

# LOS FORAMINÍFEROS DEL MIOCENO DE LA SERRA DE MARIOLA (ALICANTE, SE ESPAÑA): UN PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE INTERÉS CIENTÍFICO Y POTENCIAL DIVULGATIVO

Hugo CORBÍ y Antonio BELDA ANTOLÍ

Dpto. Ciencias de la Tierra y Medioambiente. Universidad de Alicante. Ctra. San Vicente S/N (03690), e-mail: hugo.corbi@ua.es

**RESUMEN:** los foraminíferos son organismos unicelulares con caparazón calcáreo y que resultan útiles en estudios de datación de rocas y permiten conocer características ambientales. Las muestras corresponden a margas del Mioceno procedentes de la Serra de Mariola y que posteriormente se han levigado para su análisis. Los resultados muestran un elevado porcentaje de foraminíferos planctónicos ( $\geq 75\%$ ), lo cual indica que se corresponde con un ambiente profundo de la plataforma externa. Este trabajo proporciona información didáctica y divulgativa para comprender mejor el proceso de formación de esta sierra.

**RESUM:** els foraminífers són organismes unicelulars amb closca calcària i que resulten útils en estudis de datació de roques i permeten conèixer característiques ambientals. Les mostres corresponen a margues del Miocè procedents de la Serra de Mariola i que posteriorment s'han tamisat per a la seva anàlisi. Els resultats mostren un elevat percentatge de foraminífers planctònics ( $\geq 75\%$ ), la qual cosa indica que correspon amb un ambient profund de la plataforma externa. Aquest treball proporciona informació didàctica i divulgativa per comprendre millor el procés de formació d'aquesta serra.

**ABSTRACT:** the foraminifera are unicellular organisms with a calcareous shell that they are useful in rock dating studies and they allow to know environmental characteristics. The samples correspond to marl sediments from the Miocene, they collected in the Serra Mariola. Samples have been washed for their later analysis. The results show a high percentage of planktonic foraminifera ( $\geq 75\%$ ), which indicates that it corresponds to a deep environment of the external platform. This work provides didactic and informative data to understand the formation process of this area.

**Palabras clave:** bioindicadores, foraminíferos, Mioceno, Serra Mariola

**Paraules clau:** bioindicadors, foraminífers, Miocè, Serra Mariola

**Keywords:** bioindicators, foraminifera, Miocene, Serra Mariola

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las microfacies, a través del uso de técnicas microscópicas, es del máximo interés para la interpretación paleoambiental y bioestratigráfica del ambiente deposicional donde se formaron los sedimentos. Los análisis micropaleontológicos son un complemento esencial a la información aportada por los estudios de lito- y bio-facies observables a simple vista, sean estratigráficos (características de los conjuntos de rocas estratificadas), sedimentológicos (procesos sedimentarios y estructuras sedimentarias) o paleoecológicos (asociación fósil registrada). Por tanto, el estudio de los componentes, tanto bióticos como

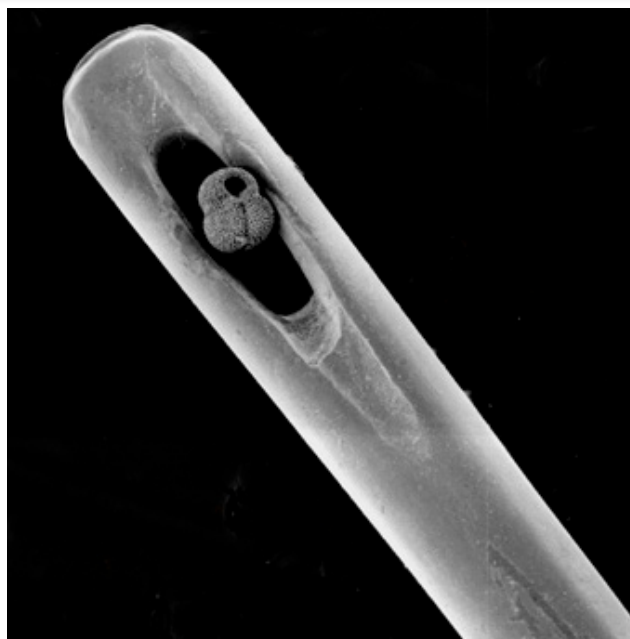


Fig. 1: un foraminífero planctónico en la parte final de una aguja

abióticos, que forman los sedimentos y rocas sedimentarias posibilita de modo fácil y directo la obtención de información sobre el medio de depósito tal como el origen de los aportes, el grado de transporte o la hidrodinámica, batimetría, productividad, temperatura o salinidad de las aguas (Corbí, 2010; Corbí et al., 2012).

En la Serra de Mariola, ubicada al norte de la provincia de Alicante y sur de la provincia de Valencia, se han realizado numerosos estudios, especialmente sobre fauna y plantas medicinales (Belda y Bellod, 2006; Serra et al., 2012; Benavent et al., 2015; Belda et al., 2017). En cambio, hay relativamente pocos estudios geológicos y paleontológicos, en los que se aborden cuestiones puramente geológicas, relacionadas con la cartografía geológica (IGME, 2007), registro paleontológico de mamíferos (por ejemplo, Montoya et al., 2006; Roig, 2013), geomorfología (Ordoñez et al., 2016) y bioestratigrafía (Castro et al., 2014; Mansino et al., 2017).

El propósito principal de este trabajo es ilustrar las características micropaleontológicas, en particular las asociaciones de foraminíferos, de un afloramiento representativo del Mioceno de la Serra de Mariola. El trabajo aquí presentado pone de manifiesto, no solo el interés geocientífico de los afloramientos de esta edad representados en la Sierra de Mariola, sino también su alto potencial interés divulgativo para un mejor y más interdisciplinario conocimiento del medio. Además, los microfósiles registrados, obtenidos a partir de técnicas sencillas como el levigado, pueden constituir también un elemento básico en la divulgación del patrimonio geológico y paleontológico de la Serra de Mariola.

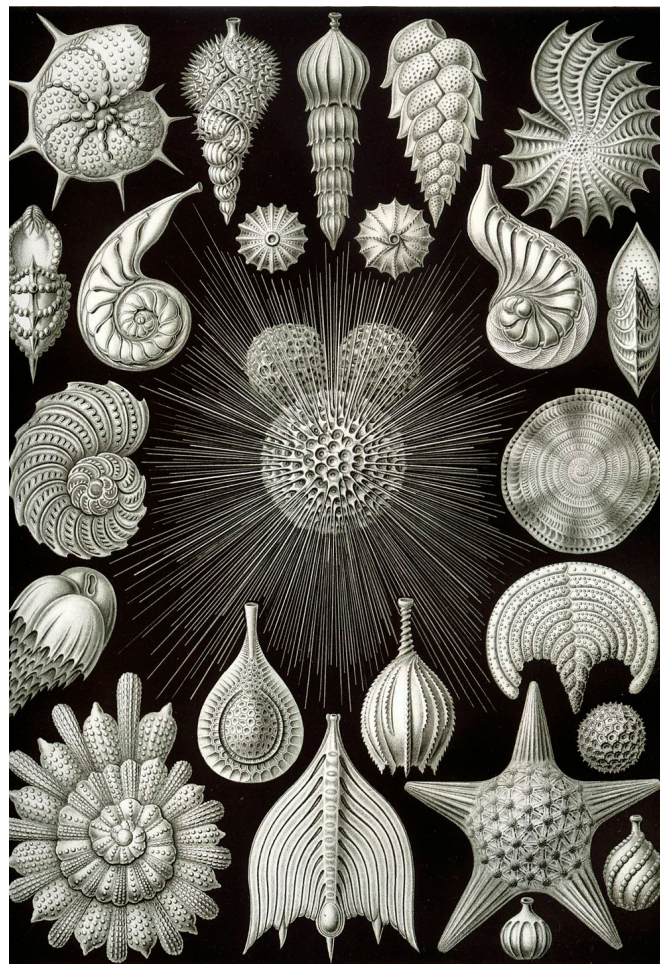


Fig. 2: ilustraciones de foraminíferos realizadas en trabajos taxonómicos del siglo XIX (*Kunstformen der Natur* (1904), plate 2: *Thalamphora*).

## 2. ¿QUÉ ES UN FORAMINÍFERO?

Los foraminíferos son protistas unicelulares con caparazón calcáreo que aparecen en el Cámbrico y se desarrollan hasta la actualidad. De hecho, hay más de 10000 especies reconocidas, aunque una gran parte ya se han extinguido (sólo las encontramos en el registro fósil). Con multitud de aplicaciones, principalmente bioestratigráficas y paleoecológicas, se consideran como uno de los más importantes grupos de microfósiles debido a su abundancia en los sedimentos marinos y a su gran diversidad de especies. Pueden vivir tanto en el fondo marino, foraminíferos bentónicos, como flotando en la columna de agua, foraminíferos planctónicos (Corbí, 2010; Corbí et al., 2012). Estos organismos, habitualmente denominados “forams” o apodados también

“living sands”, fosilizan fácilmente debido a que la mayoría de ellos poseen un caparazón calcáreo. Aunque algunos ejemplares pueden medir más de 10 centímetros, generalmente son del tamaño de un grano de arena, de ahí que su campo de estudio sea la micropaleontología, que estudia los fósiles de tamaño microscópico.

### 3. ¿CÓMO VIVEN LOS FORAMINÍFEROS?

El esqueleto mineral que conforma la concha se encuentra dividido en cámaras que se van añadiendo durante el crecimiento del organismo. Estas cámaras se encuentran interconectadas por poros, denominados forámenes, característica que da nombre al grupo. Habitualmente, la concha está compuesta por carbonato cálcico segregado cristalino (calcita o aragonito), o por partículas recolectadas (granos de arena) por el propio organismo en el ambiente que lo rodea. A través de las aperturas de la concha se desarrolla una red de pseudópodos que se ramifican y conectan entre sí, conformando una red compleja, parecida a una tela de araña, que sirve para captar alimento y, en algunas especies bentónicas, para la locomoción. Su modo de vida abarca tanto especies que se encuentran en simbiosis con algas, como otras que se alimentan de partículas orgánicas, bacterias, diatomeas o incluso pequeños animales como copépodos.

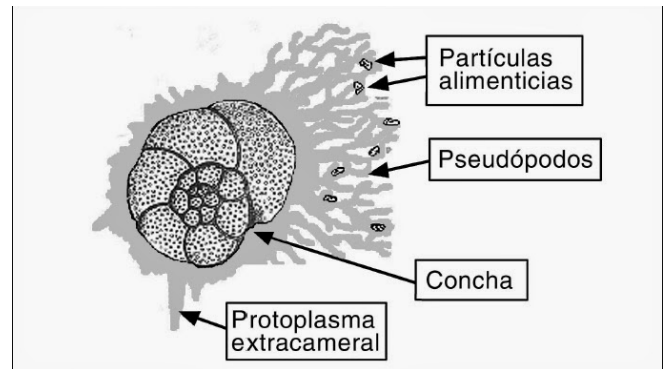


Fig. 4: dibujo idealizado de las partes de un foraminífero (extraído de Calonge et al., 2001).



Fig. 5: caparazones de foraminíferos extraídos de la arena de la playa de Ngapali (Myanmar) (fuente: Microphotographie personnelle: [http://www.arenophile.fr/Pages\\_IMG/P991d.html](http://www.arenophile.fr/Pages_IMG/P991d.html))

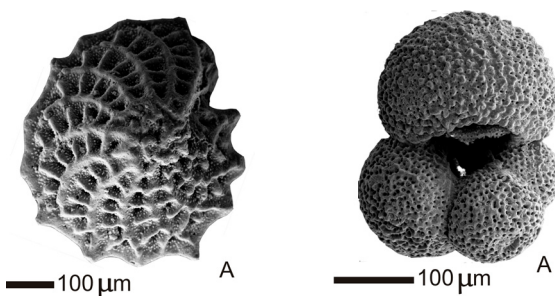


Fig.3: ejemplos de foraminíferos bentónicos y planctónicos. Izquierda: *Globigerina* (planctónico). Derecha: *Elphidium* (bentónico) (modificado de Corbí, 2010).



Fig. 6: foraminíferos bentónicos y planctónicos en muestras micropaleontológicas del registro Messiniense de la Cuenca del Bajo Segura (Sureste de la Península Ibérica). Fotografía cortesía de Jesús Soria.

#### 4. ¿QUÉ NOS CUENTAN LOS FORAMINÍFEROS?

A pesar de su reducido tamaño, estos microfósiles son una importante fuente de información en estudios paleontológicos, estratigráficos y sedimentológicos. En particular, los foraminíferos son especialmente útiles en estudios de datación bioestratigráfica (determinar la edad de las rocas) y reconstrucción paleoambiental (conocer las características ambientales como temperatura, oxigenación, salinidad, etc.). El hecho de que puedan encontrarse miles de ejemplares en una pequeña muestra de sedimento, hace que estos grupos de organismos posean numerosas aplicaciones en investigación de Ciencias de la Tierra. Entre éstas aplicaciones destacan, por su relevancia, las siguientes:

- a) Estudio del clima, en particular los cambios climáticos recientes durante el Cuaternario.
- b) Indicadores de contaminación en medios marinos actuales.
- c) Dataciones bioestratigráficas en materiales antiguos.
- d) Reconstrucción de paleoambientes complementando la información estratigráfica y sedimentológica.

Además, este grupo fósil presenta también un alto potencial didáctico tanto en enseñanzas medias, como universitarias como lo atestiguan varios trabajos presentados en la revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Arenillas et al., 2000, Calonge et al., 2001, Corbí et al., 2012).

Recientemente los foraminíferos planctónicos del Neógeno han sido empleados como herramientas bioestratigráficas y paleoambientales que han permitido precisar las implicaciones cronoestratigráficas y paleogeográficas de la Crisis de Salinidad del Messiniense, uno de los eventos más singulares e importantes de la historia geológica del Mediterráneo (Corbí, 2010; Corbí et al., 2016; Corbí y Soria, 2016; Corbí, 2017).

#### 5. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CONTEXTO GEOLÓGICO

La Serra de Mariola es una formación montañosa situada al sureste de la Península Ibérica, concretamente en la Comunidad Valenciana. Este espacio natural comprende parte de las comarcas de *l'Alcoià*, *la Vall d'Albaida* y *el Comtat*, abarcando una superficie aproximada de 17.000 hectáreas, lo que lo convierte en uno de los parques naturales más extensos de la Comunidad Valenciana. El contexto geológico general se caracteriza por ser predominio de zonas montañosas elevadas, de suelos escarpados, de roca caliza y valles impermeables (Belda y Bellod, 2006). En particular, las muestras se han recogido en la zona conocida como "El Baradello Gelat", que corresponde con una urbanización en el término municipal de Alcoy.

Desde el punto de vista geológico, este parque natural, incluido dentro de las Cordilleras Béticas, está formado por un gran anticlinal en su extremo más oriental, que corresponde con la unidad denominada Prebético Externo. Sin embargo, al oeste de Alcoy, son visibles depósitos Paleógenos, de carácter costero e incluso lagunar, que caracterizan al Prebético Interno (Gualda, 1988).

En cuanto a la litología, las rocas más antiguas que afloran en la actualidad en la Serra de Mariola son yesos y arcillas rojas del **Triásico** (230 millones de años). En esta zona aparecen afloramientos de carácter diapírico, muy tectonizados e interestratificados entre las margas del Mioceno. La litoestratigrafía es la clásica de arcillas verdes y rojas, yesos coloreados y niveles dolomíticos de tonalidad oscura. Por otra parte, las rocas que se depositaron durante el **Jurásico** (205 millones de años) se localizan en la zona conocida como la Lloma, cerca de Muro. En este periodo se pueden encontrar algunas especies fósiles como: *Olcostephanus alcoyensis*, *Anchispirocyclina lusitanica* y *Clyclipeina jurasica*. Durante el **Cretácico Inferior** (144 millones de años) se formaron la mayor parte de rocas que hoy en día podemos encontrar en la Serra de Mariola. Además, se pueden

encontrar fósiles de Ammonites del género *Phylloceras* correspondientes al **Cretácico Superior** (99 millones de años). Durante el **Eoceno Superior** (42 millones de años) se produjo un acercamiento entre las placas Africana y Euroasiática que generó el movimiento de los sedimentos acumulados anteriormente en la cuenca empezándose a formar el citado anticlinal. Posteriormente, el plegamiento se intensifica y genera el levantamiento de la sierra. Finalmente, la Sierra de Mariola queda emergida durante el transcurso del **Mioceno** (11 millones de años). En este periodo se originan grandes depósitos de calizas, dolomías y margas, que ocupan las depresiones originadas por la formación del anticlinal. El mar abandona totalmente la sierra por la vertiente sur, al final del Mioceno. En el **Plioceno** (5 millones de años) podemos encontrar depósitos de arcillas rojas con conglomerados. Finalmente, es en el **Cuaternario** (2,6 millones de años) cuando la sierra sufre una serie de reajustes tectónicos, de los cuales los más importantes son los provocados por las rocas triásicas subyacentes. En este periodo geológico se encuentran las formaciones travertínicas del *Salt*. Los depósitos cuaternarios se encuentran encajados en depresiones ocupadas por sedimentos neógenos, que en ocasiones

presentan conos de deyección y depósitos de ladera (Colla Ecologista La Carrasca, 1998; Conselleria de Territori i Habitatge, 2004; Grupo de Trabajo Geoalicante, 2015).

## 6. MATERIALES Y METODOLOGÍA

El muestreo de la serie estratigráfica se realiza extrayendo aproximadamente 1 kg de sedimento para cada una de las muestras (n=8). La técnica para analizar las muestras es la denominada como levigado. Dicho proceso se realiza siguiendo el protocolo establecido por Corbí et al., 2014, donde, en primer lugar, se disgrega la muestra (200 grs aprox.) en un frasco con agua con una disolución de  $H_2O_2$  (110 volúmenes) y polifosfato sódico ( $NaPO_3$ ) n. Se deja a remojo durante 24 horas hasta que la muestra queda completamente disgregada. A continuación, se realiza un tamizado con agua con tamices de 0,5 y 0,125 mm. El residuo obtenido se somete al lavado con ultrasonidos para eliminar la fracción de arcilla que se adhiere a los microfósiles. Una vez limpio se seca en estufa a 70 °C y se envasan en viales rotulados con sus siglas. Finalmente, se analizan las muestras con la lupa binocular para identificar las diferentes especies.



Fig. 7: diferentes imágenes que ilustran el proceso del levigado, técnica micropaleontológica empleada en este trabajo para la obtención de microfósiles.

## 7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La caracterización general de las muestras analizadas refleja una elevada cantidad de microfósiles, principalmente foraminíferos. Respecto del total de muestra recogida el porcentaje de foraminíferos planctónicos es muy elevado (más del 75%), lo cual indica que se trata de muestras micropaleontológicas típicas de ambiente marino profundo. La elevada relación entre bioclastos y clastos inorgánicos, junto con la elevada presencia de foraminíferos planctónicos anteriormente mencionada, apunta a que se trata de sedimentos que corresponden con aguas profundas (“*deep marine*”). Posiblemente las muestras analizadas se depositaron en rango de profundidad que corresponde a un ambiente de plataforma externa - talud (200-600 metros). También de forma puntual en algunas muestras se en-

cuentran algunos ostrácodos y espículas de esponja. Desde el punto de vista tafonómico, muchos de los foraminíferos se encuentran recristalizados, lo cual impide la determinación taxonómica en algunos casos.

A continuación, se enumeran los principales géneros y las diferentes especies identificadas durante el trabajo de laboratorio. Entre los foraminíferos planctónicos destacan los géneros de *Globigerinoides*, *Globorotalia* (no carenadas), *Globorotalia* carenadas pertenecientes al grupo *menardi*, *Globigerinellas*, *Neoglobocadrina* y las especies *Globigerina bulloides* y *Orbulina universa*. Por su parte, dentro de los foraminíferos bentónicos se han determinado: *Cibicides*, *Gyroidina*, *Bulimina*, *Bolivina*, *Uvigerina*, *Siphonina*; y las especies *Pullenia bulloides* y *Melonis pompilioides*, además de otros foraminíferos uniseriados.

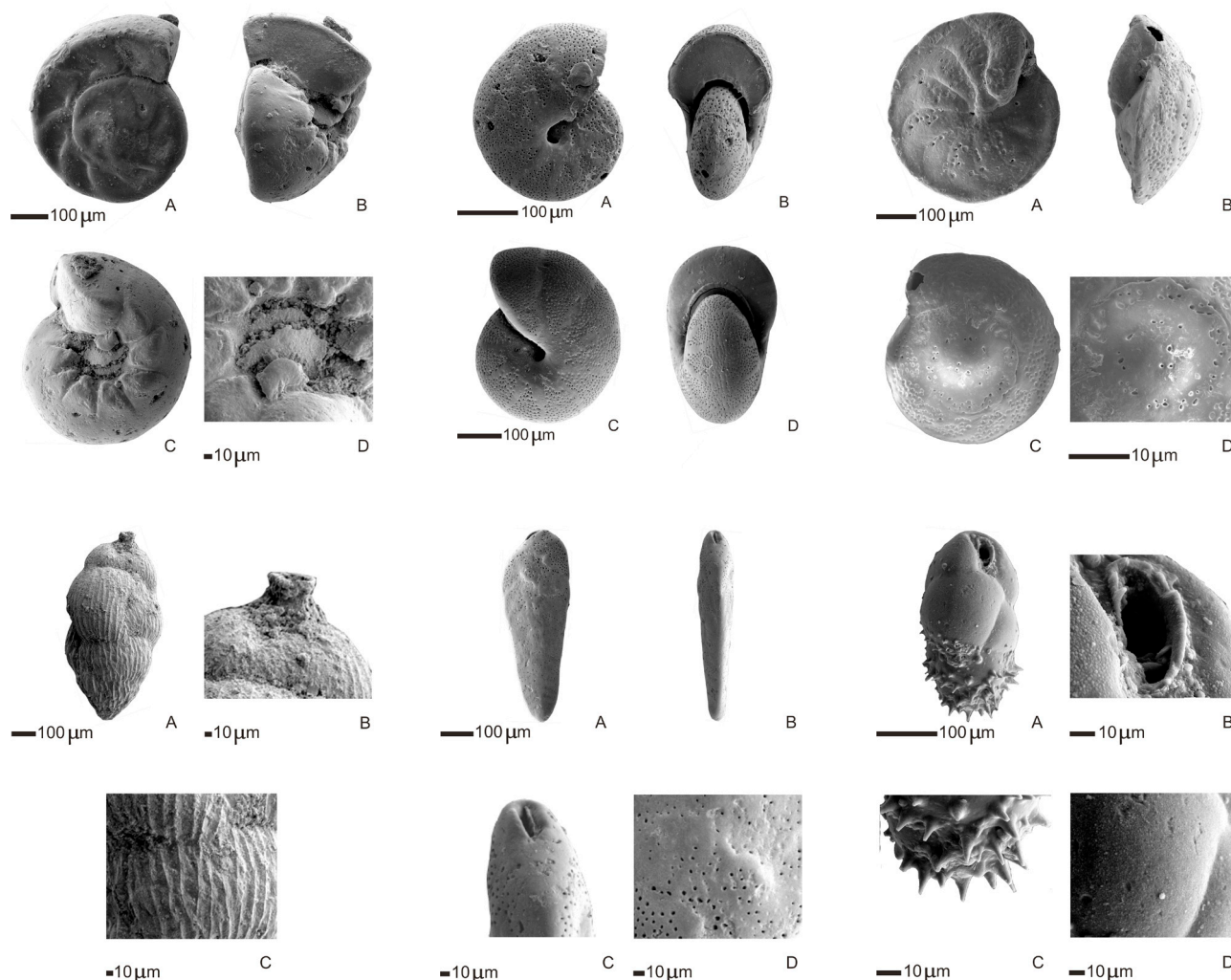


Fig. 8: algunos de los géneros de foraminíferos bentónicos determinados en las muestras. De izquierda a derecha, y de arriba a abajo: *Gyroidinoides*, *Melonis*, *Cibicides*, *Uvigerina*, *Bolivina* y *Bulimina* (imágenes extraídas de Corbí, 2010).

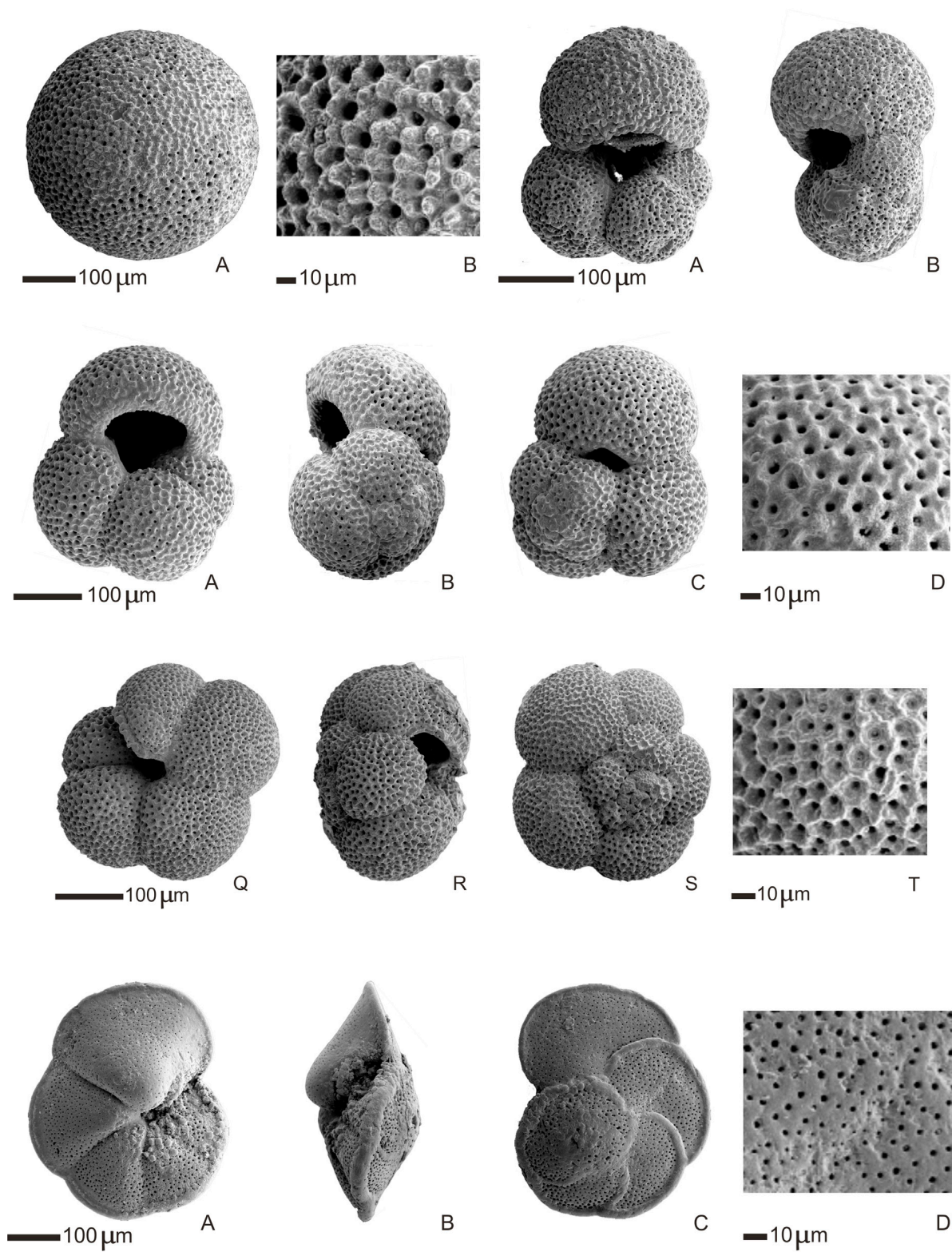


Fig. 9: géneros de foraminíferos planctónicos determinados en las muestras. De izquierda a derecha, y de arriba a abajo: *Orbulina*, *Globigerina*, *Globigerinoides*, *Neogloboquadrina* y *Globorotalia* (imágenes extraídas de Corbí, 2010).

## 8. CONSIDERACIONES FINALES

La Serra de Mariola además de su riqueza faunística y vegetal presente ha demostrado, tras el análisis presentado en este trabajo, ser también muy rica en cuanto a su registro microfósil. Los datos que ha proporcionado el presente estudio permiten especificar el ambiente sedimentario registrado en un afloramiento del Mioceno, además de proporcionar información de gran valor didáctico y divulgativo para comprender un poco mejor el proceso de formación de esta sierra. La información obtenida es de gran interés debido a la ausencia de datos previos en los afloramientos muestreados y que pueden resultar interesantes para científicos y el público en general. De este modo, se contribuye a conocer un poco mejor este espacio natural protegido.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J. A. y Molina, E. (2000). El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de Ciencias de la Tierra: su distribución paleo-ceanográfica en el tránsito Cretácico-Terciario. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(2): 108-118.

Belda, A. y Bellod, F.J. (2006). Plantas medicinales de la Sierra de Mariola. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante. 294 pp.

Belda, A., Belenguer, R., Zaragoza, B. y Ferri, V. (2017). Presència del gat domèstic, *Felis silvestris catus* (Schreber, 1775), i del gat serval, *Felis silvestris*, en un espai natural protegit: el cas del Parc Natural Serra de Mariola (sud-est espanyol). *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 1: 253-263.

Benavent, J. E., Serra, L. i Conca, A. (2015). Nuevos datos sobre algunos taxones eurosiberianos presentes en las montañas diánicas. *Flora Montiberica*, 61: 136-147.

Calonge, A., Caus, E. y García, J. (2001). Los foraminíferos: presente y pasado. *Enseñanza de la Ciencias de la Tierra*, 9 (2): 145-150.

Caracuel, J.E., Corbí, H., Pina, A. y Soria, J.M. (2004). Geología en la costa: técnicas de análisis de sedimentos e interpretación de ambientes sedimentarios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12(1): 77-82.

Castro, J.M., Jiménez de Cisneros, C., De Gea, G., Ruiz-Ortiz, P. A., Quijano, M. L., Caballero, E. y Pancost, R. D. 2014. La formación Almadich en la Sierra de Mariola: caracterización litológica, bioestratigráfica, geoquímica y mineralógica (Aptiense Inferior, Cordillera Bética, Alicante). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 27(1): 127-136.

Colla Ecologista La Carrasca (1998). La Sierra de Mariola. Gerencia de Medi Ambient. Alcoi. 45 pp.

Conselleria de Territori i Habitatge (2001). Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra de Mariola (PORN).

Corbí, H. (2010). Los foraminíferos de la Cuenca Neógena del bajo Segura (Sureste de España): Bioestratigrafía y cambios ambientales en relación con la crisis de salinidad del Mediterráneo. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 280 pp.

Corbí, H. (2010). Los foraminíferos de la cuenca Neógena del Bajo Segura (Sureste de España): bioestratigrafía y cambios paleoambientales en relación con la crisis de salinidad del mediterráneo. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. 280 pp.

Corbí, H. y Soria, J.M. (2012). Guía ilustrada de los géneros de foraminíferos planctónicos del Mioceno Superior y Plioceno: Ejemplos de la Cuenca Del Ba-jo Segura (Sureste De España). *Cidaris*, 31: 31-38.

•



- Corbí, H., Giannetti, A., Baeza, J.F. i Belda, A. (2014). *Pràctiques de Micropa-leontologia I. Materials de suport a la docència en valencià*. Secretariat de Promoció del Valencià. Universitat d'Alacant. 32 pp.
- Corbí, H., Giannetti, A., Baeza-Carratalá, J. F. y Falces-Delgado, S. (2012). Los microfósiles y la Crisis de Salinidad del Mediterráneo como recurso didáctico en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (3): 249-261.
- Corbí, H., Soria, J.M., Lancis, C., Giannetti, A., Tent-Manclús, J.E., Dinarès-Turell, J. (2016). Sedimentological and paleoenvironmental scenario before, during, and after the Messinian Salinity Crisis: The San Miguel de Salinas composite section (western Mediterranean). *Marine Geology*, 379: 246-266.
- Corbí, H. y Soria, J.M. (2016). El registro sedimentario de la Cuenca del Bajo Segura (SE España) a través del análisis de correspondencia: implicaciones paleoambientales. *Estudios Geológicos*, 73 (2): e071.
- Corbí, H. (2017). El registro sedimentario de la Cuenca del Bajo Segura (SE España) a través del análisis de correspondencia: implicaciones paleoambientales. *Estudios Geológicos* 73(2): e071.
- Grupo de Trabajo Gealicante. 2015. *Geología 2015: Font Roja y El Salt-Canalons (Alcoy)*. Universidad de Alicante. Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. 44 pp.
- Gualda, C.E. (1988). *La Sierra de Mariola*. Secretariado de Publicaciones Uni-versidad de Alicante. 319 pp.
- IGME. (2007). *Actualización y mejora del conocimiento Hidrogeológico y funcionamiento de los Acuíferos de Alicante*. Editan: Ministerio de Ciencia y Tecnología y Diputación de Alicante. 113 pp.
- Mansino, I. Fierro, A. Tosal, P. Montoya, F.J. Ruiz-Sánchez. (2017). Mi-cromammal biostratigraphy of the Alcoi Basin (eastern Spain): remarks on the Pliocene record of the Iberian Peninsula. *Geologica Acta*, 15(2): 121-134.
- Montoya, P., Ginsburg, L., Alberdi, M.T., Van Der Made, J., Morales, J. y Soria, M.D. (2006). Fossil large mammals from the early Pliocene locality of Alcoy (Spain) and their importance in biostratigraphy. *Geodiversitas*, 28 (1):137-173.
- Ordóñez, S., Cuevas, J., Benavente, D. y García-del-Cura, M. A. (2016). Architecture of Pleistocene fluvial tufa systems associated with waterfalls: El Salt (Alcoy, Spain). *GEOGACETA*, 59: 7-10.
- Roig, M.E. (2013). Actualización del registro faunístico de la Mola d'Agres y la Solana del Castell. *Museu de Prehistòria de València. Animals i Arqueologia Hui*: 285-304.
- Serra, Ll.; Oltra, J. E.; Conca, A.; Soler, J.X. y Nebot, J.R. (2012). Catálogo de la flora del Parque Natural de la Sierra de Mariola (Alicante-Valencia). *Flora Montiberica*, 51: 97-125.

[www.paleoisurus.com](http://www.paleoisurus.com)

[asociacion@paleoisurus.com](mailto:asociacion@paleoisurus.com)

