas con un pH superior a 7. (Lowe, 1974)
- **ACIDÓFILA:** Especies con un buen desarrollo en aguas con un pH inferior a 7. (Lowe, 1974)
- **ANILLO HIALINO:** Estructura sin ornamentación que se presenta en la zona marginal de la valva con rafe del género *Cocconeis*, o en ambas valvas en la especie *C. scutellum*. Diferentes autores le han denominado asimismo "loculiferous annulus" (Cleve 1895), "Ring rudimentärer Kammern" (Hustedt 1933) y "fimbriate valvocopulae" (Holmes et al. 1981) (todos ellos citados por Krammer & Lange-Bertalot 1991)
- **ÁPICES:** Sinónimo de extremo valvar en las diatomeas pennaes (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **AXIAL (AREA, PSEUDORAFE, ESPACIO O ZONA):** Zona central y alargada transapicalmente, del frústulo de las diatomeas pennaes en vista valvar. en la cual no entran las estrías y en donde se ubica el rafe (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **CANAL**
- **RAFIDIANO:** Engrosamiento hueco debajo del rafe (cara interna) que en el género *Nitzschia* se sitúa en el área marginal y se prolonga hacia el interior de la valva en forma de costillas (fíbulas o quillas) (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **CAPITADO:** Relativo a poseer una forma de cabeza, es decir, abultada y conectada con el resto de la estructura mediante un cuello más delgado (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **CARINA:** Ver canal rafidiano (presente en el género *Nitzschia*) (Krammer & Lange-Bertalot 1991)
- **CENTRAL (ÁREA, ESPACIO O ZONA):** Zona media de la valva donde no inrumpen las estrías, tanto en las diatomeas centrales como en las pennaes (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **CÍNGULO (SUTURA):** Parte del frústulo, unión entre la epivalva y hipovalva, está compuesto por varios elementos o cinturas (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **CIRCUMNEUTRAL (INDIFERENTE AL pH):** Relativo a aguas con un pH alrededor de 7, denotando un muy buen desarrollo de las diatomeas alrededor de este pH (Lowe, 1974)

- **CONOPEO (CONOPEUM):** Canales cubiertos por un ala silicia que acompañan el canal del rafe en las secciones *Spathulatae?*, *Sigmoidea?* y *Dissipata?* del género *Nitzschia* (Krammer & Lange-Bertalot 1991)
- **COSTAE:** Espacios sin poros en el manto valvar de algunas especies de *Stephanodiscus*, entre las espinas y el extremo marginal de la valva (*sensu* Kobayasi & Kobayashi 1987)
- **DISTAL (EXTREMO):** Extremo que termina en los ápices valvares de las diatomeas pennales (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **EJE APICAL:** Es el que transcurre entre los ápices del frústulo y se aplica en las diatomeas con simetría bilateral (arrafidiadas y rafidiadas) (Krammer & Lange-Bertalot, 1986).
- **EJE PERVALVAR:** Es el que cruza en forma perpendicular a las hemivalvas) (Krammer & Lange-Bertalot, 1986)
- **EJE TRANSAPICAL:** Es el que cruza perpendicularmente al eje apical, es decir, va de lado a lado de la zona pleural) (Krammer & Lange-Bertalot, 1986)
- **EPIPÉLICO:** Relativo a organismos que viven en el lodo o sustrato (Bradbury, 1988)
- **EPIPÍTICO:** Organismos que viven sobre rocas húmedas o en otras superficies submergidas (plástico, metal, vidrio y madera) (Bradbury, 1988)
- **EPIFÍTICO:** Relativo a organismos que viven sobre plantas acuáticas (Bradbury, 1988)
- **EPIVALVA (EPITECA):** Valva superior del frústulo que cubre y embona por la parte exterior con la hipovalva (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **ESTAURO:** Es una zona central ampliada hasta los bordes de la valva por carecer de estrías en el centro (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **ESTIGMA:** Estructura pequeña y redonda que se encuentra en un lado del área central en especies de géneros como *Cymbella*, *Gomphonema*, *Navicula*, etc. Es sinónimo de PUNTO. Perforación de la pared silicea cerca del nódulo central en el orden Pennales (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **ESTRÍA:** Líneas de areolas, de puntos o un alveolo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **EUTERMAS:** Propio de organismos que viven en aguas termales, usualmente con una temperatura superior a 30°C (Lowe, 1974)
- **EUTRÓFICA:** Especie característica de aguas con alta concentración de nutrimentos (Patrick, R., 1977)
- **FASCÍCULO:** equivalente de estría para las especies de *Stephanodiscus* (según Kobayasi & Kobayashi 1987)

- **FÍBULA:** Elementos silíceos del rafe que dejan espacios entre sí (interespacios). Se les denominan también: PUNTOS CARENALES ó PUNTOS DE LA QUILLA (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **FISURA TERMINAL:** Forma de terminación del rafe en su extremo terminal (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **FISURA CENTRAL (PROXIMAL):** Forma de terminación del rafe en su extremo proximal (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **FRÚSTULO (TECA):** Parte silícea de la pared celular de las diatomeas, formado por dos valvas o conchas a manera de las dos tapas de una caja de petri (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **FULTOPÓRTULA (PROCESO REFORZADO, strutted process):** Estructura tubular que atraviesa la valva de lado a lado, con orificios en la parte interna; estos orificios están más reforzados con sílice, presentan poros satélites no visibles desde el exterior (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **HELICTOGLOSA:** Estructura interna de las terminaciones del rafe (en forma de gota de agua), característica del subgénero *Achnanthes* (Krammer & Lange-Bertalot 1991)
- **HIPOVALVA (HIPOTECA):** Valva inferior del frústulo, de menor tamaño que la Epivalva (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **INTERFASCÍCULO:** Espacio liso entre estrías (según Kobayasi & Kobayashi 1987)
- **LONGITUDINAL (AREA, ESPACIO, ZONA):** sinonimo de AREA AXIAL
- **LONGITUDINAL (EJE):** El eje que atraviesa el frústulo, pasando por los ápices en las diatomeas pennales (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **MANTO VALVAR:** Zona con poros de la valva de *Stephanodiscus*, entre las espinas y el extremo exterior de la valva (*sensu* Kobayasi & Kobayashi 1987)
- **MESOTERMAS:** Propio de organismos que viven en aguas templadas, usualmente entre 15°C y 30°C (Lowe, 1974)
- **MESOTROFICO:** Relativo a aguas con moderada concentración de nutrimentos (Patrick, R., 1977)
- **MESOSAPROBIO:** Relativo a zonas con procesos medianamente intensos de putrefacción de desechos de origen orgánico (Patrick, R., 1977), (Lowe, 1974)
- (α -Mesosaprobio): Relativo a zonas con fuerte contaminación de materia orgánica (Lowe, 1974)

- (β -Mesosaprobio): Relativo a aguas menos contaminadas por materia orgánica que la anterior (Lowe, 1974)
- **NÓDULO TERMINAL (DISTAL)**: Engrosamiento del rafe en los ápices, es donde se encuentra la fisura terminal (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **NÓDULO PROXIMAL (CENTRAL)**: Engrosamiento del rafe, interrumpiéndolo en el área central (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **OLIGOTERMAS**: Propio de organismos que viven en aguas frías, usualmente entre 0°C y 15°C (Lowe, 1974)
- **OLIGOTRÓFICO**: Relativo a aguas con baja concentración de nutrimentos (Patrick, R., 1977)
- **OLIGOSAPROBIO**: Relativo a zonas con oxidación completa de componentes biodegradables, los cuales se acumulan en baja cantidad (Patrick, R., 1977)
- **PERIFÍTICO**: Relativo a habitar sobre otros vegetales sumergidos (Bradbury, 1988)
- **PLEURAL**: Relativo a la vista lateral del frústulo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **POROIDE**: Equivalente a areola (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **PROXIMAL (EXTREMO)**: Extremo que termina en el área central de la valva de las diatomeas pennales (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **PSEUDORAFE**: Área axial sin rafe, en lugar del rafe se observa únicamente una huella (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **PUNTO**: Ver ESTIGMA.
- **QUILLA**: Ver FIBULA.
- **QUINCUNX**: Forma como se distribuyen las areolas en las valvas de las diatomeas, o en forma de hileras verticales y paralelas entre sí, o bien alternadamente. ver *N. amphibia*, pág 108 Krammer & Lange-Bertalot (1988); y *Stephanodiscus neoastraea* pág. 69 Krammer & Lange-Bertalot (1991)
- **RAFE**: Fisura longitudinal que se ubica en el área axial (véase). Una fisura o un par de fisuras a través de la valva (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **RAFE REVERSO-LATERAL**: Rafe que forma un pequeño zig-zag en su parte media-proximal (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **RIMOPÓRTULA (PROCESO LABIADO)**: Un tubo o abertura a través de la pared de la valva, provisto hacia el interior de un tubo aplanado rodeado a menudo de dos labios (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)

- **ROSETA:** Se localiza en el centro de la valva y esta compuesta por varias areolas aisladas por un círculo hialino de aproximadamente 2 μm de diámetro (Theriot & Stoermer 1982)
- **ROSTRADO:** Relativo al engrosamiento de un ápice sin la presencia de un cuello adelgazado que lo una con el resto del frústulo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **SAPROBIEDAD (SAPROBIO):** Término que alude al acúmulo de materia orgánica en un cuerpo de agua (Patrick, R., 1977)
- **SAPRÓFILO:** Característico de organismos que se localizan en aguas contaminadas aunque también pueden localizarse en otras condiciones, se les considera a estos organismos como indiferentes (Patrick, R., 1977)
- **SAPROXENO:** Organismos característicos de aguas limpias, aunque también pueden sobrevivir en presencia de contaminación (Patrick, R., 1977).
- **SAPROFÓBICO:** Organismos característicos de aguas que no han sido expuestas a la contaminación orgánica (Patrick, R., 1977)
- **SEMITECA.** Cada una de las valvas que forman el frústulo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **SUTURA:** Ver cíngulo.
- **TECA:** Ver frústulo.
- **TICOPLANCTON:** Organismos béntonicos o epífitos que, por resuspensión turbulenta, aparecen como elementos planctónicos (Lowe, 1974)
- **TRANSAPICAL:** Relativo al eje longitudinal en vista valvar (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **TRIONDULADO:** Relativo a la presencia de 3 ondulaciones en los márgenes valvares (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **VALVAR:** Relativo a la vista superior o inferior del frústulo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)
- **VALVOCÓPULA FIMBRIADA:** Estructura del frústulo de *Cocconeis* asociada con el anillo hialino (ver) por su parte interior (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).
- **VISTA CONECTIVA:** Observación de un frústulo por el lado del cíngulo (Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1991)

LITERATURA CITADA.

- Aaby, B. & G. Digerfeldt. 1986. Sampling Technique for Lakes and Bogs. Pp. 181-194 in B. E. Berglund. (De): *Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohidrology*. John Wiley and Sons Ltd. Chicester, 869 pp.
- Abbott, W. H. & Van Landingham. 1972. Micropaleontology and paleoecology of Miocene non-marine diatoms from the Harper District, Malheur Country, Oregon. *Nova Hedwigia* 23: 847-906.
- Anderson, N.J. 1990. The biostratigraphy and taxonomy of *Stephanodiscus* and *Cyclostephanos* species (Bacillariophyceae) in an eutrophic lake, and their ecological implications. *Br. Phycol. J.* 25: 217-235.
- Andrews, G. W. 1966. Late Pleistocene diatoms from the Trempealeau Valley, Wisconsin. *Geol. Surv. Prof. Paper* Pp 523.
- Andrews, G. W. 1972. Some fallacies of quantitative diatom paleontology. pp.285-294 in Simonsen & Reimer (Eds.): First symposium on recent and fossil marine diatoms. *Nova Hedwigia, Heft* 39: 285-295.
- Barber, G. H. & Y. E. Haworth. 1981. A guide to the morphology of diatom frustule. *Freshwater Biological Association. Scientific publication No. 44.* pp. 112.
- Barron, A.J. 1993. Diatoms. p 155-167 in Lipps, H. J (Eds.): *Fossil Prokaryotes and Protists*. lackwell Scientific Publications. USA. 342 pp.
- Battarbee, R. W. 1978. Observations on the recent history of Lough Neagh and its drainage basin. *Philos. Trans. R. Soc. London*, p 303-345.
- Battarbee, R. W. 1984. Diatom analysis and the acidification of lakes. *Philos. Trans. R. Soc. London*, B305: 451-477.
- Blinn, D.W. 1993. Diatom community structure along physicochemical gradients in Saline Lakes. *Ecology* 74(4): 45-361.
- Bold, H. C. & M. J., Wynne. 1978. *Introduction to the Algae: Structure and reproduction*. Prentice Hyall. New Jersey. 706 pp.
- Burrelly, J. P. 1981. *Les algues d'eau douce. Tome II. Les algues jaunes et brunes*. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris. 517 pp.
- Bradbury, J. P. 1971. Paleolimnology of lake Texcoco, Mexico. Evidence from diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 16(2): 180-200.
- Bradbury, J. P. 1974. Correlation of Pleistocene and Holocene deposits in the Cuenca of Mexico. *Resumenes del Segundo Encuentro de Paleobotánica y Palinología en México*. Instituto de Geología, U.N.A.M. -E.N.C.B. -I.P.N.. Sociedad Botanica de México. P. 10.
- Bradbury, J. P. 1975. Diatom stratigraphy and human settlement in Minnesota. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 171, 74 pp.
- Bradbury, J. P. 1977. Holocene y late Pleistocene diatom stratigraphy in lake Chalco, Mexico. *Resumenes del Tercer Encuentro de Paleobotánica y Palinología en México*. I.N.A.H. - S.E.P., México. p. 22.

- Bradbury, J. P. 1982a. Holocene Chronostratigraphy of Mexico and Central America. pp. 46-48. in Mangterud, J., Birks, H. J. B. & K. D. Jaeger. (Eds): *Chronostratigraphy subdivision of the Holocene Striae*, Vol. 16. Uppsala.
- Bradbury, J. P. 1982b. Paleocological studies at lake Patzcuaro, Mexican plateau, and at Chalco in the basin of Mexico. *Quat. Res.* 17: 56-70.
- Bradbury, J. P. 1988. Fossil diatoms and neogene paleolimnology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62: 299-316.
- Bradbury, J. P. 1991. The late Cenozoic diatom stratigraphy and paleolimnology of Tule Lake, Siskiyou Co., California. *Jour. Paleolimnol.* 6: 205-255.
- Brugam, R. B. 1980. Diatom stratigraphy of Kirchner Marsh, Minnesota. *Uat. Res.*, 13: 133-146.
- Brugam, R. B. & Patterson, C. 1983. The A/C (Araphidinae/Centrales) ratio in high and low alkalinity lakes in eastern Minnesota. *Freshwater Biology*. 13: 47-55.
- Caballero-Miranda, M. 1991. Resultados preliminares del análisis de diatomeas en sedimentos del lago de Chalco, México. pp. 21-30. in Lozano-García et al. *Paleomagnetismo, Palinología, Paleolimnología y Magnetoestratigrafía en sedimentos lacustres de la Cuenca de México*. Comunicaciones Técnicas del Instituto de Geofísica, U.N.A.M. Contribución I.GF. No. PN-1991-1.
- Cholnoky, B. J. 1968. *Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern*. Cramer, Lehre, 699 pp.
- Dean, W. E., Bradbury, J. P., Andeson, R. Y. and Barnowsky, C. W. 1984. The variability of Holocene climate change: Evidence from varved lake sediments. *Science*, 226: 1191-1194.
- Diaz, L.E. 1917. *Diatomeas Fósiles Mexicanas*. Anales del Instituto Geológico de México. Secretaria de Fomento, Colonización e Industria; Dirección de Minas y Petróleo. México. 31 pp.
- Ehrenberg, C. G. 1846. On the remains of infusoria animalicula in volcanic rocks. *Geol. Soc. London Quart. Jour.*: 73-91.
- Ehrenberg, C. G. 1854. Mikrogeologie das Erden und Fulsen schaffende wirken des unsichtbar kleinen Selbständigen Lebens auf der Erde. *Leipzig XXVIII*. 374, 88 pp. mit tafeln.
- Ehrenberg, C. G. 1866. Mitteilung der cinen phytolitharien tuff als Geibirsart in Toluca -Thale von Mexiko. *Monatsb. d. k. Preuss Akad. d. Wiss. Z. Berlin* 30-31. 158-169 und 324-345. 1 Tafeln.
- Ehrenberg, C. G. 1869. Über mächtige Gebirgs - Schichten Vorherrschend aus mikroskopischer Bacillarien unter und bei der Standt Mexiko. *Abh. d.k.k Akad. d. Wiss. Z. Berlin*. 66 pp. 3 Tafeln.
- Frenguelli, J. 1941. Diatomeas del río de La Plata. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie)*, Tomo III, Sección Botánica: 213-334.
- Flower, R. J. & Battarbee, R. W. 1983. Diatom evidence for recent acidification of two Scottish lochs. *Nature*, 305(5930): 130-133.
- Foged, N. 1993. Some diatoms from Siberia especially from lake Baikal. *Diatom Research* 8(2): 231-279.

- Fukushima, H., A. Ishii, T. Kobayashi & H. Ohtsuka. 1988. Taxonomical Studies on Pennate Diatom *Fragilaria pinnata* Ehr. *Jap. J. Water. Treat. Biol.* 24(2): 29-48.
- Gasse, F. and Tekaja, F. 1982. Tentative definition, comparison and interpretation of fossil diatom assemblages from eastern Africa. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 25(1-2): 135-147.
- Germain, H. 1981. *Flores des Diatomées. Diatomophycées.*- Société Nouvell des Editions Boubée, Paris. 444 pp.
- González-González, J. 1991. Los procesos transformados y los procesos alterados: fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico. *Uroborus* 1(2): 45-90.
- Håkansson, H. 1981. A taxonomic reappraisal of some *Stephanodiscus* species (Bacillariophyta). *Bt. Phycol. J.* 21: 25-288.
- Håkansson, H. & Kling, H. 1989. A light and electron microscope study of previously described and new *Stephanodiscus* species (Bacillariophyceae) from Central and Northern Canadian lakes, with ecological notes on the species. *Diatom Research* 4(2): 273-287.
- Håkansson, H. & Kling, H. 1990. The current status of some very small freshwater diatoms of the genera *Stephanodiscus* and *Cyclostephanos*. *Diatom Research* 5(2): 273-287.
- Haworth, E. Y. 1976. Two late glacial (Late Devensian) diatom assemblage profiles northern Scotland. *New Phytol.*, 77: 227-256.
- 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.
- Hernández-Velasco, A. 1955. *Minerales no metálicos.* C.N.R.R. México. p 91-103.
- Hustedt, F. 1930. *Die Suesswasser-Flora MittelEuropas. Bacillariophyta.* - Verlag von Gustav Fischer, Jena. 466 pp.
- Hustedt, F. 1930-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: Dr. L. Rabenhorst's *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, Band 7, Teil 1, 2, 3, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 920(1) pp; 845(2) pp; 816(3) pp.
- Hürlimann J. 1991. Morphologische und ökologische charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina* Komplex sensu Lange-Bertalot, 1980. *Diatom Research* 6(1): 21-47.
- Hutchinson, G.E., R. Patrick & E.S. Deevey. 1958. Sediments of lake Patzcuaro, Michoacán, México. *Bulletin of the Geological Society of America* 67: 1491-1504.
- Klaus, D. 1973. Fluctuaciones del clima en el Valle de Puebla - Tlaxcala. *in Comunicaciones* 7: 59-62.
- Kjemperud, A. 1981. Diatom changes in the sediments of basins possessing marine/lacustrine transitions in Frosta, Nord-Trondelag, Norway. *Boreas*, 10: 27-38.

- Kobayasi, H. & Kobayashi, H. 1987. Fine structure and taxonomy of the small and tiny *Stephanodiscus* (Bacillariophytaceae) species in Japan *S. delicatus* Genkel and the characters useful in identifying five small species. *Journal of Phycology* 35(4): 268-276.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986, 1988 & 1991. *Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa*: 1, 2 & 3 Teil. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 876, 596 & 437 pp.
- Kützing, F.T. 1844. *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomen*. Nordhausen. 152 pp.
- Lange-Bertalot, H. 1980. Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. *Nov. Hedw.* 33: 723-787.
- Lipsey Jr., L.L. 1988. Preliminary results of a classification of fifty-one selected northeastern Wisconsin lakes (USA) using indicator diatom species. *Hydrobiology* 166: 205-216.
- Lohman, K. E. 1960. The ubiquitous diatom - A brief Survey of the present state of knowledge. *American Journal of Science, Bradley*, p 180-191.
- Lohman, K. E. 1961. Geological ranges of Cenozoic non-marine diatoms. *Geological Survey Research D.* 373: 234-236.
- Lowe, R.L. 1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. EPA Report # EPA-670/4-74-005, Cincinnati OH. 333 pp.
- Lozano García, R. 1946. El tízar y su distribución en México. *Estudios Geológicos-Económicos. Series de minerales no-metálicos*. Instituto de Geología, U.N.A.M., México.
- Lozano, G. S., J. Urrutia F., M. Caballero M. y B. Ortega G. 1991. *Paleomagnetismo, Palinología, Paleolimnología y Magnetoestratigrafía en sedimentos lacustres de la Cuenca de México*. *Comunicaciones Técnicas. Series de Investigación*. No. 124. Instituto de Geofísica, U.N.A.M. 52 pp.
- Margalef, R. 1957. Los microfósiles del lago miocénico de la Cerdaña como indicadores ecológicos. *Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada"*, Barcelona, fasc. 4: 13-17.
- Margalef, R. 1962. Registro fósil de fluctuaciones climáticas de corto periodo en el área pirenaica y en época miocénica. *Actas del Tercer Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos*, pp 217-226.
- Margalef, R. 1969. Size of centric diatoms as an ecological indicator. *Mitt. Internat. Verein Limnol.* 17:202-210.
- Metcalfe, S.E. 1985. *Lake Quaternary environments of Central Mexico: a diatom record*. - Ph. D. Thesis, Oxford, England, 302 pp.
- Metcalfe, S.E. 1991. Diatoms in a core from Laguna Zacapu, Michoacán, México. *9th Diatom Symposium*: 251-264.
- Metcalfe, S.E. 1992. *Changing environments of the Zacapu Basin, central México: a diatom-based history spanning the last 30,000 years*. Research Paper 48. School of Geography. University of Oxford. 38 pp.

- Metcalfe, S.E. 1995. *Paleolimnological records of climate change in México - frustrating past, promising future?*. Inqua. En prensa.
- Metcalfe, S.E., Street-Perrott, F.A., Perrott, R.A. & Harkness, D.D. 1991. Paleolimnology of the upper Lerma basin, central Mexico: A record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11600 yrs. *Jour. Paleolimnol.* 5: 197-218.
- Merilainen, J. 1971. The recent sedimentation of diatom frustules in four meromictic lakes. *Ann. Bot. Fenn.*, 8: 160-176
- Miranda, J., Oliver, A., Vilaclara, G., Rico-Montiel, R., Macías, V.M., Ruvalcaba, J.L. & Zenteno, M.A. 1994a. Analysis of diatomite sediments from a paleolake in central México using PIXE, X-ray tomography and X-ray diffraction. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 85: 886-889.
- Miranda, J., Vilaclara, G., Rico-Montiel, R., Cañetas, J., Lugo, M., Hernández-Suárez, E. & Zenteno, M.A. 1994b. Characterization of diatomiferous sediments by PIXE, X-ray diffraction, X-ray tomography and SEM. *Memorias de la Reunión Latinoamericana de Métodos Físicos, Chile, 1994b.* resumen.
- Morán, D.J. 1986. Brief revision on Mexican tectonic evolution. - *Geofísica Internacional* 25 (1): 9-38. (In Spanish).
- Ontiveros-Hernández, A. 1964. *Estudio económico de un yacimiento de diatomita en la región central del Estado de Tlaxcala.* Tesis de Licenciatura, ESIA - IPN. México. 60 pp.
- Patrick, R. & Reimer, C. W. 1966. *The Diatoms of the United States, Exclusive of Alaska and Hawaii.* Vol 1. Acad. Nat. Sci. Phil. # 13, NAS, Philadelphia. 688 pp.
- Patrick, R. & Reimer, C. W. 1975. *The Diatoms of the United States, Exclusive of Alaska and Hawaii.* Vol 2. Acad. Nat. Sci. Phil. # 13, NAS, Philadelphia. 213 pp.
- Rico, R., L. Martínez, M.R. Fernández, J.L. Aragón. 1991. Fauna fósil de la barranca de Huexoyucan, Tlaxcala. - *XI Coloquio de Investigación ENEP-Iztacala, UNAM,* resumen 254.
- Rico, R. Paleoecología de un depósito lacustre de diatomita, Tlaxcala. *Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM.* En proceso.
- Rico, R., G. Vilaclara, R. Carrillo & M. A. Zenteno. 1993. Methodologic proposal for lacustrine sediments applied to Tlaxcala diatomite, Mexico. *Verh. Internat. Verein Limnol.* 25 (2): 1072 - 1074.
- Rico, R., G. Vilaclara, J. Miranda & J. Cañetas. 1997. Origin of lamination in Tlaxcala Paleolake, Mexico. *Verh. Internat. Verein Limnol.* 26. In press.
- Rivera, P., O.O. Parra, M. González, V. Dellarossa y M. Orellana. 1982. *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. IV. Bacillariophyceae.* Universidad de Concepción, Chile. 90 pp.
- Round, F.E. 1982 a. The circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their subgroupings. *7th Diatom-Symposium.* Pp 241-253.
- Round, F.E. 1982 b. *Cyclostephanos*; a new genus within the Sceletonemaceae. *Arch. protistenk.* 125: 323-329.

- Round, F.E. 1991. On stria patterns in *Fragilaria* and *Synedra*. *Diatom Research*. 6: 147-154.
- Round, F.E., R.M. Crawford & D.G. Mann. 1991. *The diatoms. Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press. Cambridge, 747 pp.
- Round, F.E. & D.M. Williams. 1992. The generic status of some diatom genera with special reference to the araphid group—a reply. *Nov. Hed.* 55: 485-500.
- Sabater, S.; F. Sabater & J. Armengol. 1988. Relationships between Diatom Assemblages and Physico-chemical Variables in the River Ter (NE Spain). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 73(2): 171-179.
- Sabater, S. 1992. Size as a factor in centric diatoms distribution. The spanish reservoirs as an example. Pp. 45-60 in J.D. Ros & N. Prat (Eds.): *Homage to Ramón Margalef; or why there is such pleasure in studying nature*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 439 pp.
- Simola, H.L., M.A. Coard and P.E. O'Sullivan. 1981. Annual laminations in the sediments of Loe Pool, Cornwall. *Nature* 290. 238-241.
- Sládeček, V., Zelinka, M., Rothschein, J. & Moravcová, V. 1981. *Biologick Rozbor Povrchové Vody: Koentár k CSN 83 0532-cásti 6: Stanovení saprontho indexus*. Vydavtelství Uradu pro normalizaci a měření. Praga, 186 pp.
- Secretaria de Programación y Presupuesto. 1981. *Síntesis Geográfica del Estado de Tlaxcala*. México. 91 pp.
- Secretaria de Programación y Presupuesto. 1979. *Descripción de la Leyenda de la Carta Edafológica Detenal*. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. 104 pp.
- Stoermer, E.F., Emmert, G. & Schleske, C.L. 1989. Morphological variation of *Stephanodiscus niagarae* Ehr. (Bacillariophyta) in a lake Ontario sediment core. *Jour. Paleolimnol.* 2: 227-236.
- Straub, F. 1993. Diatoms and their preservation in the sediments of Lake Neuchâten (Switzerland) as evidence of past hydrological changes. *Hydrobiologia* 269: 167-178.
- Taliaferro, N.L. 1933. The relation of volcanism to diatomaceous and associated sediments. *Bull. Univ. Calif. (Dpt. Geol. Sci.)* 23(1): 1-56.
- Theriot, E. & Stoermer, E.F. 1981. Some aspects of morphological variation of *Stephanodiscus niagarae* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology* 17: 64-72.
- Theriot, E. & Stoermer, E.F. 1982. Observations on North American populations of *Stephanodiscus* (Bacillariophyceae) species attributed to Friedrich Hustedt. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 101(4): 368-374.
- Theriot, E. & Kociolek, P. 1986. Two new Pliocene species of *Cyclostephanos* (Bacillariophyceae) with comments on the classification of freshwater Thalassiosiraceae. *Journal of Phycology* 22: 121-128.
- Theriot, E., Stoermer, E. & Håkansson, H. 1987. Taxonomic interpretation of the rimoportula of freshwater genera in the centric diatom family Thalassiosiraceae. *Diatom Research* 2: 251-265.

- Van Heurck, H.F. 1899. *Traité des Diatomées*. J.E. Buschmann. Reimpression (1963), J.R. Hansen, Bruxelles, 574 pp., 35 pl.
- Vilaclara, G., M. Chavez., A. Lugo., H. González y M. Gaytán. 1993. Comparative description of crater-lakes basic chemistry in Puebla State, Mexico. *Verth. Internat. Verein. Limnol.* 25: 435-440.
- Vilaclara, G.; A. Rodríguez; R. Rico; J. Urrutia; P. Schaaf & T. Hernández. 1996. Estudio estratigráfico del Paleolago Tlaxcala. Resumen 298, *Memorias del XVI Coloquio de Investigación*, ENEP-Iztacala.
- Vilaclara, G., Rico, R. & Miranda, J. 1997. Effects of perturbation on diatom assemblages in Tlaxcala Paleolake, Mexico. *Verth. Internat. Verein. Limnol.* 26.
- Vilaclara, G. 1997. *Registro de erupciones volcánicas en las diatomeas lacustres de Tlaxcala, México*. Tesis Doctoral, Fac. de Biol. Universidad de Barcelona, España. Pp 212.
- Von Erffa, A. , W. Hilger, K. Knoblich & R. Weyl. 1976. Geología de la cuenca alta de Puebla - Tlaxcala y sus contornos. *Comunicaciones Proyecto Puebla - Tlaxcala*, 13: 99-117.
- Watts, W. A. & J. P. Bradbury. 1982. Paleocological studies at lake Patzcuaro on the est-central Mexican plateau, and at Chalco in the basin of Mexico. *Quat. Res.* 17: 56-70.
- Weber, C.I. 1971. *A guide to the common diatoms at Water pollution Surveillance System stations*. US-EPA, Cincinnati, 108 pp.
- Werner, D. (Ed.). 1977. *The biology of diatoms*. Botanical Monographs Vol. 13, Univ. of California Press, Blackwell Sc. Publ., Berkeley. 498 pp.
- West, R. G. 1977. *Pleistocene geology and biology*. Second edition. Longman, New York. 440 pp.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Omega. Barcelona. p 563-596.