

MICROPALAEONTOLOGIA APLICADA: HISTORIA DE UNA FRUCTIFERA COLABORACION



Eustoquio Molina Martínez

Profesor Titular de Paleontología en la Universidad de Zaragoza, imparte la asignatura de Micropaleontología aplicada en la Licenciatura de Ciencias Geológicas. Doctor por la Universidad de Granada en 1979 con una tesis sobre Foraminíferos planctónicos, grupo en el que investiga sobre problemas bioestratigráficos, paleoecológicos y evolutivos.

La Micropaleontología es la disciplina paleontológica que tiene un carácter más aplicado. La gran utilidad bioestratigráfica y paleoecológica de los microfósiles ha permitido resolver importantes problemas geológicos, controlando sondeos de todo tipo, —principalmente para la industria petrolera—, datando y reconstruyendo los medios ambientes del pasado, y perfeccionando las cartografías. En la actualidad, la Magnetoestratigrafía y la Geoquímica isotópica dependen en gran medida de las aplicaciones micropaleontológicas. La creciente precisión que cada día requieren la mayoría de los estudios geológicos puede ser aportada por el excelente registro de los microfósiles, y su aplicación obtiene los mejores resultados en el marco de proyectos multidisciplinarios.

Micropaleontology is the paleontological discipline with a more applied character. The biostratigraphical and paleoecological utility of the microfossils has allowed to solve important geological problems, controlling boreholes, —mainly for the oil industry—, dating and reconstructing paleoenvironments, and improving cartography. At present, Magnetostratigraphy and Isotope Geochemistry strongly depend on the micropaleontological applications. The increasing precision that now requires most of the geological studies can be provided by the excellent microfossil record, and its application obtains the best results in the framework of multidisciplinary projects.

Introducción

El carácter aplicado de la Micropaleontología ha sido una constante desde su nacimiento, pues el francés d'Orbigny —que puede ser considerado como su fundador— ya puso de manifiesto el potencial valor bioestratigráfico de los microfósiles. En este sentido, el punto de partida como ciencia aplicada se inicia hacia 1823 cuando por primera vez se utilizaron estratigráficamente los Nummulites. Poco después, en 1850 se propuso la primera zonación basada en Ostrácos. Las primeras aplicaciones del estudio de los microfósiles a los sondeos se realizaron en 1874 cuando se dató como Turoniense una formación sondeada en Alemania, y en 1877 cuando se determinó pertenecían al Mioceno —basándose en Foraminíferos— las rocas atravesadas en sondeos hidrogeológicos en la región de Viena. Ahora bien, la primera aplicación de la investigación micropaleontológica a la prospección petrolífera se realizó en Polonia en 1897.

Sin embargo, el desarrollo de la Micropaleontología aplicada se produjo durante la década de 1920 en los

EE.UU. cuando se generalizó el uso de los microfósiles para determinar la edad de los testigos de sondeos de la industria petrolera. Las principales compañías petroleras establecieron sus propios laboratorios micropaleontológicos y, por otra parte, desde entonces también se han formado consultores que han estudiado muestras micropaleontológicas. Así se han establecido escalas bioestratigráficas para las cuencas petrolíferas y se han realizado importantes avances en la reconstrucción de los medios ambientes. Además, actualmente disciplinas como la Magnetoestratigrafía dependen de dataciones tan precisas —para poder identificar con seguridad los distintos crones—, que deben hacerse con microfósiles. Por otra parte, la Geoquímica de isótopos del Oxígeno y Carbono obtiene sus mejores resultados cuando se analizan las conchas de los microfósiles. En consecuencia, según Civis *et al.* (1989) la Micropaleontología es considerada la rama de la Paleontología con una mayor potencialidad desde el punto de vista práctico en la Geología aplicada, y según Jenkins (1993) ha llegado a ser de una gran ayuda en la ingeniería geológica y geología económica.

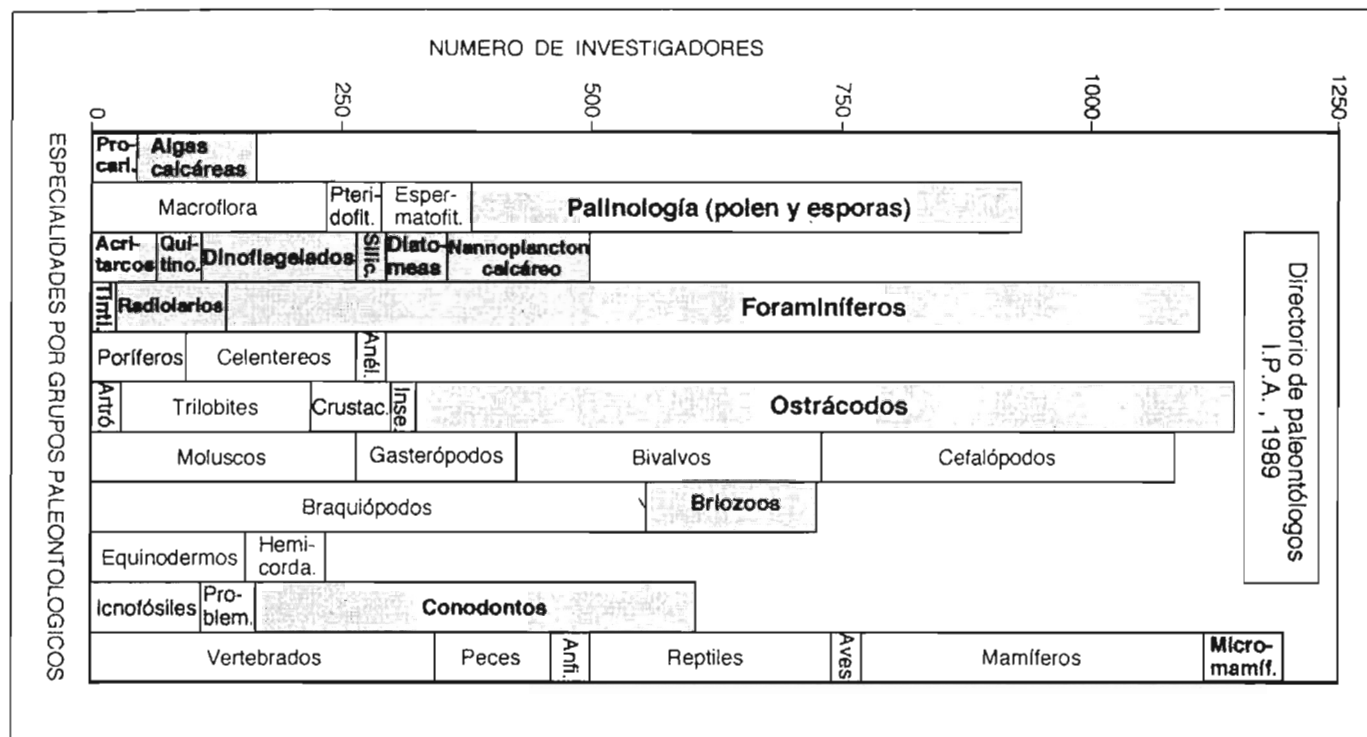


Figura 1. Número de investigadores especialistas en los distintos grupos paleontológicos según la especialidad declarada en el directorio de paleontólogos. En gris se indican los principales grupos objeto de estudio de la Micropaleontología.

Así pues, tradicionalmente lo que más ha caracterizado y unificado a la Micropaleontología ha sido su fructífera colaboración en la resolución de problemas geológicos, debido a la gran utilidad bioestratigráfica de los microfósiles, ya que presentan numerosas ventajas por su pequeño tamaño, gran abundancia y amplia distribución. Además, ha llegado a ser la más estudiada como lo demuestra el gran número de publicaciones y de especialistas que trabajan en ella, lo cual se aprecia al consultar bibliografía y cualquier directorio reciente de paleontólogos. Así, el grupo de los Foraminíferos es con gran diferencia el que cuenta con más especialistas, seguido por otros grupos también micropaleontológicos, tales como Ostrácodos, Polen y Esporas (Fig. 1).

La Paleontología se puede dividir atendiendo a criterios taxonómicos en Paleobotánica, Paleontología de invertebrados y Paleontología de vertebrados. En este sentido, la Micropaleontología estudia grupos incluidos en las tres ramas citadas, y por razones técnicas y su carácter aplicado, ha mantenido una entidad diferenciada. La Micropaleontología aporta una serie de datos muy interesantes, principalmente de tipo evolutivo, paleoecológico y bioestratigráfico. Ahora bien, tradicionalmente ha sido el aspecto

«El desarrollo de la Micropaleontología aplicada se produjo durante la década de 1920 en los EE.UU. cuando se generalizó el uso de los microfósiles para determinar la edad de los testigos de sondeos de la industria petrolera»

utilitario de los microfósiles en la industria petrolera, lo que ha desarrollado en gran medida las aplicaciones bioestratigráficas, basadas en una taxonomía no siempre rigurosa. Pero en la actualidad, el mayor estudio de la Micropaleontología en las Universidades y otros centros de investigación, está desarrollando también los aspectos teóricos y superando la etapa descriptiva, aportando una mayor base conceptual, al considerar más conscientemente los aspectos tafonómicos y paleobiológicos.

Definición y principales aplicaciones

La Micropaleontología es la disciplina que estudia los fósiles de pequeño tamaño, para lo cual se emplean técnicas especiales de muestreo, preparación y observación con el microscopio. Se trata de una especialización muy reciente de la Paleontología que se define principalmente por razones de índole técnica, práctica y aplicada, ya que los principios científicos son los mismos. Cuando se intenta delimitar la Micropaleontología se percibe que no tiene fronteras bien trazadas, pues realmente el microscopio se utiliza también para la observación de detalles estructurales en el estudio de los fósiles más grandes. Además, la separación de los organismos en macro y microfósiles es a veces bastante arbitraria.

Generalmente el micropaleontólogo tiende a estudiar y considerar como microfósil todos aquellos restos de organismos que encuentra en sus preparaciones: lámina delgada, frotis y levigado. Algunos de esos restos son fragmentos de metazoos cuya inclusión en la Micropaleontología puede parecer problemática, ya que con frecuencia son partes de organismos de mayor tamaño que son objeto de estudio de la Paleobotánica, Paleontología de invertebrados y Paleontología de

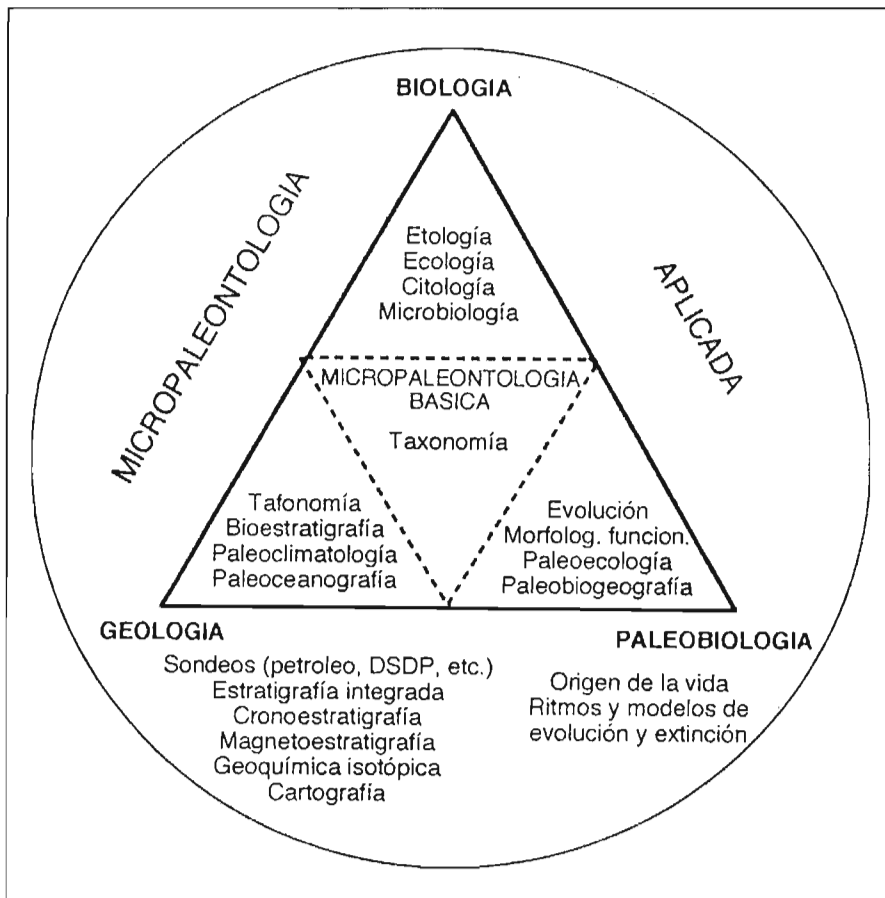


Figura 2. Campo de aplicación de la Micropaleontología en relación con otras disciplinas de las ciencias geológicas y biológicas.

vertebrados. Sin embargo, las Algas calcáreas, el Polen y Esporas y los Conodontos se consideran generalmente microfósiles. Además, entre los metazoos existen grupos de pequeño tamaño que son normalmente incluidos en la Micropaleontología. Entre éstos se encuentran los Ostrácodos, Pterópodos, etc. Sin embargo, otros grupos tales como los Briozoos, y especialmente los Micromamíferos, han sido incluidos menos frecuentemente.

Pero los microfósiles más típicos son los organismos unicelulares Procariontas y Protistas; tanto los más primitivos: Bacterias, Cianofíceas y Flagelados, como los más evolucionados: Rizoflagelados, Actinópodos y Ciliados. Se les suele denominar nanofósiles a los de tamaño inferior a 50 micras, y microfósiles al resto que no suelen sobrepasar 1 milímetro. Los grupos más conocidos son los Dinoflagelados, Silicoflagelados, Diatomeas, Cocolitofóridos, Tintínidos, Radiolarios y especialmente los Foraminíferos (Fig. 3).

La Micropaleontología, como disciplina paleontológica, ocupa un lugar de intersección entre las ciencias geológicas y biológicas, relacionándose en mayor o menor grado con una serie de



SONDEOS GEOTÉCNICOS.

SONDEOS EN SUELOS CONTAMINADOS.

INGENIERÍA GEOLÓGICA. GEOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE.

HIDROGEOLOGÍA. PIEZÓMETROS.

RECONOCIMIENTOS GEOLÓGICOS.

C/ Rocafort, 261, ático 2.^a - 08029 Barcelona.

Tel. (93) 778 08 16. Fax (93) 439 25 90

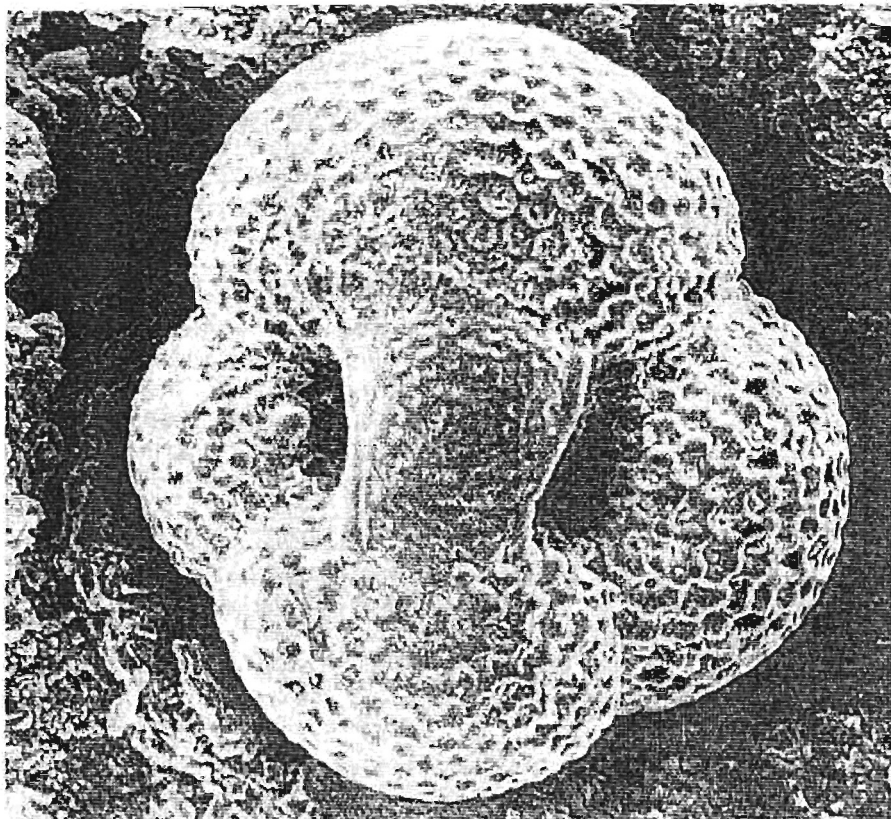


Figura 3. Foto con microscopio electrónico de *Catapsydrax dissimilis* (Cushman y Bermúdez). Foraminífero planctónico del Oligoceno de las Cordilleras Béticas.

disciplinas (Fig. 2). Como puede observarse, el conocimiento taxonómico de los distintos grupos de microorganismos constituye el núcleo de la Micropaleontología básica. Ahora bien, participa de forma interdisciplinar en distintas áreas, en las que es de gran interés debido a las ventajas de los microfósiles, colaborando de una forma importante a la solución de problemas muy diversos, constituyendo así la Micropaleontología aplicada.

El campo de las ciencias geológicas ha sido donde históricamente se ha desarrollado la aplicación más conocida, al poder realizar dataciones con pequeñas muestras de los testigos de sondeos. La Bioestratigrafía detallada de los sondeos y de otros estudios geológicos, durante las últimas cuatro décadas se ha realizado fundamentalmente con Foraminíferos planctónicos. En el último cuarto de siglo el desarrollo del proyecto *Deep Sea Drilling Project*, actualmente denominado *Ocean Drilling Program*, ha potenciado también la bioestratigrafía con Nanofósiles y Radiolarios, al ser estudiados los testigos de los sondeos oceánicos realizados por los barcos: *Glomar Challenger* y *Joides Resolution*. (Fig. 4).

El programa de perforación de los océanos ha estimulado grandemente otros tipos de estudios, tales como los Paleogeográficos y Paleoclimáticos. Así, en gran medida las reconstrucciones paleoambientales se han basado en el análisis de isótopos estables del Oxígeno y Carbono de los esqueletos de los microfósiles. Asimismo, los microfósiles bentónicos están teniendo un papel destacado para la reconstrucción de los antiguos medios ambientes en el tiempo y en el espacio, ya que son excelentes indicadores ecobioestratigráficos y eventostratigráficos. Además, ha sido importante la contribución de la Micropaleontología, en el marco multidisciplinar del D.S.D.P., al conocimiento paleoceanográfico y a la comprobación de la Tectónica de Placas.

El pequeño tamaño de este tipo de fósiles y la continuidad de su registro fósil, permite realizar muestreos detallados a escala centimétrica, realizando Bioestratigrafía de alta resolución, lo cual es muy importante para la resolución de problemas en Cronoestratigrafía. Actualmente se están definiendo Estratotipos de límite entre los Pisos sucesivos y la precisión que aporta la Bioestratigrafía integrada de microfó-

siles con otros datos, está siendo fundamental. El grado de resolución alcanzado en el límite Cretácico / Terciario es bien conocido y da una idea de las grandes posibilidades en este campo. Los microfósiles —especialmente los Foraminíferos planctónicos— permiten establecer biozonas de alta resolución, que han permitido identificar en el corte de Caravaca, en la base del Terciario por debajo de la Biozona de *P. eugubina*, otra biozona de tan sólo 10 centímetros de potencia (Fig. 5).

La Magnetoestratigrafía depende de dataciones muy precisas que fundamentalmente se hacen con los microfósiles, ya que no se pueden identificar los distintos crones sin establecer una detallada bioestratigrafía. Además, la gran abundancia de los microfósiles permite realizar estudios cuantitativos cada vez más sofisticados, que aportan una base objetiva a las investigaciones de todo tipo y especialmente de Paleocología. Asimismo, la Tañonomía está siendo desarrollada de una forma más consciente, al estudiar los procesos que los microorganismos sufren desde que mueren hasta que son encontrados: transporte, disolución, etc.

Con frecuencia se ha tildado a la Micropaleontología de servir exclusivamente a la Geología, olvidando los aspectos biológicos, pero esto no es exacto, pues el ámbito de la Micropaleontología no se reduce a la aplicación a la industria petrolera. Muchos investigadores desde los tiempos de d'Orbigny y Brady han estudiado los microorganismos actuales, desarrollando sus aspectos biológicos e incluso definiendo los nuevos taxones en las publicaciones micropaleontológicas. Las observaciones ecológicas y etológicas en los microorganismos actuales, así como los estudios de morfología funcional, son metodologías muy utilizadas para deducir la Paleocología y la Paleontología de los microfósiles. El estudio del origen de la vida en el Precámbrico es un tema interdisciplinar en el que los microfósiles más primitivos tienen una gran importancia. Además, el excelente registro de muchos grupos de microfósiles, con una gran distribución temporal y espacial, proporciona datos muy continuos de líneas evolutivas, permitiendo establecer los ritmos y modelos de evolución y extinción. En este sentido, los microfósiles están siendo de una importancia capital pa-

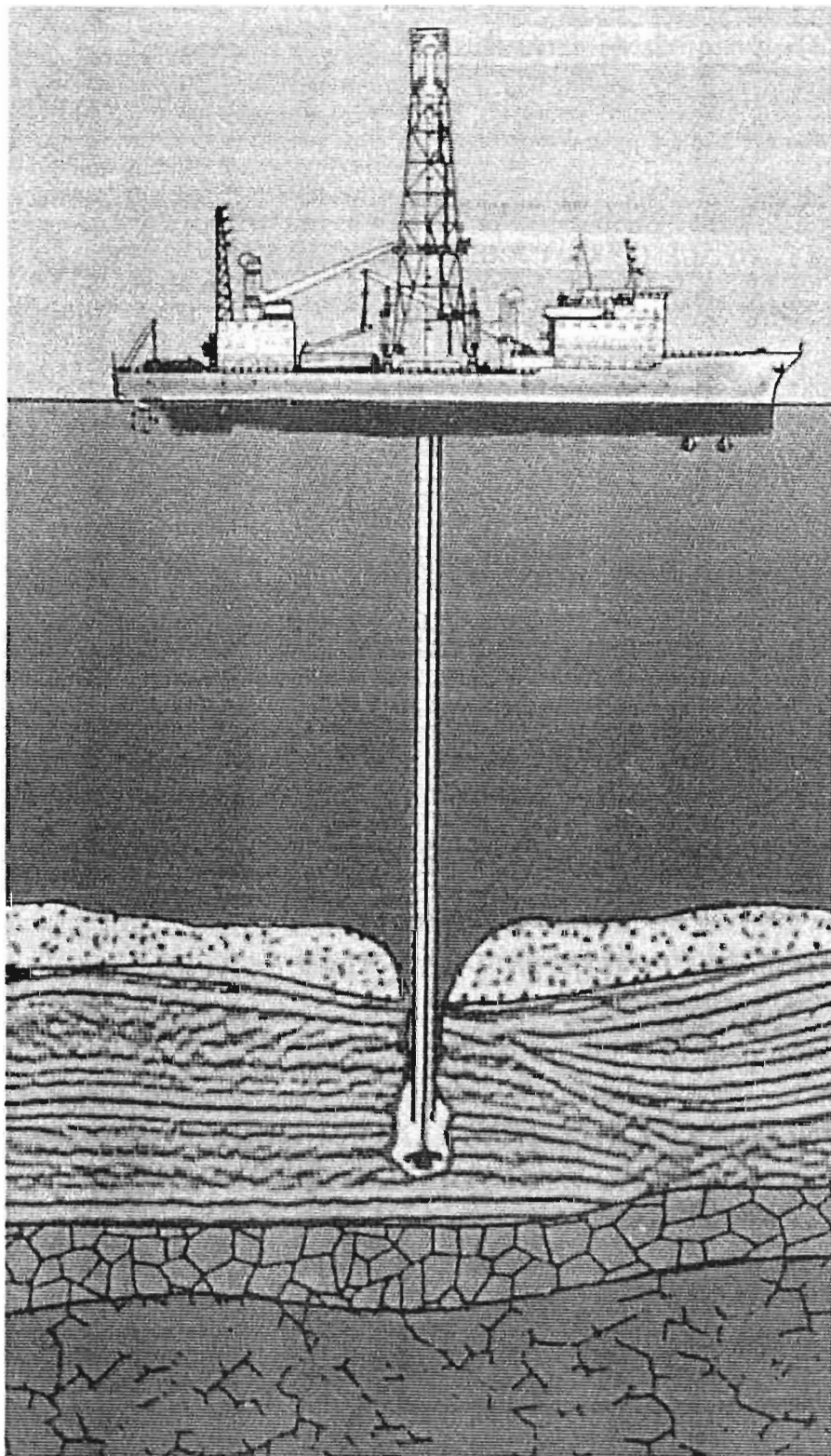


Figura 4. Barco de perforación oceánica que desarrolla campañas científicas en las cuales la Micropaleontología aplicada desempeña —dentro de un programa multidisciplinar— un papel muy destacado.

ra establecer los modelos de extinción y las causas de las mismas, siendo el evento del límite Cretácico / Terciario un buen ejemplo que ilustra del destacado papel de la Micropaleontología aplicada a la resolución de un problema multidisciplinar.

Desarrollo histórico

El acontecimiento fundamental para el nacimiento de la Micropaleontología fue la invención del microscopio por Leeuwenhoek a mediados del siglo XVII, lo cual permitió a Hooke en 1667

describir e ilustrar un microforaminífero, afirmando que se trataba de un pequeño caracol acuático petrificado. Durante siglo y medio continuaron estas observaciones, principalmente de Foraminíferos, siendo atribuidos a pequeños moluscos, corales, gusanos y otros animales. Hay que destacar las observaciones y descripciones, durante el siglo XVIII, de Beccari, Bianchi, Gualtieri y Ledermüller. Algunos de los microfósiles figurados por estos naturalistas, recibieron formalmente nomenclatura binomial en la 12ª edición (1766-67) de la obra *Systema Naturae* de Linneo.

La labor de estos naturalistas europeos fue continuada por otros famosos a lo largo del siglo XIX. Así, Lamarck (1812) definió algunos géneros

«Ha sido importante la contribución de la Micropaleontología, en el marco multidisciplinar del D.S.D.P., al conocimiento paleoceanográfico y a la comprobación de la Tectónica de Placas»

con nombres que hoy todavía se usan. Pero el que más destacó en el estudio de los microorganismos fue el francés d'Orbigny, quien es ahora generalmente considerado como el fundador de la Micropaleontología. Entre 1826 y 1857 publicó numerosos trabajos, sobresaliendo los realizados sobre la morfología, distribución y clasificación de los Foraminíferos: tanto actuales recogidos en su viaje por América meridional, Cuba y las islas Canarias (1839), como fósiles de la cuenca de Viena (1846). D'Orbigny describió cientos de especies y puso de manifiesto su potencial valor bioestratigráfico. Lamentablemente, fue acusado de definir demasiadas especies, siendo atacado y ridiculizado por los paleontólogos ingleses; así como, por su teoría de las creaciones sucesivas que fue duramente combatida por los evolucionistas.

Los estudios de d'Orbigny fueron continuados en Austria por Reuss, geó-

logo y paleontólogo, que trabajó sobre los Ostrácodos y los Foraminíferos. En 1862 propuso la primera clasificación moderna de los Foraminíferos basada en los caracteres de la concha: existencia de perforaciones y naturaleza de la pared. Durante el siglo XIX predominó la labor taxonómica teniendo como resultado la descripción de numerosas especies. En Inglaterra Brady, entre 1863 y 1890 publicó varios trabajos, entre ellos destacan: un Catálogo de Foraminíferos actuales (1865), una monografía sobre los Foraminíferos del Carbonífero y Pérmico (1876) y especialmente el informe sobre los Foraminíferos dragados en la expedición *Challenger*. Pero sus ideas sobre la exagerada variabilidad de los microfósiles retrasaron el desarrollo de la aplicación estratigráfica. Asimismo, Haackel (1887) en su informe sobre los Radiolarios del *Challenger*, oscureció la validez bioestratigráfica de estos microfósiles durante mucho tiempo, ya que consideró todos los Radiolarios que estudió como actuales, aunque muchos de ellos eran fósiles, hasta del Cretácico. Sin embargo, su taxonomía es aún válida para las grandes subdivisiones.



Figura 5. Bioestratigrafía de alta resolución con Foraminíferos planetónicos del tránsito Cretácico / Terciario en el corte de Caravaca. Obsérvese la excusa potencia de la Biozona de *G. cretacea* (Paleoceno basal) y la lámina roja de impacto del límite Cretácico / Terciario.

El perfeccionamiento de los microscopios ópticos en el siglo XIX permitió el estudio de los grupos de

menor tamaño tales como los palinó-morfos. Así, el alemán Goeppert pudo dibujar y describir por primera vez po-

II REUNION SOBRE TAFONOMIA Y FOSILIZACION

(Zaragoza, 13-15 junio 1996)

«EL ANALISIS TAFONOMICO Y SU PROYECCION SOBRE LAS DISCIPLINAS GEOLOGICAS Y ARQUEOLOGICAS»



Entidades patrocinadoras:

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGIA

SOCIEDAD GEOLOGICA DE ESPAÑA

EUROPEAN PALAEONTOLOGICAL
ASSOCIATION

PARA MAS INFORMACION:

Guillermo Meléndez
Secretaría de la II Reunión de
Tafonomía y Fosilización
Departamento de Geología
(Paleontología)
Universidad de Zaragoza
50009 Zaragoza, España
Fax: (976) 761088
Tel.: (976) 761076

len y esporas fósiles, y Reinsch publicar en 1884 la primera fotografía de una espora fósil.

El primero en separar la Micropaleontología de otras disciplinas fue el alemán Ehrenberg, quien utilizó el término "Microgeología" como título de un libro publicado en 1854, con un sentido similar al que tiene hoy la Micropaleontología; término que fue usado por primera vez por Ford en 1883 en un trabajo sobre Briozoos.

La utilidad estratigráfica de los microfósiles se comenzó a poner de manifiesto en el siglo XIX; en este sentido, Brongniart (1823) utilizó los *Nummulites* y Forbes (1850) propuso una zonación basada en Ostrácodos. Los pioneros en la aplicación del estudio de los microfósiles a los sondeos fueron: Dames y Bornemann (1874) que dataron como Turoniense una formación sondeada en Alemania, y Karrer (1877) que determinó pertenecían al Mioceno las rocas atravesadas, en sondeos hidrogeológicos, en la región de Viena. Pero el primero en aplicar la investigación micropaleontológica a la prospección petrolífera fue Grzybowski (1897), quien en Polonia estudió diversas muestras de un sondeo, estableciendo varias zonas y horizontes, demostrando así que el análisis de la microfauna podía ser muy valioso para la industria del petróleo; sin embargo, su trabajo pasó inicialmente desapercibido por estar escrito en polaco. Su obra ha vuelto a ser recientemente divulgada en inglés en un libro editado por Kaminski *et al.* eds. (1993).

La Micropaleontología nació en Europa pero fue en América donde se desarrolló fuertemente, debido a la aplicación de los microfósiles a la datación y correlación de los sondeos petrolíferos. El más importante de los pioneros en EE.UU. fue Cushman, quien comenzó sus estudios en Botánica, pero pronto cambió y realizó su Tesis doctoral en Foraminíferos, finalizando en 1905. Su dedicación al estudio de este grupo, sobre el que se concentró, publicando importantes artículos y libros, es la razón para que se le pueda considerar como el primer especialista en ser propiamente denominado micropaleontólogo. Los trabajos de Cushman y la actividad de Udden, quien había estudiado muestras de sondeos en Tejas hacia 1914, sirvieron para formar los primeros especialistas y convencer a las Empresas y Universidades del interés de los microfósiles.

En este sentido, con la intensificación de la prospección petrolífera en EE.UU. a partir de la primera guerra mundial, la Micropaleontología se desarrolló de tal forma, que las Compañías petroleras contrataron especialistas y crearon sus propios laboratorios. Asimismo, trabajando para el U.S. Geological Survey, Cushman creó en Massachusetts, en 1923, el famoso Laboratorio para la investigación de Foraminíferos que lleva su nombre. Además, dos años más tarde inició la publicación de su propia Revista: *Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, que fue la primera dedicada exclusivamente

«El excelente registro de muchos grupos de microfósiles, con una gran distribución temporal y espacial, proporciona datos muy continuos de líneas evolutivas, permitiendo establecer los ritmos y modelos de evolución y extinción»

te a la Micropaleontología, que por aquellos tiempos estaba prácticamente restringida a los Foraminíferos.

Las Universidades se dedicaron a formar especialistas, inicialmente dentro de los cursos de Paleontología, y a partir de 1923 como disciplina separada. El primer curso formal de Micropaleontología fue impartido por Galloway en Columbia University, enseñando Ostrácodos y Briozoos junto a los Foraminíferos, y publicando sobre estos últimos un interesante Manual en 1933. Al mismo tiempo, otro curso se comenzó a impartir en Stanford University por Schenck en 1924, publicando además su *Micropaleontology Bulletin* desde 1926 a 1933. De este modo se formaron numerosos especialistas, algunos se dedicaron a la enseñanza e investigación en las Universidades, pero la mayor parte fueron contratados por las Empresas, desempeñando una actividad aplicada al servicio de la Geología.

Algo similar ocurrió en los países industrializados a partir de 1925, desarrollándose los aspectos taxonómicos —estudiándose otros grupos de microfósiles además de los Foraminíferos—, y aplicando su estudio a la resolución de problemas geológicos. El desarrollo a nivel mundial fue más lento y tardío que en EE.UU., pero surgieron una serie de investigadores cuya enumeración sería muy extensa.

El rápido desarrollo de la Micropaleontología ha culminado hacia mediados de este siglo, con la publicación de una serie de Revistas, Catálogos, Manuales y Tratados. Así como de numerosas monografías cuya enumeración resultaría muy extensa. Las Revistas que siguieron a las dos anteriormente citadas son las siguientes: *Micropaleontology*, U.S.A. (1955-); *Voprosy Mikropaleontologii*, U.R.S.S. (1956-); *Revue de Micropaléontologie*, Francia (1958-); *Cahiers de Micropaléontologie*, Francia (1965-); *Revista Española de Micropaleontología*, España (1969-); *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, Holanda (1969-); *Marine Micropaleontology*, Holanda (1976-); *Journal of Micropaleontology*, Inglaterra (1982-) y *Acta Micropaleontologica Sinica*, China (1984-). Además, existen otras más específicas para distintos grupos de microfósiles, así como revistas de carácter más general que publican numerosos artículos micropaleontológicos.

Los aspectos taxonómicos han sido principalmente desarrollados con la publicación de una serie de catálogos sobre distintos grupos. El más voluminoso ha sido el Catálogo de Foraminíferos recopilado por Ellis y Messina desde 1941. Asimismo estos autores han publicado otro Catálogo sobre Ostrácodos (1953-) y últimamente otro sobre Diatomeas (1984-). Además existen diversos catálogos publicados por otros autores sobre Nanofósiles, Conodontos, Polen y Esporas fósiles, etc. Por otra parte, los Tratados de Paleontología suelen incluir amplios capítulos descriptivos de los principales grupos de microfósiles, pero los aspectos teóricos han sido principalmente sintetizados en varios Manuales de Micropaleontología (ver bibliografía), los cuales han contribuido a sentar las bases conceptuales de la Micropaleontología.

La invención del Microscopio Electrónico de Barrido ha permitido, en las tres últimas décadas, revolucio-

nar y casi completar la etapa descriptiva, al hacer posible la observación de detalles inapreciables con los microscopios ópticos. Actualmente la Micropaleontología ya no está dominada por la aplicación petrolífera —campo en el que ha desempeñado un brillante papel mutuamente beneficioso—, pues hoy en día el mayor número de especialistas realiza su trabajo en las Universidades y están menos condicionados por la necesidad de la aplicación. En consecuencia, se ha iniciado una etapa en que los aspectos bioestratigráficos y taxonómicos están perdiendo interés —aunque queda bastante por hacer—, en beneficio de aspectos tafonómicos, paleoecológicos y evolutivos.

La Micropaleontología en España

La introducción de la Micropaleontología en España se inicia en la segunda mitad del siglo XIX (Molina, 1982), cuando algunos investigadores extranjeros, principalmente franceses, en sus trabajos sobre nuestro país señalan y describen microfósiles. Por esa época Vilanova y Piera en su Manual de Geología aplicada (1861) desarrolla un apartado para Foraminíferos y otro para Infusorios. Posteriormente, Azpeitia (1911) y Azpeitia y Caballero (1920) publicaron interesantes trabajos sobre Diatomeas, y Jiménez de Cisneros describió gran cantidad de afloramientos con microfósiles. Ahora bien, el primero que se dedicó a la realización de estudios micropaleontológicos de gran rigor científico fue Gómez Llueca, quien inició el estudio sistemático de los Foraminíferos fósiles, publicando varios artículos y una monografía exhaustiva sobre los Nummulítidos de España (1929). Esta constituye una obra de obligada consulta para cualquier investigador que trabaje con macroforaminíferos. Por esta época se inician las publicaciones de Colom y puede considerarse a ambos como los fundadores de la Micropaleontología española. Colom se ha dedicado a la investigación durante más de 60 años, trabajando como consultor en Mallorca, su isla natal. Con una formación básicamente autodidacta ha publicado unos 200 trabajos, de los cuales más de la mitad son de Micropaleontología. Su primera publicación data de 1926 y desde entonces ha estudiado el grupo de los

Tintínidos y los Nannoconus sobre los que ha realizado valiosas aportaciones. También ha sido mundialmente conocido por sus estudios sobre los Foraminíferos, publicando en 1946 el primer tratado en español sobre los microforaminíferos fósiles. Sin duda fue el más internacional de nuestros micropaleontólogos y desde hace varias décadas es citado en las reseñas históricas, habiendo pasado en 1993 a formar parte de la historia definitiva.

La creación de las Secciones de Geología en la década de 1950, empezándose a enseñar la Micropaleontología —bien como asignatura o dentro de la Paleontología general—, produce la formación de las actuales generaciones de micropaleontólogos. Casi simultáneamente se desarrollan los aspectos aplicados debido a la explotación petrolera y minera, fundándose laboratorios micropaleontológicos por las principales Empresas (CIEPSA, 1953; ENADIMSA, 1957). Asimismo, la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, publica desde 1969 la Revista Española de Micropaleontología, que pronto alcanza una gran difusión a nivel mundial. Desde la década de 1970, la puesta en marcha por el Instituto Geológico y Minero de España del proyecto MAGNA, ha supuesto un avance importante para la Micropaleontología estratigráfica, ante la necesidad de datar los terrenos en la realización de la cartografía geológica (Ramírez del Pozo, 1992). En la actualidad existen en España cerca de 30 centros de trabajo donde realizan investigaciones micropaleontológicas más de medio centenar de especialistas. Más de la mitad de los centros, especialmente los de mayor número de investigadores, dependen de la Universidad, algunos del CSIC y muy pocos de Empresas. Cuando estos datos se comparan con los de otros países, como EE.UU. donde el 42 % de los micropaleontólogos trabajan en Empresas, se evidencia que la iniciativa privada en España ha subestimado el interés de la Micropaleontología aplicada.

Conclusión

Los microfósiles tienen numerosas ventajas debido a su pequeño tamaño, gran abundancia y amplia dis-

tribución, habiendo permitido el desarrollo de la Micropaleontología aplicada, la cual ha colaborado a la solución de importantes problemas geológicos (bioestratigráficos y paleoecológicos) y paleobiológicos (evolución y extinción). La creciente precisión que actualmente requieren los estudios de este tipo hacen cada día más necesarios los datos aportados por el excelente registro de los microfósiles, y los mejores resultados se obtienen en el marco de proyectos multidisciplinarios. ■

Bibliografía

- BIGNOT, G. (1982): *Los microfósiles*. (traduc. 1988). Ed. Paraninfo. 284 págs.
- BRASIER, M. D. (1980): *Microfossils*. Ed. George Allen & Unwin. 193 págs.
- CITA, M. B. (1956): *Micropaleontología* (reedit. 1960, 1964). Ed. Cisalpino-Goliardica. 458 págs.
- CIVIS, J., SIERRO, F. J. y FLORES, J. A. (1989): Nuevas tendencias de la micropaleontología. In: *Paleontología. Nuevas tendencias* (Ed. E. Aguirre). Ed. CSIC. 341-358.
- COLOM, G. (1946): *Introducción al estudio de los microforaminíferos fósiles*. Ed. CSIC. 376 págs.
- CUSHMAN, J. A. (1940): *Foraminifera. Their classification and economic use* (reedit. 1948, 1955). Ed. Harvard University. 605 págs.
- EHRENBERG, C. G. (1854): *Mikrogeologie*. Ed. Voss. 374 págs.
- GALLOWAY, J. J. (1933): *A Manual of Foraminifera*. Ed. Principia. 483 págs.
- GLAESSNER, M. F. (1945, 1963): *Principles of Micropaleontology*. Ed. Hafner. 297 págs.
- HAQ, B. U. & BOERSMA, A. eds. (1978): *Introduction to Marine Micropaleontology*. Ed. Elsevier. 376 págs.
- JENKINS, D. G. ed. (1993): *Applied Micropaleontology*. Ed. Kluwer. 269 págs.
- JONES, D. J. (1956): *Introduction to microfossils*. Ed. Harper. 406 págs.
- KAMINSKI, M. A., GEROCI, S. y KAMINSKI, D. G. eds. (1993): *The Origins of Applied Micropaleontology: The School of Józef Grzybowski*. Ed. Alden. 336 págs.
- LIPPS, J. H. (1981): What, if anything, is micropaleontology? *Paleobiology*. 7 (2), 167-199.
- LIPPS, J. H. (1992): *Fossil Prokaryotes and Protists*. Ed. Blackwell. 36 págs.
- MOLINA, E. (1982): Introducción de la Micropaleontología en España. *Actas II Congreso de la S.E.H.C.* Jaca. 2, 249-261.
- POKORNY, V. (1954): *Principles of Zoological Micropaleontology* (reedit. 1958, 1963). Ed. Pergamon. v. 1. 652 págs. v. 2. 465 págs.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1992): Micropaleontología en España: situación actual y perspectivas. *Actas VI Jornadas de Paleontología*. Granada. 19-34.
- RAMSAY, A. T. S. ed. (1977): *Oceanic Micropaleontology*. Ed. Academic. 2 vol., 1453 págs.
- RIVERO, F. Ch. y BERMUDEZ, P. J. (1963): *Micropaleontología general*. Ed. Gea. 808 págs.
- TAPPAN, H. (1980). *The Paleobiology of Plant Protists*. Ed. Freeman. 1.028 págs.