

NUEVA ICNOESPECIE DE *Gyrolithes* DEL MIOCENO SUPERIOR DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR (LEPE, HUELVA)

Eduardo MAYORAL y Fernando MUÑIZ

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. 21819 Palos de la Frontera (Huelva)

Mayoral, E. y Muñiz, F. 1995. Nueva icnoespecie de *Gyrolithes* del Mioceno Superior de la Cuenca del Guadalquivir (Lepe, Huelva). [New ichnospecies of *Gyrolithes* from the Upper Miocene of the Guadalquivir Basin (Lepe, Huelva)]. *Revista Española de Paleontología*, **10** (2), 190-201. ISSN 0213-6937.

ABSTRACT

The paleoichnologic study of the Upper Tortonian-Messinian silty-sandy sediments of the SW sector of the Guadalquivir Basin in Lepe (province of Huelva, Spain) has revealed a new ichnospecies of *Gyrolithes*, named *Gyrolithes variabilis* isp. nov. This ichnospecies comprises four morphological types designated A, B, C and D morphotypes and is characterized by a wide range of variability in its spiral diameter and in the interwhorl distance. These parameters may remain constant or else, decrease independently from one another as they penetrate the sediment. Mud lining, having an irregular knobby interface against the substrate, the uniformity of the sections and the relatively large size of the burrows, are other secondary characteristic ichnotaxobases.

Keywords: Paleoichnology, *Gyrolithes*, Upper Tortonian-Messinian, Guadalquivir Basin, Lepe, Huelva, Spain.

RESUMEN

El estudio paleoicnológico de los sedimentos limo-arenosos de edad Tortoniense superior-Messiniense en el sector SO de la Cuenca del Guadalquivir en Lepe (provincia de Huelva), ha revelado la existencia de una icnoespecie nueva de *Gyrolithes*, designada como *G. variabilis* isp. nov. Esta icnoespecie, de la que se han reconocido a su vez cuatro morfotipos, denominados como A, B, C y D, se caracteriza por mostrar una amplia variabilidad en cuanto al diámetro espiral y al espaciado intervuelta de las cámaras. Estos parámetros pueden mantenerse o disminuir independientemente conforme la estructura espiral penetra en el sedimento. Otros caracteres sistemáticos, aunque secundarios, son la presencia de paredes reforzadas de textura irregularmente pelletizada, la uniformidad de las secciones y el gran tamaño medio de las madrigueras en comparación con los otros icnogéneros miocenos existentes.

Palabras Clave: Paleoicnología, *Gyrolithes*, Tortoniense superior-Messiniense, Cuenca del Guadalquivir, Lepe, Huelva, España.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de índole regional desarrollados durante los últimos 10 años en los sedimentos marinos del Neógeno superior, en el sector SO de la Cuenca del Guadalquivir, han puesto de relieve la necesidad de conocer sus características paleoicnológicas. En esta línea, se han abordado todos los aspectos concernientes tanto a la bioerosión (Mayoral, 1987a, 1987b, 1988a, 1988b, 1990) como a la bioturbación (Mayoral, 1986a, 1986b, 1986c; Mayoral y González, 1986-87; Mayoral y Pendón, 1986-87; Mayoral *et al.*, 1992; Clauss y Mayoral, 1992; Mayoral y Muñiz, 1993). Recientemente, (Mayoral

y Muñiz, 1994a) se ha comprobado que ambos aspectos están interrelacionados, suministrando datos muy interesantes para establecer las condiciones paleoambientales y la historia sedimentaria de los materiales, aspectos que hasta el momento han recibido poca atención en el sector estudiado (Pendón y Borrego, 1987). El paso previo para alcanzar estos objetivos es empezar con el reconocimiento sistemático de los icnotaxones más característicos. En este trabajo se presenta una icnoespecie nueva de *Gyrolithes*, que es típica de una zona del sector antes aludido y que en la actualidad forma parte de un proyecto de estudio más amplio llevado a cabo por uno de los firmantes (F.M.)

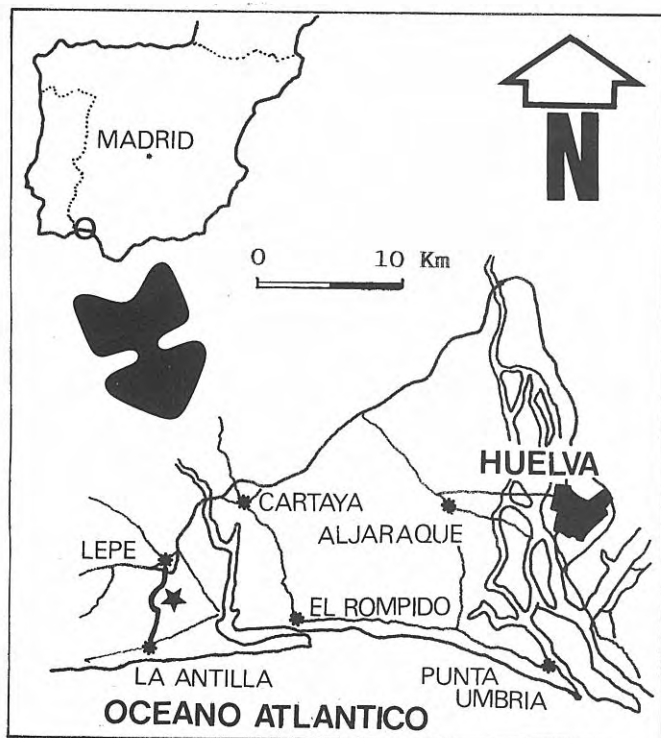


Figura 1. Situación geográfica del afloramiento estudiado.

MATERIAL ESTUDIADO

Los ejemplares estudiados proceden de un yacimiento situado al Sur de la localidad de Lepe (Huelva), entre esta población y la playa de La Antilla (Fig.1).

Desde el punto de vista geológico, los materiales estudiados se enmarcan en el sector suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir. Constituyen, en este sector, el relleno siliciclástico de la depresión durante el Mioceno superior. Son depósitos próximos a la paleolínea de costa, en facies marinas someras. El sustrato está representado por los materiales carboníferos (en facies Culm) presentes a escasos kilómetros al Norte de la localidad estudiada.

La serie estudiada (Fig.2), comienza con unos 4 m visibles de arenas de grano fino-medio, gris amarillentas (tramo 1), que hacia techo presentan nódulos carbonatados de origen orgánico. Contienen bivalvos (destacan grandes ejemplares de *Pholadomya* sp.) y gasterópodos, entre ellos algunos cónidos significativos como *Conus* (*Dendroconus*) *berghausi* Sacco, y *Conus* (*Leptoconus*) aff. *allinoii* (Michelotti), casi siempre en estado de molde interno. También se encuentran dientes de seláceos (pertenecientes a los géneros *Odontaspis*, *Isurus*,...) y restos bastante completos de vértebras y costillas de gran tamaño, relacionadas con cetáceos del SbO. Mysticeti, balanomorfos, etc. Más hacia el Norte, en las proximidades de Tariquejos,

LEYENDA LITOLÓGICA

- Arenas gruesas
- Arenas finas-medias
- Limos
- Costras ferruginosas
- Nódulos carbonatados

LEYENDA ICNOFAUNA

- Ophiomorpha*
- Galerías en forma de J
- Gyrolithes*
- Planolites*
- Thalassinoides*

FAUNA

- Pholadomya* sp.
- Otros bivalvos
- Cónidos
- Otros gasterópodos
- Escafópodos
- Crustáceos
- Cetáceos

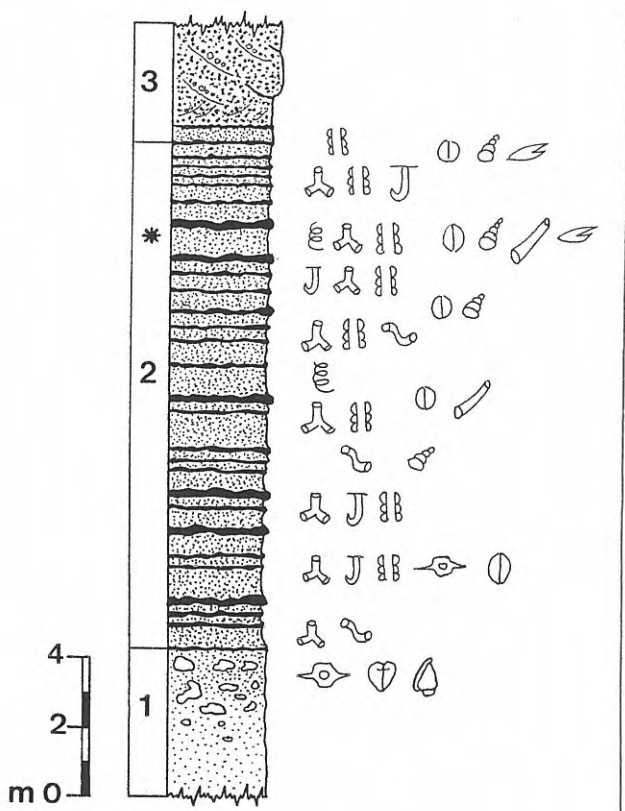


Figura 2. Columna estratigráfica para el Mioceno Superior al sur de Lepe (Huelva). El asterisco señala la posición del nivel escogido para el estudio de *Gyrolithes variabilis* isp. nov.

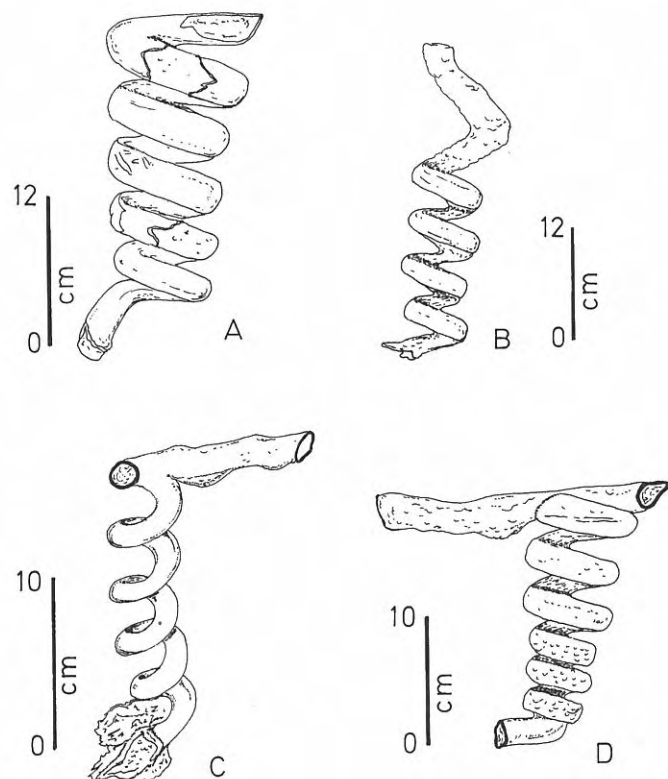


Figura 3. Esquemas de *Gyrolithes variabilis* isp. nov. 3A: Morfotipo A (Ejemplar LE-9-021). 3B: Morfotipo B (Ejemplar LE-9-010). 3C: Morfotipo C (Ejemplar LE-9-011). 3D: Morfotipo D (Holotipo: Ejemplar LE-9-012).

estos sedimentos clásticos son mucho más gruesos (arenas gruesas y conglomerados) y se apoyan discordantemente sobre el sustrato carbonífero.

Sobre estos materiales se dispone de forma aparentemente concordante, un paquete (tramo 2) de unos 12 m de espesor, integrado por limos arenosos blancos con intercalaciones de arcillas limosas gris-oscuros y arenas finas de espesor decimétrico. Presentan laminaciones paralelas y suavemente inclinadas en sentidos opuestos. Hacia techo del paquete son frecuentes las intercalaciones de niveles microconglomeráticos, en forma de hiladas o a favor de cuerpos canaliformes de base erosiva. Este tramo

presenta numerosas costras y tinciones de óxidos e hidróxidos de hierro, relacionadas genéticamente con fluctuaciones locales del nivel freático durante el Holoceno. Se han desarrollado en función de sus permeabilidades diferenciales en el interior del sedimento (Rodríguez-Vidal y Hurtado, 1991). Las costras ferruginosas de mayor entidad están ligadas a antiguas superficies de no sedimentación (diastemas) y presentan una continuidad lateral importante (Mayoral y Muñiz, 1994a).

En la parte inferior media de este paquete se han encontrado restos de cetáceos similares a los del conjunto inferior. A lo largo de todo el tramo y, en especial, en su parte media superior, aparecen superficies lumaquéticas (en relación con los horizontes diastémicos) que contienen moldes ferruginizados de bivalvos (cardídeos, tellínidos, venéridos, máctridos, mytílidos, etc), gasterópodos (turritélidos, estrómbidos, naticidos, etc), escafópodos (dentálidos), pinzas de crustáceos decápodos, etc. En relación con los niveles limosos se encuentran numerosos horizontes bioturbados, con paleoicnocenosis definidas por *Thalassinoides-Ophiomorpha-Gyrolithes-Madrigueras* en forma de "J" y de "saco".

La serie culmina con un paquete (tramo 3) que se apoya en ligera discordancia sobre el tramo anterior y que está constituido por 4-5 m de arenas gruesas blanco-rojizas, con niveles conglomeráticos de cantos silíceos, heterométricos, de espesor y continuidad lateral muy reducidos. Presentan laminación cruzada recta y/o cóncava de pequeña-mediana escala y, ocasionalmente, formas canalizadas de base erosiva y pequeña escala.

La edad de todo el conjunto debe asignarse al Mioceno superior (Tortonense-Messiniense), ya que aproximadamente 3 Km al S de este afloramiento se han podido datar radiométricamente algunas muestras de arenas glauconíticas que ocupan una posición estratigráfica equivalente a la de las arenas del techo del tramo 2 de la serie antes descrita. Estas muestras arrojan una edad de $6,6 \pm 0,3$ m.a. y $6,7 \pm 0,3$ m.a., respectivamente. En estos mismos niveles y a menos de 1 Km del punto estudiado, se ha encontrado un ejemplar de *Sepia (Parasepia) melendezi* (Mayoral y Muñiz, 1994b), que apoya la edad de los sedimentos, junto con la asociación en el tramo 1 de *Conus berghausi*, *Conus* aff. *allinoii* y *Pholadomya* sp. Esta datación es congruente con la propuesta por Sierro (1985) en la sección de Cartaya (4 Km al NE de Lepe), que otorga una edad Tortonense superior (biozona de *Turborotalia humerosa*) para un conjunto alternante de limos arenosos y arcillas limosas, que son el equivalente lateral de facies de los sedimentos descritos en esta serie.

ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA

Icnogénero *Gyrolithes* Saporta, 1884

1849 *Gyrolithen* Debey, p.10

1884 *Siphodendron* Saporta, p.38

1895 *Syringodendron* Fuchs, p.404

1900 *Daemonhelix* von Ammon, p.63

1927 *Xenohelix* Mansfield, p.6

Icnoespecie tipo: *Gyrolithes davreuxi* Saporta, 1884.

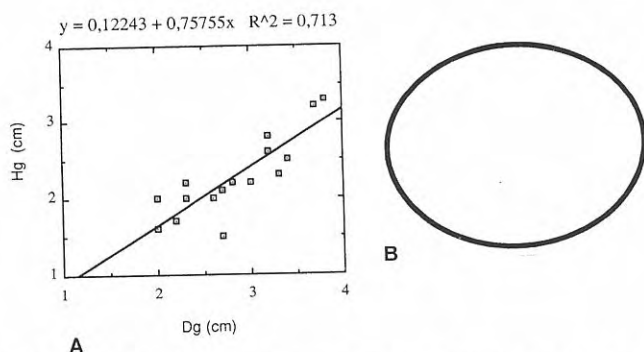


Figura 4. 4A: Diagrama de correlación entre la Altura (H_g) y el Diámetro (D_g) de la sección de *Gyrolithes variabilis* isp. nov. 4B: Sección transversal media de *Gyrolithes variabilis* isp. nov.

EJEMPLAR	D _g	H _g	E _v	D _e	α _v	α _h	e	S/D	RELLENO	LONGITUD	Nº VUELTAS
LE-9-001	2	1,6	0,5	5	6°	16°	0,5	S	Pasivo	5	2c
LE-9-002	3,3	2,3	0,6	8,6-7,9	13°	11°	-	S	-	14,5	2c
LE-9-003	3,7	3,2	1,5	13,5-7,9	12°	20°	-	D	Activo	20	3c
LE-9-004	3,2	2,6	1,2-1,6	7,1-5,2	11°	20°	-	S	Activo	18	4c
LE-9-005	3,4	2,6	2,1-1,2	7,4-6,4	13°	14°	-	S	Pasivo	14	3i
LE-9-0061	2,8	2,2	1,3	8,9-7,3	7°	13°	-	S	-	20	4c
LE-9-0062	2,6	2	1-0,6	8,3	9°	12°	-	D	-	19,5	4c
LE-9-0063	2,7	1,6	0,8	6,3	5°	15°	-	D	-	6	1c
LE-9-007	2,7	1,5	1,7	7,2-7	7°	17°	-	D	-	12,5	2c
LE-9-008	2,7	2,1	1,9-1,4	8-6,8	7°	18°	-	D	-	18	3c
LE-9-009	2,3	2,2	1-0,9	6,5-4,5	8°	12°	-	S	Pasivo	20	3c
LE-9-010	2,2	1,7	3,5-2,5	8-7,6	15°	18°	-	S	-	23	4c
LE-9-011	2	2	2-1,3	5-4,5	7°	18°	-	D	Pasivo	15,5	5c
LE-9-012	2,3	2	1,2-0,6	6,5-5	11°	12°	-	S	Pasivo	20	6c
LE-9-013	2,4	2,2	1,4	6,9	11°	11°	-	S	Pasivo	8,5	2i
LE-9-014	1,6	1,3	0,9	4,7	12°	9°	0,4	S	Pasivo	11,5	3i
LE-9-015	2,8	2	2-1,4	6,5-5,5	10°	12°	0,3	S	Activo	-	3i
LE-9-016	2,3	2	0,5	6	10°	19°	0,4	S	Pasivo	11,5	3i
LE-9-017	2,6	2,4	0,6	7,5-7,2	10°	17°	-	D	Pasivo	13	3i
LE-9-018	2,8	2,3	0,9	6,2	13°	10°	-	D	Pasivo	9	2i
LE-9-019	3	2,2	2,7-1,2	8,2-5,1	15°	21°	0,5	S	Activo	27	5c
LE-9-020	3,4	2,5	1,4-1,3	6,4-5,8	16°	13°	-	S	Pasivo	12	3c
LE-9-021	3,8	3,3	1	8,5-7,8	15°	20°	0,2	S	Pasivo	24	5c
LE-9-022	3,6	3,3	1,9	9,9-9,3	22°	13°	0,5	D	Pasivo	13,5	2i
LE-9-023	3,3	3	2,1	8-6,9	21°	18°	0,6	D	Pasivo	-	3i
LE-9-024	1,5	1,2	1,2	4,1-2,9	16°	15°	-	S	Pasivo	-	3i
LE-9-025	2,1	1,6	0,7-0,5	4,7	15°	11°	0,5	S	Pasivo	-	3i
LE-9-026	3,1	2,8	1,2	6,6-6,2	16°	15°	0,7	D	Pasivo	-	1i
LE-9-027	2,5	2,3	1,1	5,6-4,8	12°	9°	-	S	Pasivo	-	3i
LE-9-028	2	1,5	5,2-5	5,2-5	10°	13°	-	D	Pasivo	-	2i
LE-9-029	3,1	2,7	1	7,9-7,4	12°	9°	1,2	S	Activo	-	1i
LE-9-030	1,9	1,6	0,8-0,6	5,6-4,9	8°	12°	-	D	Pasivo	-	2i
LE-9-031	3,2	3,8	1	8,5-8	13°	12°	-	S	Pasivo	-	2i
LE-9-032	3,2	2,8	0,7	7,5-7,4	9°	14°	-	D	Pasivo	-	2c

Tabla 1. Valores de los principales parámetros morfológicos medidos en *Gyrolithes variabilis* isp. nov.

D_g: Diámetro de la sección de la galería. H_g: Altura de la sección de la galería. E_v: Espaciado intervuelta. D_e: Diámetro espiral. e: Espaciado entre estrías. Todos expresados en cm. α_v: Angulo de desviación vertical del eje de enrollamiento. α_h: Angulo de inclinación de las cámaras respecto a la horizontal. S: enrollamiento sinestroso, D: idem dextrorso, Nº de vueltas: c: completos, i: incompletos.

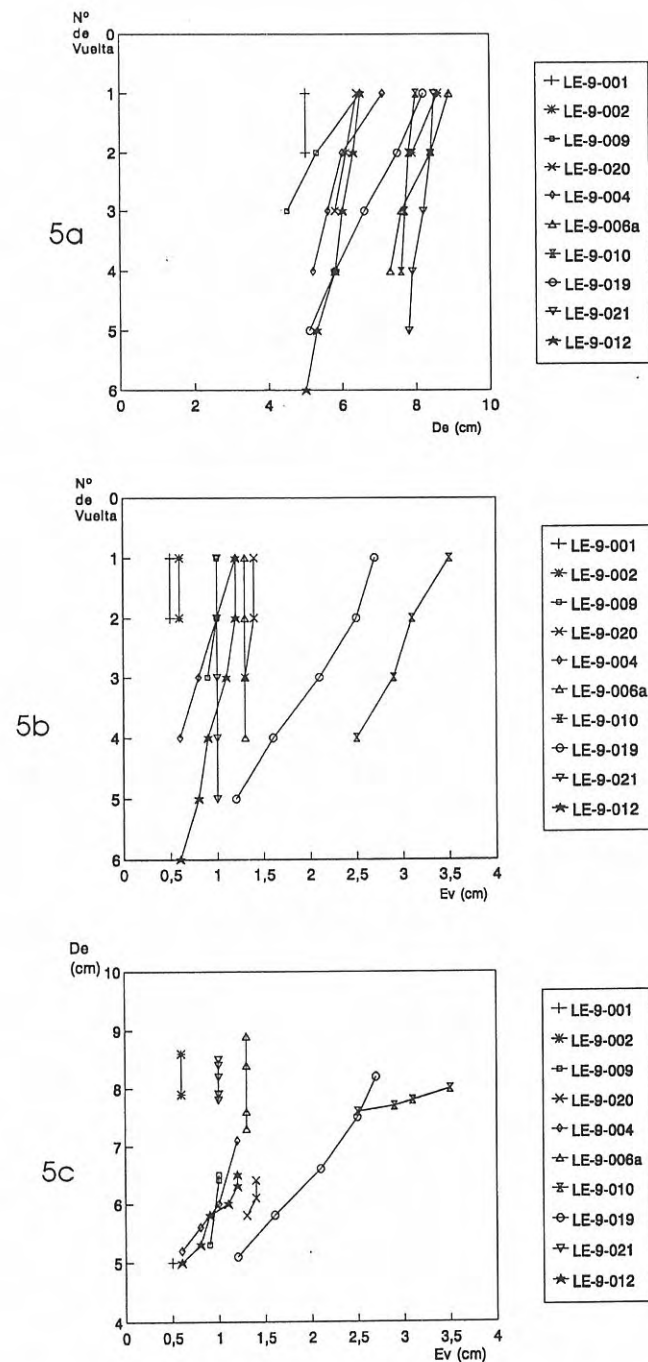


Figura 5. *Gyrolithes variabilis* isp. nov. de enrollamiento sinestrorso. 5A: Relación entre el número de vueltas y el Diámetro espiral (D_e). 5B: Relación entre el número de vueltas y el Espaciado intervuelta (E_v). 5C: Relación entre el Diámetro espiral (D_e) y el Espaciado intervuelta (E_v).

Diagnosis enmendada (Bromley y Frey, 1974):

Madrigueras más o menos verticalizadas en el sedimento, formadas por una espiral circular que se enrolla indistintamente a la izquierda o a la derecha; la superficie puede presentar o no estructuras en la pared o trazas de estrías; el radio de la vuelta espiral y el diámetro del túnel son bastante constantes y se puede ramificar e interconectar con otros sistemas o estructuras correspondientes a *Thalassinoides* u *Ophiomorpha*.

Observaciones:

Häntzschel (1962, 1965) propuso la diagnosis de *Gyrolithes* tomando como base las descripciones de Saporta (1884) sobre la icnoespecie tipo (*G. davreuxi*). Sin embargo, la imprecisión sobre el modelo de enrollamiento y los escasos datos sobre la morfología de la estructura espiral, condujeron a Bromley y Frey (1974) a modificar la diagnosis inicial y definirla en términos más amplios.

Gyrolithes variabilis isp. nov.

Figs. 3a-d, 7a-c, 8a-c, 9a-c, 10a-b; Lám.I, figs. 1-5

Material tipo: Holotipo nº LE-9-012. Paratipos: LE-9-001 a LE-9-004; LE-9-006₁ y LE-9-006₂ a LE-9-011; LE-9-019 a LE-9-021 y LE-9-032. Se han recolectado también 18 ejemplares en buen estado, aunque incompletos y más de una veintena de fragmentos, aparte de numerosas observaciones recogidas sobre material que se ha preservado *in situ* en los afloramientos.

Los ejemplares están depositados en el Centro Andaluz de Exposiciones Didácticas de Ciencias Naturales, en el Parque Temático de La Cartuja de Sevilla.

Localidad tipo: Lepe (Huelva), a 1,5 Km al SSO de la población, en las inmediaciones de la carretera que une esta localidad con la playa de La Antilla.

Estrato tipo: "Limos arenosos blancos de Lepe". Aproximadamente a 1.5 m por encima del nivel de arenas glauconíticas.

Edad: Tortoniense superior-Messiniense. (6,6-6,7 ± 0,3 m.a)

Origen del nombre: Del latín *variabilis*: "variable", que hace alusión a la variedad morfológica presentada por los ejemplares.

Diagnosis

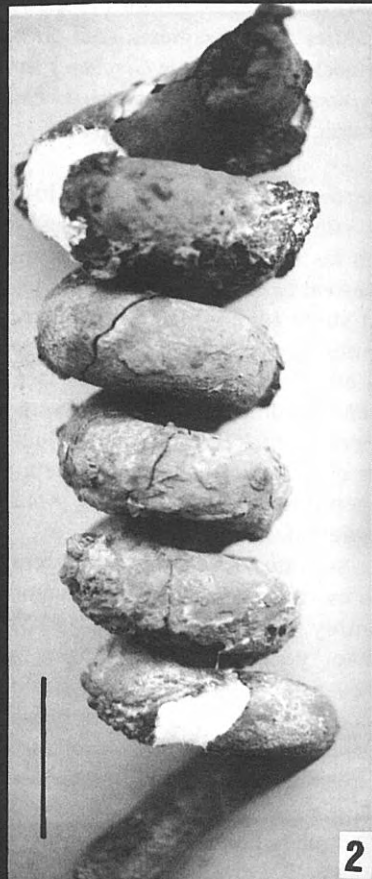
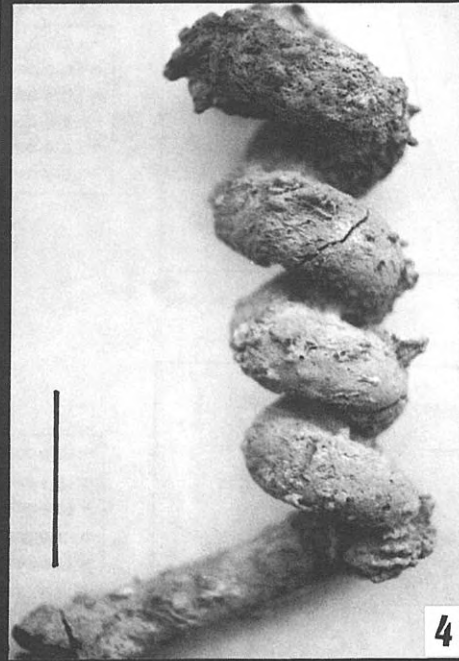
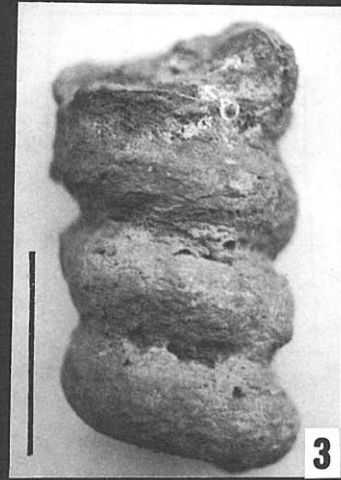
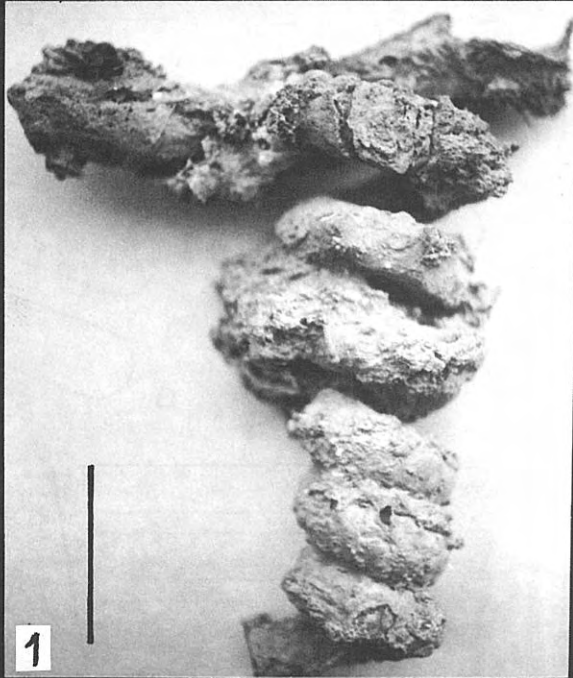
Madriguera que consiste en una espiral que presenta el eje de enrollamiento ligeramente inclinado y que se desarrolla tanto en sentido dextrorso como sinestrorso. Las relaciones entre el diámetro espiral y el espaciado intervuelta son muy variables, de tal forma que uno u otro o ambos pueden disminuir de tamaño o mantenerse conforme la estructura penetra en el sedimento.

Lámina I

Gyrolithes variabilis isp. nov.

- 1. **Holotipo** LE-9-012. Morfotipo **D**.
- 2. Morfotipo **A**. Paratipo LE-9-021.
- 3. Morfotipo **B**. Paratipo LE-9-016.

- 4. Morfotipo **C**. Paratipo LE-9-004.
- 5. Morfotipo **C**. Paratipo LE-9-015. Obsérvese el par de estrías ligeramente oblicuas en relación a la inclinación de las cámaras y la ornamentación pelletizada de las mismas. La escala de la barra es de 5 cm en todas las figuras.



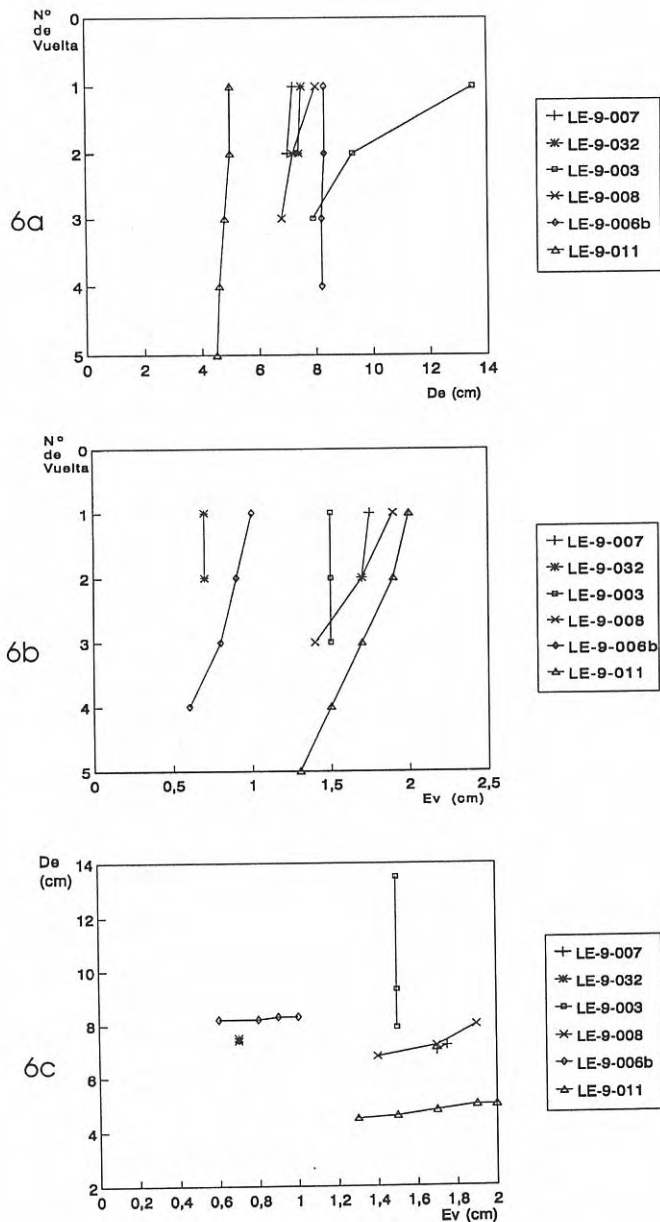


Figura 6. *Gyrolithes variabilis* isp. nov. de enrollamiento dextrorso. 6A: Relación entre el número de vueltas y el Diámetro espiral (D_e). 6B: Relación entre el número de vueltas y el Espaciado intervuelta (E_v). 6C: Relación entre el Diámetro espiral (D_e) y el Espaciado intervuelta (E_v).

Diagnosis

Spiral burrows describing a dextral or sinistral path with the coiling axis close to vertical position. Spiral diameter and distance between whorls are clearly variable, so that one of these dimensions or both can decrease or maintain their value as the structure penetrates into the sediment.

Descripción

Estructura espiralada cuyo eje se aparta ligeramente de la vertical (aproximadamente unos 10° de media, Tabla 1), inclinándose hacia la izquierda o derecha, siempre en sentido opuesto al de enrollamiento de la espiral, que puede ser, en consecuencia, tanto dextrógiro como levógiro. (Figs. 7-10).

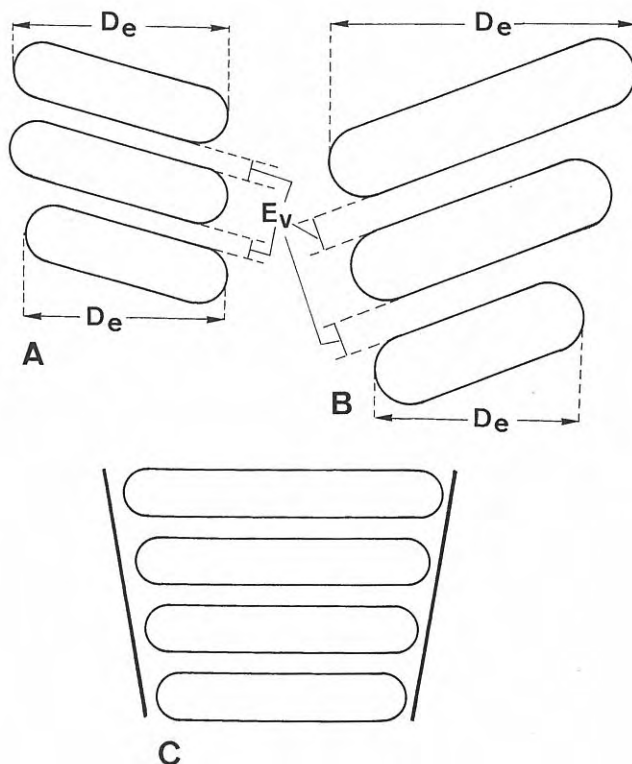


Figura 7. 7A: *Gyrolithes variabilis* morfotipo A con enrollamiento sinestrorso. 7B: Idem con enrollamiento dextrorso. Ambos modelos obtenidos a partir de los valores medios representados en la Tabla 3 b. 7C: Modelo idealizado de *Gyrolithes variabilis* morfotipo A, correspondiente a una espiral cónica acentuada. Sin escala.

El diámetro espiral (D_e) es, en todos los casos, mayor en la primera vuelta y puede mantenerse prácticamente constante en las restantes o, por lo general, disminuir de forma progresiva. El espaciado entre las sucesivas vueltas de espira (E_v) suele también reducirse hacia abajo o, por contra, mantenerse casi invariable. Estas tendencias en cuanto a la evolución morfológica de la estructura según profundiza en el sedimento, pueden darse por separado o al mismo tiempo, lo cual ocasiona un conjunto de variedades morfológicas que son las que dan nombre a la icnoespecie y que son susceptibles de diferenciarse y cuantificarse (Ver apartado siguiente).

El factor sustrato, cuya naturaleza y consistencia puede modificar la morfología final de la estructura (Ekdale *et al.*, 1984; Bromley, 1990; Magwood, 1992) no influye en nuestro caso, ya que los diferentes morfotipos que describiremos a continuación se dan siempre dentro de un mismo tipo de sedimento (limos arenosos) e incluso es frecuente que aparezcan juntos unos con otros.

La sección de las madrigueras es subcircular a subelipsoidal, lo que implica un coeficiente de correlación alto (0,84) entre la altura (H_g) y el diámetro de la galería (D_g) (Figs. 4 a y b). Este dato es significativo por cuanto que la construcción refleja una regularidad muy acusada respecto a los organismos productores, lo cual puede considerarse un criterio sistemático, secundario, pero relevante. Además, el

AUTOR	D _g	D _e	Longitud	Localidad	Fm. Estrat.
Mansfield, 1927	1,5	3-5	20,3	Maryland (USA)	St. Marys Fm.
Mansfield, 1930	1,8	4,2	7,4	California (USA)	Grupo Monterey
Dryden, 1933	---	3,8	30-60	Maryland (USA)	Calvert Fm.
Kilpper, 1962	1-2	3-5	15-40	Alemania	Braunkohlen Fm.
Gernant, 1970	1,5-1,8	4-5	8-16	Maryland (USA)	Choptank Fm. St. Leonard Mb.
Gernant, 1972	1,5-1,8	3,5-4	7-30	Maryland (USA)	St. Marys Fm. Estrato 22

Tabla 2. Datos morfológicos disponibles de los principales *Gyrolithes* miocenos.

hecho de que no existan secciones que se desvíen de este modelo, es una prueba prácticamente concluyente de que la compactación no ha actuado diferencialmente sobre las estructuras y de que su influencia ha sido mínima y uniforme. De este modo, las secciones resultantes están más relacionadas con la morfología de los productores que con las deformaciones posteriores. Las paredes presentan un refuerzo sólido constituido por una película gruesa ferruginizada, que originalmente debió de ser aglutinante. También es frecuente que aparezcan zonas puntualmente pelletizadas (normalmente la mitad inferior de la madriguera, Lám. I, fig. 5) o, en pocos casos, cubriendo todas las superficies. En ocasiones, sobre la pared externa o en el relleno interno de la madriguera, aparece una serie de marcas o estrías en número de dos, que se disponen paralelas entre sí (con un espaciado medio de 5,2 mm) y que discurren ligeramente oblicuas en relación a la inclinación de la galería (Lám. I, fig. 5).

En algunos casos (aproximadamente en un 10% de los ejemplares estudiados), las madrigueras espirales presentan sus superficies externas recorridas secundariamente por *Planolites* sp. en epirrelieves negativos, que tienen trayectorias sinuosas y oblicuas al sentido de inclinación de las cámaras. También pueden aparecer en el interior de éstas como estructuras endógenas, cuyo relleno es similar al del

a

Ejemplar	D _g	H _g	E _v	D _e	α _v	α _h	N ^o Vuelta
(S)LE-9-002	3,3	2,3	0,6	8,6-7,9	13°	11°	2
(S)LE-9-006 ₁	2,8	2,2	1,3	8,9-7,3	7°	13°	4
(S)LE-9-021	3,8	3,3	1	8,5-7,8	15°	20°	5
(D)LE-9-003	3,7	3,2	1,5	13,5-7,9	12°	20°	3

b

D _g	H _g	E _v	% de reducción D _e	α _v	α _h	N ^o Vueltas
(S)3.3	2,6	0,9	8-18%	11,6°	14,6°	3
(D)3.7	3,2	1,5	41%	12°	20°	3

Tabla 3. 3 a. Morfotipo "A". (S): Ejemplares sinistrorsos. (D): Ejemplares dextrorsos. **3 b.** Valores medios para un ejemplar del morfotipo "A".

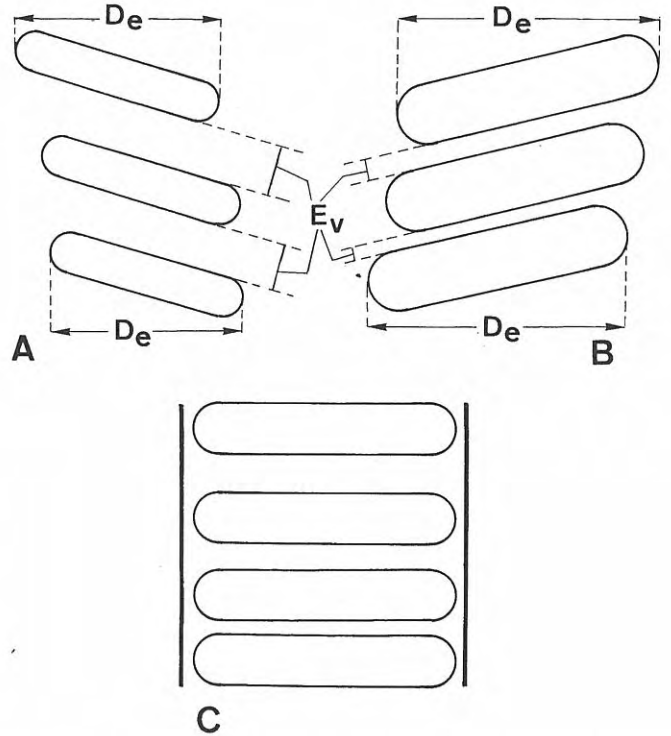


Figura 8. 8A: *Gyrolithes variabilis* morfotipo B con enrollamiento sinistrorso. 8B: Idem con enrollamiento dextrorso. Ambos modelos obtenidos a partir de los valores medios representados en la Tabla 4 b. 8C: Modelo idealizado de *Gyrolithes variabilis* morfotipo B, correspondiente a una espiral cilíndrica. Sin escala.

material que atraviesan. Con la misma frecuencia suelen encontrarse pequeños sistemas interpenetrados de *Thalassinoides* sp., que pueden cruzar en cualquier sentido las cámaras espirales.

Generalmente, el relleno interior de las madrigueras es pasivo (en más del 80% de los casos), de litología equivalente a la del sedimento circundante y se halla cementado por óxidos de hierro.

El tamaño de los ejemplares también es variable, aunque globalmente se puede estimar que es notable si se compara con las medidas de otros *Gyrolithes* de edad semejante (Tabla II). Estas diferencias son apreciables en cuanto al diámetro de las galerías (Dg), que en el holotipo alcanza una media de 2,3-3,4 cm (frente a 1-1,8 cm en los otros ejemplares miocenos) y al diámetro espiral (De), entre 4,5-6,5 cm para el holotipo frente a los 3-5 cm de los restantes.

En cuanto a la relación entre la longitud total de la estructura y el número de vueltas, nuestros ejemplares presentan de 1,3 a 4 vueltas cada 10 cm (la media es de 2 vueltas/10 cm), mientras que en el resto de los ejemplares citados anteriormente, el número es de 2 a 4,7 de vuelta. Esto es un fiel reflejo de la mayor longitud media de éstos últimos y del menor tamaño de sus respectivas vueltas.

Dimensiones. Diferenciaciones morfológicas

Las variaciones de los parámetros De/Ev han permitido discriminar cuatro combinaciones morfológicas básicas. Para

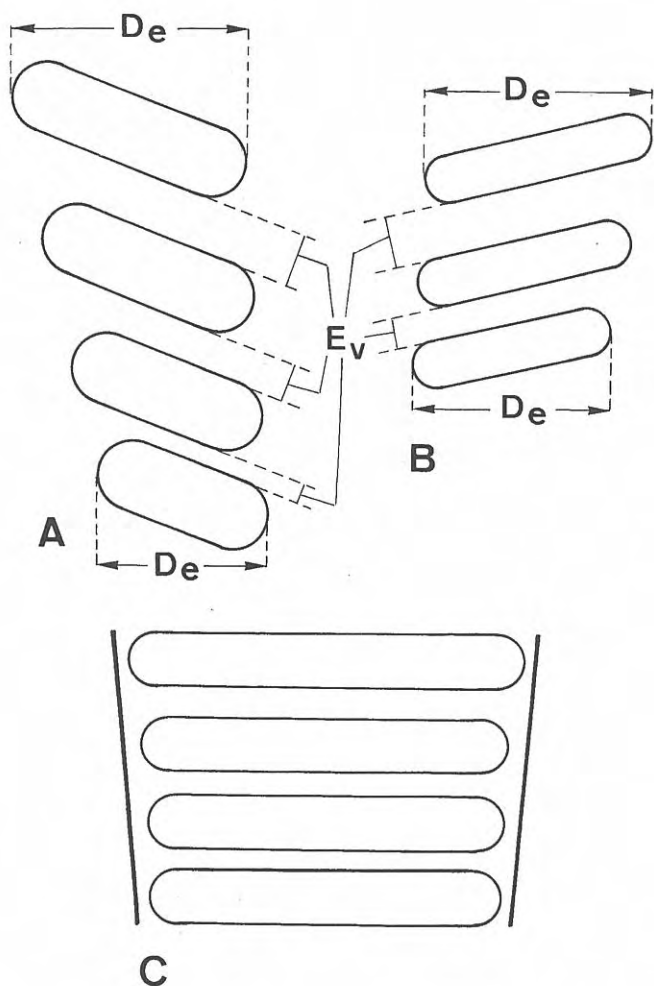


Figura 9. 9A: *Gyrolithes variabilis* morfotipo C con enrollamiento sinestorso. 9B: Idem con enrollamiento dextrorso. Ambos modelos obtenidos a partir de los valores medios representados en la Tabla 5 b. 9C: Modelo idealizado de *Gyrolithes variabilis* morfotipo B, correspondiente a una espiral cónica poco acentuada. Sin escala.

caracterizar morfológicamente los ejemplares (sólo se han tenido en cuenta los ejemplares completos: aquellos que presentan claramente el estado inicial y final del enrollamiento) se han realizado gráficas donde se representan las relaciones existentes entre el número de vueltas de la madriguera y el diámetro espiral (E_v) (Figs. 5a y 6a), el número de vueltas y el espaciado intervuelta (E_v) (Figs. 5b y 6b) y el diámetro espiral (D_e)/espaciado intervuelta (E_v) (Figs. 5c y 6c). Todo esto nos ha llevado a establecer 4 morfotipos, denominados A, B, C y D (el holotipo corresponde al D), cuyas características son las siguientes:

** **Morfotipo A** (Tablas IIIa-d, Figs. 3a, 7a-b, Lám.I. fig.2):

Se caracteriza por presentar una espiral que disminuye progresivamente de diámetro, manteniendo prácticamente constante el espaciado intervuelta (se entiende en todos los casos según profundiza en el sedimento).

** **Morfotipo B** (Tablas IVa-d, Figs.3b, 8a-b, Lám.I. fig.3): Se caracteriza por presentar una espiral cuyo

a

Ejemplar	D_g	H_g	E_v	D_e	α_v	α_H	Nº Vuelta
(S)LE-9-001	2	1,6	0,5	5	6°	16°	2
(S)LE-9-010	2,2	1,7	3,5-2,5	8-7,6	15°	18°	4
(D)LE-9-006 ₂	2,6	2	1-0,6	8,3	9°	12°	4
(D)LE-9-032	3,2	2,8	0,7	7,5-7,4	9°	16°	2

b

D_g	H_g	% Reducción E_v	% Reducción D_e	α_v	α_H	Nº Vueltas
(S)2.1	1,6	0-28%	0-5%	10,5°	17°	3
(D)2.9	2,4	0-40%	0-1%	9°	14°	3

Tabla 4. 4 a. Morfotipo "B". (S): Ejemplares sinestrosos. (D): Ejemplares dextrorsos. 4 b. Valores medios para un ejemplar del morfotipo "B".

diámetro se mantiene prácticamente invariable, mientras que el espaciado intervuelta disminuye progresivamente.

** **Morfotipo C** (Tablas Va-d, Figs.3c,9a-b, Lám.I. figs. 4-5):

Se caracteriza porque tanto el diámetro espiral como el espaciado intervuelta disminuyen simultáneamente.

** **Morfotipo D** (Tablas VIa-b, Figs.3d, 10a, Lám.I. fig. 1):

Es una combinación de los morfotipos A y C, de tal modo que el espaciado intervuelta se mantiene más o menos constante en las primeras vueltas y se reduce progresivamente en las últimas. Mientras tanto, el diámetro espiral se reduce invariablemente desde el comienzo.

Para todos los morfotipos se ha construido un modelo idealizado (Figs. 7c, 8c, 9c y 10b), en el que se han eliminado los ángulos de inclinación de las cámaras y el ángulo de desviación vertical del eje de enrollamiento. Estos parámetros se han "filtrado" para mejorar la comparación entre los morfotipos. Así, se puede observar con facilidad

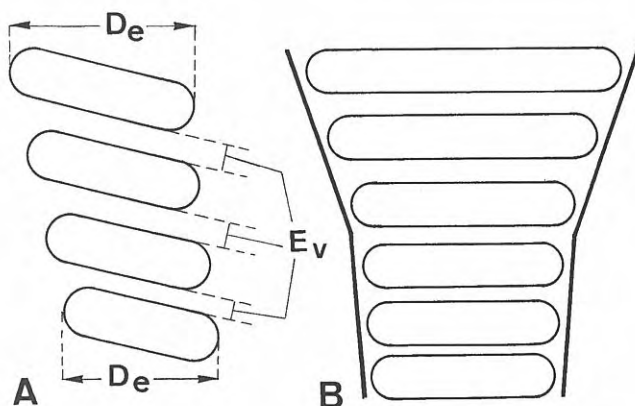


Figura 10. 10A: *Gyrolithes variabilis* morfotipo D con enrollamiento sinestorso. Modelo obtenido a partir de los valores medios representados en la Tabla 6 b. 10B: Modelo idealizado de *Gyrolithes variabilis* morfotipo D, correspondiente a una espiral compuesta cónico acentuada-cilíndrica. Sin escala.

a

Ejemplar	D _g	H _g	E _v	D _e	α _v	α _H	N ^o Vuelta
(S)LE-9-004	3,2	2,6	1,2-0,6	7,1-5,2	11°	20°	4
(S)LE-9-019	3	2,2	2,7-1,2	8,2-5,1	15°	21°	5
(D)LE-9-007	2,7	1,5	1,7	7,2-7	7°	17°	2
(D)LE-9-008	2,7	2,1	1,9-1,4	8-6,8	7°	18°	3
(D)LE-9-011	2	2	2-1,3	5-4,5	7°	18°	5

b

D _g	H _g	% Reducción E _v	% Reducción D _e	α _v	α _H	N ^o Vueltas
(S)3.1	2,4	50-55%	27-38%	13°	20,5°	4
(D)2.4	1,7	26-35%	3-15%	7°	17,6°	3

Tabla 5. 5 a. Morfotipo "C". (S): Ejemplares sinestrorsos. (D): Ejemplares dextrorsos. **5 b.** Valores medios para un ejemplar del morfotipo "C".

cómo todos corresponden a una estructura que se desarrolla según una espiral cónica simple (Fig. 7c, 9c), compuesta (Fig. 10b) o cilíndrica (Fig. 8c).

Discusión

Los parámetros arriba descritos definen una estructura espiral cuya morfología evoluciona de modo diferente a la de los *Gyrolithes* miocenos conocidos hasta la fecha, en especial a la icnoespecie, más representativa: *G. marylandicus* Mansfield. Sin embargo, en esta icnoespecie, cuyos parámetros morfológicos son también muy variables (obtenidos a partir de las ilustraciones de Gernant, 1972), se observa una tendencia que no aparece en nuestros ejemplares. Ésta se refiere al aumento que ocasionalmente pueden presentar los valores del De y del Ev de las cámaras inferiores en relación con las superiores. Esta "anomalía", junto con los valores absolutos de los parámetros (ya comentados, Tabla II) hace que haya pocos puntos de similitud entre ambos.

En cuanto al tipo de refuerzo y ornamentación, la mayoría de los *Gyrolithes* miocenos presentan las paredes lisas o recorridas a lo sumo por estrías que discurren paralelas a la pendiente espiral de las cámaras (y no oblicuas como es nuestro caso). Tan sólo de forma ocasional presentan paredes cubiertas por pellets (Terciario de Alemania: Kilpper, 1962, y Borneo: Keij, 1965).

En relación con el relleno, los *Gyrolithes* del Mioceno de Maryland (Mansfield, 1930) suelen presentarlo como limos sindeposicionales, finos, densos y compactos, lo que los hace más resistentes a la erosión que el sedimento circundante. Esta característica se ha observado también en los ejemplares miocenos de Suiza (Heer, 1865) y en otros de edades diferentes: Cretácico de Bélgica (Saporta, 1884); Eoceno de Texas (Stenzel *et al*, 1957) y Oligoceno de Bavaria (von Ammon, 1900). En nuestros ejemplares esta circunstancia se ve además favorecida por los procesos de ferruginización acaecidos durante la etapa fósildiagenética de las estructuras.

Por proximidad geográfica, es obligado establecer comparaciones con la única icnoespecie de *Gyrolithes* definida hasta el momento en el sector SO de la Cuenca

a

Ejemplar	D _g	H _g	E _v	D _e	α _v	α _H	N ^o Vuelta
(S)LE-9-009	2,3	2,2	1-0,9	6,5-4,5	8°	12°	3
(S)* LE-9-012	2,3	2	1,2-0,6	6,5-5	11°	12°	6
(S)LE-9-020	3,4	2,5	1,4-1,3	6,4-5,8	16°	13°	3

* Holotipo

b

D _g	H _g	% Reducción E _v	% Reducción D _e	α _v	α _H	N ^o Vueltas
(S)2.6	2,2	0% primeras vueltas 23% en el resto	21%	11,6°	12,3°	4

Tabla 6. 6 a. Morfotipo "D". (S): Ejemplares sinestrorsos. **VIb.** Valores medios para un ejemplar del morfotipo "D".

del Guadalquivir, que es *G. vidali* Mayoral. Éste aparece especialmente representado en los sectores de Palos de la Frontera y Huelva y su edad es más moderna (Plioceno inferior, Mayoral, 1986a). Las diferencias, aparte de la edad, son de índole morfológica. Así, *G. vidali* representa una estructura espiralada aislada que siempre termina en una cámara basal más o menos horizontal, sin enlace con ninguna otra estructura orgánica. Además, no existe una relación aparente en cuanto a la evolución del índice De/Ev conforme aumenta el número de vueltas, ya que tanto uno como otro pueden aumentar o disminuir independientemente. Este carácter no se ha observado nunca en nuestros ejemplares, que guardan una pauta de desarrollo más regular (p.e: el De y el Ev nunca aumentan su valor conforme la espiral profundiza hacia el interior del sedimento).

G. vidali presenta las paredes lisas o, como máximo, con pequeñas protuberancias irregulares (Mayoral *op. cit.*), que en ningún caso se pueden definir como superficies claramente pelletizadas. Además, *G. variabilis* isp. nov. es siempre una parte intergradacional de un sistema de estructuras definidas por *Thalassinoides* y *Ophiomorpha*, y nunca aparece desconectado de ellas, como ocurre con *G. vidali*.

INTERPRETACIONES PALEOECOLÓGICAS

La presencia de *G. variabilis* isp. nov. suscita un gran número de interpretaciones paleoecológicas, relativas al medio en el que fueron realizados y, sobre todo, al comportamiento de los organismos productores (ya que la identidad de los mismos está aceptada mayoritariamente como perteneciente a crustáceos decápodos). Este aspecto, relativo a la paleoetología, ya ha sido abordado por los autores (Mayoral y Muñoz, 1993), que establecieron unas pautas de comportamiento mixtas entre *Domichnia-Fodinichnia-Agrichnia*, especialmente definidas por la íntima relación de *Gyrolithes* con *Thalassinoides* y *Ophiomorpha*, de los que constituye una parte más de su sistema.

Las condiciones paleoambientales están bastante bien establecidas gracias a los registros no sólo paleoicnológicos (Mayoral y Muñiz, *op cit.*), sino también a los paleontológicos y sedimentológicos. De esta forma, los horizontes que caracteriza *G. variabilis* isp. nov. pertenecen a un medio submareal muy somero, de carácter restringido, que puede pasar rápidamente a condiciones intermareales (Mayoral y Muñiz, 1994b) o recuperar de nuevo su batimetría, con el desarrollo de biocenosis típicas de estos fondos limo-arenosos.

Las estructuras sedimentarias dominadas por laminaciones paralelas y/o suavemente inclinadas en sentidos opuestos y la presencia de niveles clásticos groseros, corroboran la aparición y desarrollo de un medio de las características antes aludidas, en el que es frecuente encontrar por toda la zona, grandes restos de vertebrados marinos (Cetáceos del O. Mysticeti) que fueron depositados y/o varados, así como dientes de grandes seláceos (*Isurus*, *Carcharodon*, ...).

CONCLUSIONES

Gyrolithes variabilis isp. nov. se caracteriza por poseer un diámetro espiral y un espaciado intervuelta muy variables, de tal modo que uno u otro o ambos pueden mantenerse o disminuir de tamaño conforme la espiral profundiza en el sedimento. La combinación de todos ellos ha dado como resultado el establecimiento de **cuatro** morfotipos, denominados **A, B, C y D**. Otra de las icnotaxobases tenidas en cuenta en su definición y que puede considerarse también característica, es la presencia de un refuerzo sólido en las paredes y el desarrollo de una ornamentación de tipo pelletizado, que suele aparecer de forma desigual a lo largo de toda la madriguera. Otro carácter claramente secundario, pero significativo, es la uniformidad y el tamaño notable de las secciones de las madrigueras y, en consecuencia, del diámetro espiral de las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Proyecto de la DGICYT nº **PB-90-0489** y por la ayuda de la Junta de Andalucía al Grupo de Investigación nº **4079**.

BIBLIOGRAFÍA

- Ammon, L. von. 1900. Über das Vorkommen von "Steinschrauben" (*Daemonhelix*) in der oligocänen Molasse Oberbayerns. *Geognostische Jahreshfte*. München, **13**, 55-69.
- Bromley, R.G. 1990. *Trace Fossils. Biology and Taphonomy*. Special topics in Paleontology. Unwin Hyman. London, 1-280.
- Bromley, R.G. and Frey, R.W. 1974. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongeliomorpha*. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **23**, 311-335.
- Clauss, F. y Mayoral, E. 1992. Icnofacies de *Skolitos* en el Mioceno superior del borde meridional de la Cuenca del Guadalquivir (Arcos de la Frontera, Cádiz). *Geogaceta*, **12**, 102-104.
- Debey, M.H. 1849. Entwurf zu einer geognostisch-geogenetischen Darstellung der Gegend von Aachen. *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Aerzte, Amtlicher Bericht, Verhandlungen*, Berlin, Leipzig, **25**, 269-328.
- Dryden, A.L. 1933. *Xenohelix* in the Maryland Miocene. *Natural Academy of Science, Proceedings*, **19**, 139-143
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. and Pemberton, S.G. 1984. Ichnology. The use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy. *Society of the Economic Paleontologist and Mineralogist, Short Course*, **15**, 317 pp.
- Fuchs, T. 1895. Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. *Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Denkschriften; Sitzungsberichte*, **62**, 369-448.
- Gernant, R.E. 1970. Paleoecology of the Choptank Formation (Miocene) of Maryland and Virginia. *Maryland Geological Survey, Reports of Investigations*, **12**, 90 p.
- Gernant, R.E. 1972. The paleoenvironmental significance of *Gyrolithes* (Lebensspur). *Journal of Paleontology*, **46**, 735-741.
- Häntzschel, W. 1962. Trace Fossils and Problematica. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Ed. R.C. Moore). W. Geological Society of America & University of Kansas Press. New York & Lawrence, Kansas, 177-245.
- Häntzschel, W. 1965. Vestigia Invertebratorum et Problematica. *Fossilium catalogus.1: Animalia*, Pars 108, 142 pp.
- Heer, O. 1865. *Die Urwelt der Schweiz*, Zürich, 622 p.
- Keij, A.J. 1965. Miocene trace fossils from Borneo. *Pälaontologische Zeitschrift*, Berlin, Stuttgart, **39**, 220-228.
- Kilpper, K. 1962. *Xenohelix* Mansfield 1927 aus der miozänen niederrheinischen Braunkohlenformation. *Pälaontologische Zeitschrift*, Berlin, Stuttgart, **36**, 55-58.
- Magwood, J.P.A. 1992. Ichnotaxonomy: a Burrow by Any Other Name...?. In: Trace Fossils (Eds. C.G. Maples & R.R. West). *Short Courses in Paleontology*, **5**, 15-33.
- Mansfield, W.C. 1927. Some peculiar fossils from Maryland. *United States National Museum, Bulletin; Proceedings*. Washington, D.C, **71**, 1-9.
- Mansfield, W.C. 1930. Some peculiar fossil forms from California and Mexico. *United States National Museum, Bulletin; Proceedings*. Washington, D.C, **77**, 1-3.
- Mayoral, E. 1986a. *Gyrolithes vidali* nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el sector Suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir. (Area de Palos de la Frontera, Huelva, España). *Estudios geológicos*, **42**, 211-223.
- Mayoral, E. 1986b. *Ophiomorpha isabeli* nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el sector Suroccidental del Valle del Guadalquivir. (Palos de la Frontera, Huelva, España). *Estudios geológicos*, **42**, 461-470.

- Mayoral, E. 1986c. Icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana* en el Neógeno superior (Plioceno marino) del sector Huelva-Bonares (Valle del río Guadalquivir, España). *Revista Española de Paleontología*, **1**, 13-28.
- Mayoral, E. 1987a. *Stellichnus* nov. icnogen. Huellas de incrustación atribuidas a *Paravinella* nov. gen. (Bryozoa, Ctenostomata) de la Formación Arenas de Huelva (Plioceno inferior) en la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Española de Paleontología*, **2**, 33-40.
- Mayoral, E. 1987b. Acción bioerosiva de Mollusca (Gastropoda, Bivalvia) en el Plioceno inferior de la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Española de Paleontología*, **2**, 49-58.
- Mayoral, E. 1988a. Microperforaciones (Tallophyta) sobre Bivalvia del Bajo Guadalquivir. Importancia paleoecológica. *Estudios geológicos*, **44**, 301-316.
- Mayoral, E. 1988b. *Pennatichnus* nov. icnogen; *Pinaceocladichnus* nov. icnogen. e *Iramena*. Huellas de bioerosión debidas a Bryozoa perforantes (Ctenostomata, Plioceno inferior) en la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Española de Paleontología*, **3**, 13-22.
- Mayoral, E. 1990. Implicaciones etológicas y significado de la estereotipicidad de *Oichnus* Bromley durante el Plioceno en la Cuenca del Bajo Guadalquivir (SO, España). *Estudios geológicos*, **46**, 347-354.
- Mayoral, E. y González, I. 1986-87. Contribución al estudio de las facies de tránsito (Mioceno-Plioceno) en el sector Noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (Valencina de la Concepción, Sevilla). *Acta Geológica Hispana*, **21-22**, 77-184.
- Mayoral, E. y Muñiz, F. 1993. Consideraciones paleoetológicas acerca de *Gyrolithes*. *Comunicaciones de las IX Jornadas de Paleontología*, Málaga, 18-22.
- Mayoral, E. y Muñiz, F. 1994a. Icnofacies de *Gnathichnus* en el sector Suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir, Lepe (Huelva). *Comunicaciones de las X Jornadas de Paleontología*, Madrid, 133-134.
- Mayoral, E. y Muñiz, F. 1994b. Presencia de un nuevo Cefalópodo sepioideo en el Mioceno superior de la Cuenca del Guadalquivir (Lepe, Huelva; España). *Coloquios de Paleontología*, **46**, 161-174.
- Mayoral, E. y Pendón, G. 1986-87. Icnofacies y sedimentación en zona costera. Plioceno superior? Litoral de Huelva. *Acta Geológica Hispánica*, **21-22**, 507-513.
- Mayoral, E., Rodríguez Vidal, J. y Carrasco, M. 1992. Aspectos icnológicos del Cuaternario marino en el Área de San Fernando (Golfo de Cádiz). *Revista Española de Paleontología*, nº **Extraordinario**, 125-135.
- Pendón, J.G. y Borrego, J. 1987. El Neógeno del extremo occidental de la depresión del Guadalquivir. *Mediterránea*, **6**, 97-114.
- Rodríguez Vidal, J. y Hurtado, F. 1991. Evidencias de neoformación neotectónica en el sector de Lepe-La Antilla (Huelva). *Cuaternario y Geomorfología*, **5**, 131-138.
- Saporta, G. de. 1884. *Les organismes problématiques des anciennes mers*. Masson. Paris, 100 pp.
- Sierro, F.J. 1985. Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO. de España). *Studia Geologica Salmanticensis*, **21**, 7-85.
- Stenzel, H.B., Krause, E.H. and Twining, J.T. 1957. *Pelecypoda from the type locality of the Stone City Beds (Middle Eocene) of Texas*. University of Texas, Publication nº **5704**, 237 pp.

Manuscrito recibido: 16 de mayo, 1994

Manuscrito aceptado: 30 de enero, 1995