

## Preservación de diatomeas en sedimentos tur- bosos

### Diatom preservation in peat sediments

LEIRA, M.

This paper describes a comprehensive survey of the quality of diatom preservation in the recent sediment record from two close peatbogs but with different geomorphological features, Villaseca and La Mata (NW Spain). Twenty samples have been analysed from each core, focusing especially in the preservation of diatom frustules along the upper part of the core (from Late Glacial), which change during the main trophic events.

In Villaseca peatbog, between 50 and 160 cm with high organic sediment, the diatoms are rare and bad preserved (from Boreal to present times). Between 160 and 260 cm, with a high clay content, the diatoms are abundant and well preserved (Late Glacial to Boreal). Between 50 and 200 cm (Preboreal to historical times) the diatom flora is made up of littoral species adapted to oligotrophic conditions.

In La Mata the diatoms are absent from all samples except in the two samples from the uppermost part of the core where the valves are abundant but bad preserved. At this stage the diatom assemblages are also characteristic from oligotrophic and shallow waters.

The data suggest that diatom preservation is controlled by the relationship between the geomorphology, the source of water and the trophic level.

**Keywords:** Diatoms, preservation, peat, sediments, trophic level

## INTRODUCCION

Las diatomeas (Bacillariophyceae) constituyen una herramienta poderosa en la reconstrucción paleoambiental. Para ello es necesario que los cambios en la composición y abundancia de las asociaciones de diatomeas fósiles queden fielmente registrados en el sedimento. La disolución y la fragmentación de las valvas son problemas serios que se encuentran en los análisis cuantitativos de diatomeas en sondeos de sedimentos con objetivos paleoecológicos. Es muy importante tener en cuenta este fenómeno para poder realizar una correcta interpretación de los datos obtenidos.

Las floras marinas raramente tienen una preservación tan buena como los registros de epicontinentales. La disolución parece ser más rápida en el mar. El largo recorrido a través de la columna de agua hasta el sedimento promueve la rotura y la disolución. Se estima que el 90% de las valvas desaparece antes de sedimentarse y solamente el 1% permanece en los sedimentos (ROUND et al., 1990).

En aguas dulces el registro de diatomeas suele conservarse en unas condiciones óptimas. Pero la incorporación de las comunidades de diatomeas actuales en el sedimento está controlada por un complejo conjunto de procesos tafonómicos, de forma muy específica en relación al lugar, que operan tanto en la columna de agua como en el sedimento, promoviendo la mezcla, rotura y disolución de los frústulos, y afectando a la fiabilidad con que las asociaciones de diatomeas fósiles representan a las comunidades vivas que las originaron.

Los distintos trabajos, tanto de campo como de laboratorio, que se han llevado a

cabo sobre la disolución de las diatomeas muestran que está controlada por las propiedades combinadas de la disolución en la que el sílice está inmerso, la matriz sedimentaria y la naturaleza de las mismas partículas de sílice. El factor que, quizás tenga mayor importancia es el pH; por encima de valores de pH 9 las tasas de disolución se incrementan exponencialmente debido a la disociación del ácido silícico (LEWIN, 1961). La cinética de la disolución está afectada por la temperatura, incrementándose las tasas de disolución con la temperatura (MARS-HALL, 1980); por otra parte, la disolución se reduce a medida que aumenta la salinidad (BARKER et al., 1993); la presencia de cationes polivalentes adsorbidos en la pared celular de las diatomeas retardan la disolución (LEWIN, 1961); la rotura de las valvas acelera la disolución (RIPPEY, 1983); el nivel de saturación del agua ocluida en SiO<sub>2</sub> (RIPPEY, 1983). Además la rotura de las valvas también puede ser causada por desecación, depredación (SCHRADER, 1971), procesos postdeposicionales (JUGGINS, 1992). La susceptibilidad de las diatomeas a la disolución varía enormemente con las distintas formas de las valvas y su tamaño (HURD & BIRDWHISTELL, 1983; JUGGINS, 1992).

La disolución de las diatomeas constituye un problema complejo que depende de múltiples variables, internas y externas, y cuya comprensión es de una gran importancia en paleoecología.

### **Localización de las secuencias estudiadas**

La turbera de Villaseca y de La Mata se sitúan en la Cordillera Cantábrica en la

cuenca alta del Sil (6P 16' O - 42P 57' N y 6P 13' O - 42P 58' N) a 1.320 y 1.500 m de altura respectivamente, en las inmediaciones del Valle de Laciana en el Noroeste de la provincia de León (Fig. 1). El Valle de Laciana es una depresión rodeada por alturas entre los 1.000 y 2.000 metros (Muxivén (2.032 m) Miro (1.871 m) con una extensión de 217 Kilómetros cuadrados. La turbera de Villaseca ocupa una antigua cubeta de obturación lateral correspondiente al Último Máximo Glaciar local (IGME, 1982; LEIRA et al., 1997; PEREZ-GONZALEZ et al., 1989) y se alimenta de los aportes de un pequeño freático además del agua de precipitación. Por el contrario, la turbera de La Mata se sitúa en una replano en la cumbre de modo que su única fuente de agua es atmosférica.

Los parámetros climáticos definen un clima subalpino hiperhúmedo en el que las características esenciales son:

—La temperatura media anual oscila entre los 5° y 8° centígrados. Siendo 0° la temperatura media del mes más frío y 16° la media del mes más cálido.

—Las precipitaciones se mueven alrededor de 1.500 mm anuales.

Desde un punto de vista más amplio, en estas turberas se han realizado estudios micropaleontológicos previos que permiten conocer las variaciones climáticas pasadas (BELET, 1993; LEIRA et al., 1997).

Se han analizado los restos de diatomeas presentes en los sedimentos más superficiales del sondeo de la turbera de Villaseca y La Mata submuestreándose cada 10 cm.

Los restos de diatomeas se contaron

usando microscopía de contraste de fases con objetivo de inmersión. Durante la enumeración se siguieron los criterios de SCHRADER & GERSONDE (1978). Los restos de 3/4 no han sido considerados como fragmentos porque pueden ser resultado del método de limpieza de las diatomeas (STRAUB, 1990). Los indicios de disolución al microscopio óptico son la degradación de los bordes de las valvas y el agrandamiento de las areolas o las estrías (STRAUB, 1993).

La concentración de diatomeas se calculó mediante el uso de esporas de *Lycopodium* como marcador externo y se expresó en valvas por gramo de sedimento seco (STOCKMARR, 1973). En esta estimación sólo se consideraron significativas las potencias de diez.

Las diatomeas fueron identificadas usando la flora de KRAMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991). La frecuencia relativa de las distintas formas de vida y nivel trófico se calcularon usando los datos autoecológicos de DENYS (1991-1992), DE WOLF (1982) y VAN DAM et al. (1994).

En los diagramas y en el texto, los periodos climáticos fueron atribuidos a partir del análisis de polen (JALUT, com. pers.). Las zonas de diatomeas se basan en los principales cambios cualitativos en los táxones.

## RESULTADOS

Los restos de diatomeas encontrados en el sondeo de la turbera de Villaseca fueron escasos y mal preservados entre 70 y 160 cm (estimado alrededor de  $10^6$  valvas  $g^{-1}$  o menos), tramo en el que la mayoría de las

valvas se hallan fragmentadas y muestran trazas de disolución. El número de valvas que se pudieron contar fue tan pequeño que carece de significación estadística. En la parte más superior hay un aumento en la concentración de diatomeas llegando a valores cercanos a  $10^8$  valvas  $g^{-1}$ , pero las valvas siguen hallándose muy mal preservadas.

Entre 260 y 160 cm las asociaciones de diatomeas son más abundantes, entre  $10^6$  y  $10^8$  valvas  $g^{-1}$  y se hallan mucho mejor preservadas, hasta el 70% de las valvas (Fig. 2).

Para realizar comparaciones entre las frecuencias de valvas rotas y disueltas, se realizó un test de correlación no paramétrico de Spearman. Los resultados del test en el presente conjunto de datos demuestra que la correlación entre las tasas de disolución y rotura es altamente significativa ( $r_s=0,883$ ,  $p=0,0001$ ). Esta elevada correlación podría indicar que ambas formas de degradación están originadas por los mismos factores. Las mayores proporciones de degradación tienen lugar en la sedimentación más rica en turba, entre 160 y 60 cm, desde el Boreal hasta casi la actualidad (Fig. 2).

Las asociaciones de diatomeas realizadas en función de sus afinidades ecológicas nos permiten inferir la evolución ambiental de la turbera de Villaseca (LEIRA et al., 1997). Desde 260 cm hasta 160 cm (Fig. 3) las especies mesoeutróficas generalmente son las dominantes dentro de las dos primeras unidades, llegando a representar hasta el 85% de las especies presentes en el sedimento. Las diatomeas de la zona A se hallan dominadas por la presencia de diatomeas del género *Fragilaria* (Fig. 4) a lo

largo de toda la zona. Las asociaciones de diatomeas sugieren aguas con pH neutro o ligeramente alcalino y una riqueza en nutrientes moderada. A 260 cm hay una elevada presencia de *Fragilaria pinnata* cercana al 60%, típica de lagos mesotróficos de moderada alcalinidad. En la parte más superior de esta zona se registra un aumento de las asociaciones perifíticas y de las oligotróficas lo que corresponde a aguas someras y a un empobrecimiento en la productividad autóctona de la turbera.

En la zona B vuelve a registrarse un retorno hacia la mesoeutrofia, y un incremento del pH y de las asociaciones de diatomeas ticoplanctónicas, representadas principalmente por *Fragilaria construens*. Hacia el techo de esta zona comienzan a incrementarse las diatomeas perifíticas lo que indica el comienzo de la colmatación de la turbera, y aparecen valvas fragmentadas y con trazas de disolución, aunque todavía aparecen en concentraciones elevadas.

En la zona C (160-65 cm) la preservación de las valvas es muy mala, apareciendo fragmentadas y mostrando signos de disolución a la vez que comienzan a ser muy escasas. A partir de 160 cm aumenta considerablemente la presencia de quistes de Chrysophyceae (Fig. 3), que llegan a constituir el 90% del recuento. Sólo se identificaron diatomeas con una preservación potencial elevada o moderada (*Cymbella*, *Frustulia*, *Pinnularia*). Esta situación se mantiene con ligeros cambios hasta el nivel de 70 cm.

Las asociaciones de diatomeas de la zona D indican un ambiente típico de turbera; aguas someras, pH ácido y productividad autóctona reducida. El número de

valvas aumenta, aunque continúa siendo escaso, y se hallan mejor conservados, lo que hace posible su identificación.

En la turbera de La Mata las diatomeas están ausentes de casi la totalidad del registro sedimentario. Sólo aparecen en los 20 cm más superficiales. Las diatomeas presentes son especies de *Eunotia*, *Pinnularia* y *Frustulia*. Los restos de diatomeas son escasos, con una concentración alrededor de  $10^4$  valvas  $g^{-1}$  y se hallan muy mal preservados, hasta el 48% de las valvas mostraban signos de degradación. Las asociaciones de diatomeas dominantes evidencian un ambiente oligotrófico, confirmado por la elevada presencia de quistes de Chrysophyta con una relación C/D = 0,47.

## DISCUSION

A la luz de los resultados obtenidos podemos explicar las condiciones de preservabilidad del registro de diatomeas en los sedimentos de la turbera de Villaseca y La Mata, como consecuencia de la relación existente entre la geomorfología del substrato en el que se ubica la cubeta de la turbera y el nivel trófico.

Durante el periodo en el que predomina una sedimentación más rica en arcillas la preservación de las diatomeas es óptima y se encuentran de forma abundante. Esto sería explicado por una mayor disponibilidad de nutrientes minerales que tendría como consecuencia una productividad autóctona moderadamente alta. Como consecuencia las tasas de sedimentación en esta etapa son lo suficientemente altas como para provocar un rápido enterra-

miento de los frústulos de las diatomeas lo que ayudaría a su preservabilidad (FLOWER, 1993). Por otra parte, la sedimentación arcillosa evidencia una dinámica sedimentaria poco energética en el medio, lo que permitiría una mejor conservación de las valvas.

Con el inicio de la turbificación las diatomeas comienzan a ser más escasas y la preservabilidad del registro se deteriora. Al mismo tiempo aumenta la frecuencia relativa de los quistes de Chrysophyceae. Esta abundancia de quistes en relación a las valvas de diatomeas es considerado como resultado de una baja disponibilidad de nutrientes (SMOL, 1988). Estas características están ligadas con una menor productividad y tasas de sedimentación más bajas. Progresivamente se produce una colmatación de la cubeta teniendo una reducción del componente planctónico.

En estas regiones frías y lluviosas es frecuente la formación de turberas (CAMPY & MACAIRE, 1989). Todas las turberas son extremadamente sensibles a los cambios hidrológicos. El mismo inicio de la acumulación de turba es ya de por sí un indicio de cambio hidrológico (BARBER, 1981). Dependiendo de la influencia del agua de precipitación en su desarrollo las turberas pueden clasificarse como ombrótróficas en las que la fuente de agua es la lluvia o la nieve, o reotróficas, esto es, además del agua de precipitación recibe aportes de un caudal (MOORE, 1986). La Mata se correspondería con una turbera ombrótrófica mientras que Villaseca sería reotrófica, recibe el agua de un arroyo.

En La Mata, como consecuencia de que se hallan alimentadas sólo por el

agua de precipitación, poco mineralizada y pobre en cationes, y que se encuentran separadas del substrato mineral por medio de un espesor mayor o menor de materia orgánica, son generalmente ácidas y existe una baja productividad fitoplanctónica (WETZEL, 1981). En estas condiciones las diatomeas se acumulan en los sedimentos y debido a la baja productividad no son enterradas por lo que permanecen en contacto con el agua ocluida en contra de un gradiente de Si (RIPPEY, 1983). La baja concentración de Si en el agua ocluida cerca de la interfase sedimento-agua potenciaría la disolución (ANDREJKO et al., 1984; HECKY et al., 1986) y éste Si disuelto sería requerido por los organismos vivos. Por otra parte el ambiente de aguas someras provocado por la colmatación de la cubeta y la turbidez característica de los medios de turbera favorece la fragmentación de las valvas lo que a su vez realiza enormemente la disolución (FLOWER, 1993; REED, 1998).

Por otra parte, Villaseca el déficit de nutriente minerales en la pluviosidad y la pobre mineralización de la turba (1-2% del peso seco) es ligeramente compensado

mediante los aportes de un pequeño arroyo. Esta diferencia explicaría la mejor preservabilidad del registro sedimentario en esta secuencia. De todas formas todo lo dicho anteriormente para la turbera de La Mata sigue siendo válido en este caso. Las condiciones de oligotrofia, aguas someras y turbidez potenciarían la mala preservabilidad de los frústulos de diatomeas, pero en este caso los pequeños aportes fluviales amortiguarían en parte la degradación. Los frústulos de diatomeas sobreviven mejor en estas turberas pero incluso aquí se hacen menos abundantes con el incremento de profundidad (MAIN, 1990).

En conclusión, parece claro que la comprensión de la preservación del registro de diatomeas en los sedimentos de la turbera de Villaseca depende de las complicadas relaciones que se establecen entre la dinámica de la sedimentación, la geomorfología de la cuenca y el nivel trófico, realizándose el efecto de degradación por su acción conjunta. Todos estos factores han de ser considerados en conjunto y de forma local.

Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral del autor.

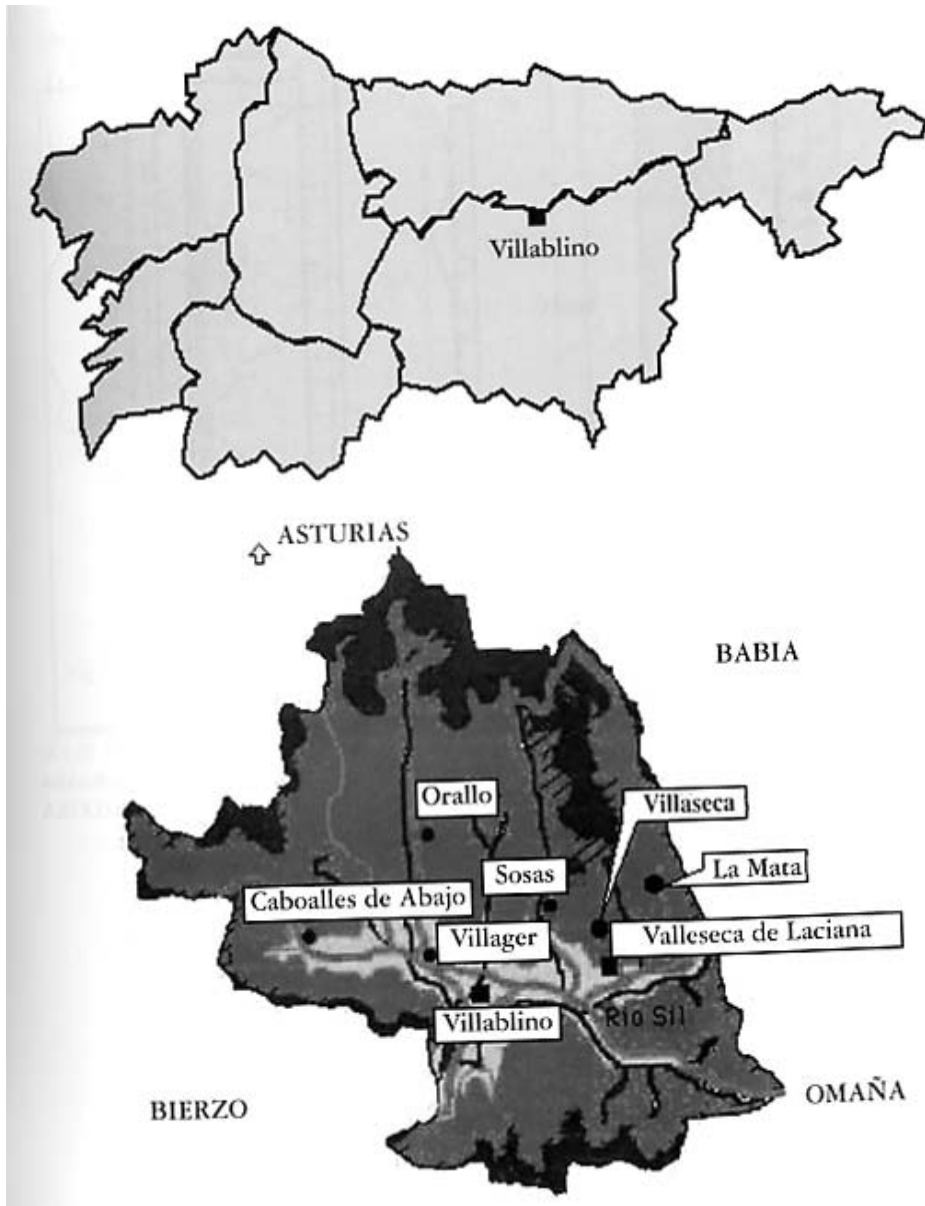


Fig. 1. Situación del Valle de Laciana y de las turberas de Villaseca y La Mata.

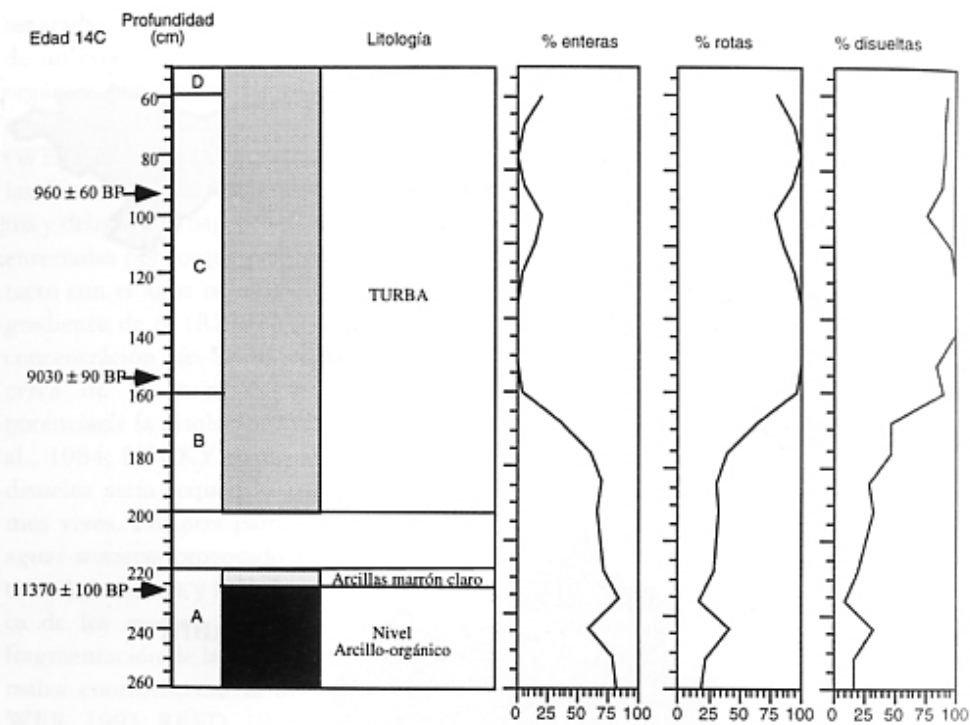


Fig. 2. Resultados cuantitativos de los restos de diatomeas en la turbera de Villaseca distribuidos en relación con las dataciones  $^{14}\text{C}$  (JALUT, com. pers.), la biozonación y la litología (LEIRA et al., 1997).



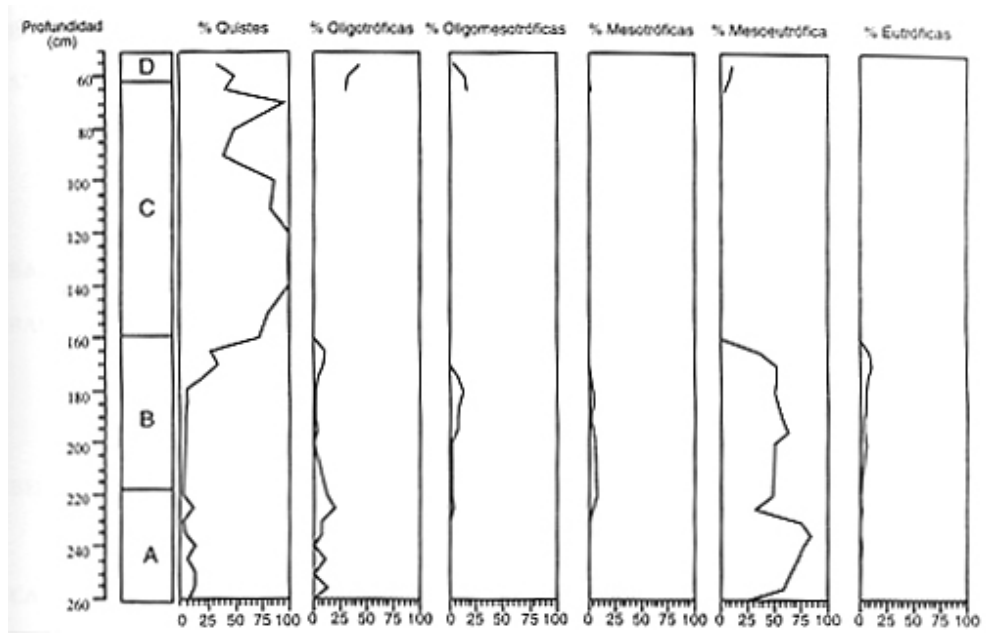


Fig. 3. Distribución de la frecuencia relativa de quistes de Chrysophyceae y de las asociaciones diatomeas según su estado trófico.

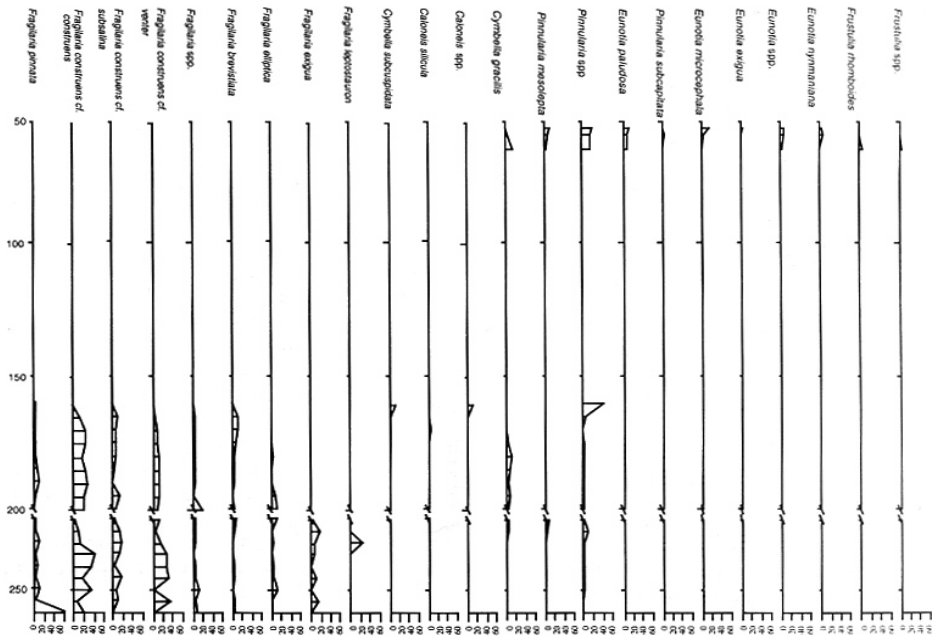


Fig. 4. Frecuencias relativas de los principales táxones hallados en el sondeo de la turbera de Villaseca.

Fig. 4. Frecuencias relativas de los principales táxones hallados en el sondeo de la turbera de Villaseca.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREJKO, M. J. & COHEN, A. D. (1984) Scanning electron microscopy of silicophytoliths from the Okefenokee swamp-marsh complex. In *The Okefenokee Swamp: Its natural history, geology and chemistry*. (Eds. Cohen, Casagrande, Andrejko and Best). Wetland Surveys. Los Alamos. pp 466-491
- BARBER, K. E. (1981) *Peat Stratigraphy and Climatic Change*. Balkema, Rotterdam. 219 pp.
- BARKER, P.; FONTES, J. C.; GASSE, F. & DRUART, J. C. (1994) Experimental dissolution of diatom silica in concentrated salt solutions and implications for paleoenvironmental reconstruction. *Limnol. Oceanogr.* **39** (1), 99-110.
- BELET J.-M. (1993) *Etude palynologique de la tourbière de La Mata (Monts Cantabriques; Nord-Ouest de l'Espagne)*. Diplôme d'Etudes Aprofondies, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- CAMPY, M. & MACAIRE, J. J. (1989) *Géologie des formations superficielles géodynamique-faciès-utilisation*. Ed. Masson. Paris.
- DE WOLF H. (1982) Method of coding of ecological data from diatoms for computing utilization. *Med. Rijks Geol. Dienst* **36**, 95-99.
- DENYS L. (1991-1992) A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. *Bel. Geol. Dienst, Prof. Paper* **246**, 1-41.
- FLOWER, J. R. (1993) Diatom preservation: experiments and observations on dissolution and breakage and fossil material. *Hydrobiol.* **269/270**, 473-484.
- HECKY, R. E.; KLING, H. J. & BRUNSKILL, G. J. (1986) Seasonality of phytoplankton in relation to silicon cycling and interstitial water circulation in large shallow lakes of central Canada. *Hydrobiol.* **138**, 117-126.
- HURD, D. C. & BIRDWHISTELL, S. (1983) On producing a more general model for biogenic solution. *Amer. J. Science* **283**, 1-28.
- IGME (1982) Hoja 1:50.000 Villablino. 2ª serie 1ª edición. Servicio de Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- JALUT G. (com. personal) Análisis palinológico de la laguna de Villaseca, NO Península Ibérica.
- JUGGINS, S. (1992) Diatoms in th Thames Estuary, England: Ecology, Palaeoecology, and Salinity Transfer Function. *Bibl. Diatom.* **25**. 216 pp
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1986-1991) Bacillariophyceae. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (eds. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer). Fischer, Stuttgart.
- LEIRA, M.; BAO, R.; VIDAL-ROMANI, J. R. (1997) Evolución postglaciar de la laguna de Villaseca (NW de la Península Ibérica) a partir del análisis de diatomeas. *Caderno Lab. Xeolóxico de Laxe* **22**, 81-97.
- LEWIN, J. C. (1961) The dissolution of silica from diatom walls. *Geochim. Cosmochim. Acta* **21**, 182-198.
- MAIN, S. P. (1994) Diatoms in alkaline pat: Preservation and extraction. In: *Proceedings of the 11th Diatom Symposium* (San Francisco, 1990). pp 465-471.
- MARSHALL, W. L. (1980) Amorphous silica solubilities. I Behaviour in aqueous sodium nitrate solutions; 25-30°C, 0,6 molal. 3 Activity coefficient relations of solubility behaviour in salt solutions 0-350°C. *Geochim. Cosmochim. Acta* **44**, 907-913, 925-931.
- MOORE, P. D. (1986) Hydrological changes in mires. In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* (Ed. B. E. Berglund). Jon Wiley & Sons Ltd. pp 91-107.
- PEREZ-GONZALEZ A., CABRA P., MARTIN SERRANO A., CAPOTE R., DE VICENTE G., RUBIO J. M., GALLARDO J., MARTIN DE VIDALES J. L., AGUIRRE E., SANTONJA M., VIDAL ROMANI J. R., HOYOS M., SERRAT D., GUTIERREZ ELORZA M., PEÑA MONNE J. L., MOLINA E., DE PEDRAZA J., RODRIGUEZ VIDAL J., DIAZ DEL OLMO F., GOY J. L., ZAZO C., BAENA J., DEL OLMO P., MECO J., REY J., MEDIALDEA T., PERALTA M., DIAZ L. A. & CALDERÓN V. (1989) *Mapa del Cuaternario de España*. Servicio de Publicaciones del Instituto Tecnológico Geominero, Madrid.
- REED, J. M. (1998) Diatom preservation in the recent sediment record of Spanish saline lakes: implications for paleoclimate study. *J. Paleolimn.* **19**, 129-137.
- RIPPEY, B. (1983) A laboratory study of silicon

- release processes from a lake sediment (Lough Neagh, Northern Ireland). *Arch. Hydrobiol.* **96**, 417-433.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M., MANN D. G. (1990) *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press. 747 pp
- SCHRADER, H. J. (1971) Fecal pellets: role in sedimentation of pelagic diatoms. *Science*, **174**, 55-57.
- SCHRADER H. J. & GERSONDE R. (1978) Diatoms and Silicoflagellates. *Utrecht Micropaleontological Bull.* **17**, 129-176.
- SMOL J. P. (1988) Chrysophycean microfossils in paleolimnological studies. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* **62**, 287-297.
- STOCKMARR J. (1973) Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen Spores* **XIII**, 615-621.
- STRAUB F. (1990) *Hauterive-Champréveyres, 4. Diatomées et reconstitution des environnements préhistoriques*. Archéologie neuchâteloise 10, Ed du Ruan, Saint-Blaise, 120 pp.
- STRAUB F. (1993) Diatoms and their preservation in the sediments of Lake Neuchâtel (Switzerland) as evidence of past hydrological changes. *Hydrobiol.* **269/270**, 167-178.
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.* **28**, 117-133.
- WETZEL, R. G. (1981) *Limnología*. Ed. Omega S.A., Barcelona. 680 pp.