

Universidad de Huelva

Departamento de Geodinámica y Paleontología



Vertebrados marinos del neógeno del suroeste de la Península Ibérica

Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:

Antonio Toscano Grande

Fecha de lectura: 10 de febrero de 2016

Bajo la dirección del doctor:

Francisco Ruiz Muñoz

Huelva, 2016



Facultad de Ciencias Experimentales
Programa de Doctorado en Patrimonio Histórico y Natural
Departamento de Geodinámica y Paleontología y Departamento de Historia-1



Universidad de Huelva

***Vertebrados marinos del Neógeno
del Suroeste de la Península Ibérica***

Antonio Toscano Grande

Tesis Doctoral

2015

Facultad de Ciencias Experimentales
Doctorado en Patrimonio Histórico y Natural
Departamento de Geodinámica y Paleontología y Departamento de Historia-1



Universidad de Huelva

*Vertebrados marinos del Neógeno del Suroeste
de la Península Ibérica*

**Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias por la
Universidad de Huelva presentada por:**

Antonio Toscano Grande

DIRECTOR:

Dr. Francisco Ruiz Muñoz

Rector y Catedrático de Universidad del Área
de Paleontología del Dpto. de Geodinámica y
Paleontología de la Universidad de Huelva

Huelva, 2015

El doctorando Antonio Toscano Grande y el director de la tesis Francisco Ruiz Muñoz, Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Huelva, 18 de Noviembre de 2015

Director de la Tesis

Doctorando

Fdo.: Francisco Ruiz Muñoz

Fdo.: Antonio Toscano Grande

AGRADECIMIENTOS

Con estas líneas quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a aquellas personas que me prestaron su ayuda y su conocimiento, haciendo posible la realización de esta Tesis Doctoral.

En primer lugar a mi director de Tesis, Francisco Ruiz Muñoz, por haberme dado la oportunidad de embarcarme en este proyecto de investigación. Esta Tesis tiene otros directores "no oficiales" a quienes tengo mucho que agradecer: a Fernando Muñoz Guinea por las horas de excavaciones, de campo, de conversaciones y de hallazgos fortuitos de vertebrados que se amontonan a la espera de estudio. De igual forma a Manuel Abad, un gran compañero que siempre ha estado ahí incluso desde la lejanía, siempre dispuesto a echar una mano y con grandes conocimientos y mayores cualidades para hacerlos llegar a alumnos y a quienes le rodean. Desde la distancia, también un agradecimiento para Edith X.M. García, de México, que conoce perfectamente los terrenos y faunas de este estudio, ya que también pasó por aquí y realizó su tesis sobre ellos, y que siempre ha estado pendiente a los trabajos.

También quisiera dar las gracias a los miembros del Departamento de Geodinámica y Paleontología, especialmente a Mariluz González-Regalado y Josep Tosquella por estar siempre dispuestos a ayudar en lo necesario. También a Eduardo Mayoral, que me soportó durante muchas veces en las que me acercaba a preguntar sobre piezas fósiles en aquellos inicios.

También agradezco a la Profesora Ausenda Balbino, por su atención y sus explicaciones durante mi estancia en Évora, en cuanto los grupos que aquí se han estudiado. Igualmente la atención del profesor Antunes durante la visita a Lisboa. Y a los estudiantes del Maestrado en paleontología, Joana y especialmente a Pedro, que también estaba estudiando los tiburones fósiles.

A los demás profesores y cuerpo técnico del Departamento de Geodinámica y paleontología de la Facultad de Ciencias Experimentales. A Manolo Camacho por esa ayuda de laboratorio y dejarle alguna vez todo de barro hasta el techo. Al igual que a Luisa, del servicio de limpieza, que más allá de sus funciones ha echado una mano incluso a mover restos de tortugas en descomposición a las que se estaba limpiando el esqueleto.

Agradezco enormemente la ayuda y amistad de mis compañeras de grupo de investigación María José Clemente y Paula Gómez, por estar ahí día a día, y haberme ayudado en todo lo posible durante estos años de tesis. Del mismo modo, también a los amigos y compañeros del Departamento de Geología, Lola y Francisco, quienes han estado siempre dispuestos a echarme una mano y me han solucionado muchos problemas de papeles y las horas dedicadas a ayudarme en la finalización de esta Tesis. Estoy agradecido también a todos aquellos compañeros y amigos de la carrera por su amistad y porque siempre que surgía el tema fósil, se acordaban de mi, especialmente Raquel y Conce.

Dar las gracias también a todos aquellos compañeros “virtuales” y “reales” fosileros con los cuales he compartido información, y hallazgos durante años. A Algunos os he llegado a conocer y a otros no, pero de todos he aprendido. Cabe destacar a Miguel Ángel Bernal, paleontólogo de afición y buscador de misterios, que siempre ha estado dispuesto a colaborar y ceder las piezas de sus hallazgos para mi estudio. También agradezco a Manuel Molín y su esposa Daniela por sus atenciones y amabilidad al enseñar su magnífica colección de fósiles del neógeno de Bonares.

Seguramente me deje a mucha gente, pero ellos saben que este agradecimiento también va para ellos.

Por último, agradezco más que a nadie a mi familia, a mi madre M. Ángeles, por todo lo que se puede agradecer a una madre, y por aguantar que haya tenido la casa como un museo con huesos y fósiles por medio durante años. También a mi hermana Patricia, con quien desde chicos hemos compartido el gusto por la naturaleza.

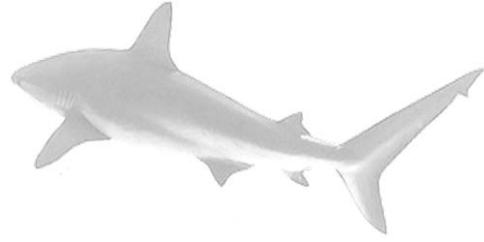
Y para terminar, pero el más importante, a mi padre, Antonio Toscano García, quien ha sido mucho más que un excelente padre para mi, ha sido mi amigo, mi compañero de aventuras y expediciones, mi colega paleontólogo. Fue él quien me metió el gusanillo de los fósiles y quien ha compartido conmigo años de salidas paleontológicas con la mochila a cuestas por todos los rincones de la provincia. Una grandísima parte de esta colección ha sido cosecha suya, y sin su ánimo y apoyo constantes yo no estaría hoy aquí escribiendo este trabajo. Aunque tu marcha aun es reciente, siempre seguirás a mi lado. Cómo te hubiese gustado estar presente en este día en que culminan tantos años de dedicación, y a mí que siguieras entre nosotros. A ti va dedicado este trabajo.

A todos, Muchas Gracias.

El presente trabajo ha sido financiado por el Gobierno de España a través de la concesión de una Beca Predoctoral de Formación del Profesorado Universitario (FPU). Las investigaciones presentadas en esta Tesis doctoral han sido desarrolladas en la Universidad de Huelva.



VIAJERO DEL TIEMPO

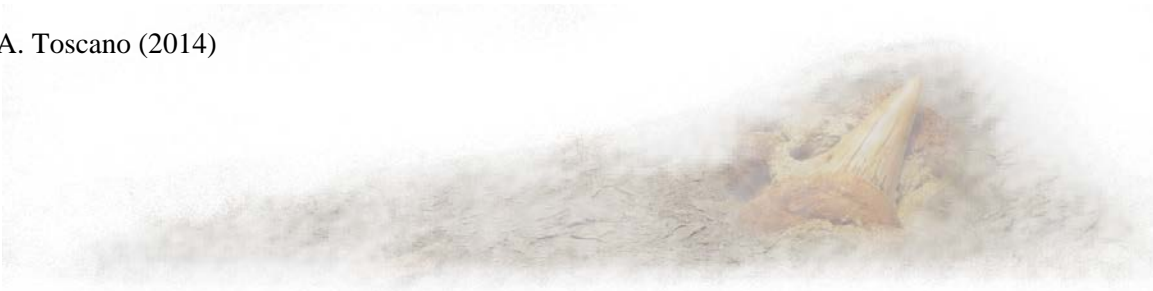


Cierro los ojos, retrocedo al pasado. Evoco recuerdos de un tiempo olvidado.
Océano abierto, profundidades marinas, mundo extraño de criaturas esquivas.
Susurra la muerte, arranca la vida, llegado el momento, todo termina.
Fauces feroces, pequeños esquivos, serenos gigantes, dados al olvido.
Sepultados en tierra, allá en sus entrañas, todo se detiene, todo queda en calma.
Abajo y a oscuras, en tumba rocosa, silente y paciente, la bestia reposa.
Se acalla el lamento. Discurre la historia.
La Inmensidad del tiempo guardará tu memoria.

Abro los ojos, el tiempo ha pasado. Vuelvo a mi era, la Tierra ha cambiado.
El transcurrir de las eras, por procesos extraños, transformó en cumbre el abismo de antaño.
Horas de campo, bota y martillo, jornadas de soles, lupa y cepillo.
Exploro, rastreo, aguardo expectante, espero el momento en que llegue ese instante.
La lluvia interviene, colabora conmigo, me descubre secretos de un mundo perdido.
De pronto sucede, se fijan mis ojos. Al sol algo aroma del lecho arenoso.
Nace la magia, se prepara el misterio, palpita mi sangre, aparecen los nervios.
En un breve instante, convergen dos mundos. Millones de años unidos en segundos.
Resurges del suelo, tras antiguo letargo, Despierta de nuevo tu aliento milenario.
Antiguo gigante, tanto tiempo acallado, cuéntame los secretos de tu mundo olvidado.

Viajero del tiempo, Tu voz será oída.
Viajero del tiempo, Vuelves a la vida.

A. Toscano (2014)





A mi Padre
ANTONIO TOSCANO GARCÍA
In Memoriam
(1957-2015)

RESUMEN

Esta Tesis Doctoral aborda el estudio de los vertebrados marinos presentes en las formaciones del Mioceno y Plioceno del suroeste de la Cuenca del Guadalquivir en la provincia de Huelva, sus aspectos evolutivos e implicaciones paleoecológicas; y a partir de ellos, define con mayor resolución la evolución de los ecosistemas litorales y marinos del SO de la Península Ibérica durante el Neógeno superior.

Durante esta época, las dos principales vías de comunicación entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo eran el Estrecho Norbético, al norte, y el Estrecho Rifeño, al sur. El cierre del E. Norbético, y posteriormente el Rifeño se produjo durante el Mioceno sup., lo que ocasionó la denominada “Crisis de Salinidad Messiniense” en el Mediterráneo (Hsü et al., 1973). Esta crisis finaliza a comienzos del Plioceno (Hsü et al., 1977), durante el cual, la actual Depresión del Guadalquivir estaba ocupada por una amplia bahía, con una profundidad creciente hacia el suroeste (González-Regalado et al., 2009). La zona de estudio, por su situación paleogeográfica entre Atlántico y Mediterráneo, ofrece una oportunidad única para el estudio del registro fósil de estos grupos.

Los estudios paleontológicos locales se han centrado históricamente en el registro de moluscos, foraminíferos, ostrácodos, icnología, y aspectos generales de tafonomía y paleoecología. En muchos de ellos se citaba de forma anecdótica la presencia de osteíctios, condricios y restos óseos de mamíferos marinos. Los cetáceos solamente se habían abordado desde el punto de vista tafonómico y paleoambiental (Sendra et al., 1999, Esperante et al., 2009; Muñiz et al. (2006, 2008 y 2009)). En relación con la ictiofauna, Ruiz et al., (1996 y 2004) presentan los primeros resultados preliminares. En 2008, García presenta su Tesis Doctoral (Univ. de Salamanca) sobre la distribución de ictiofauna en diversas secciones de la Formación “Arenas de Huelva” (Plioceno Inferior).

Como punto de partida de esta Tesis, se realizó un análisis bibliográfico en publicaciones paleontológicas relacionadas con vertebrados marinos, así como una revisión de antecedentes y estudios previos realizados en la región.

Los materiales neógenos estudiados pertenecen a las siguientes formaciones: Formación Niebla (Tortonense Sup.), Formación Arcillas de Gibraleón (Tortonense Sup.-Messiniense), y Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inf.) (Civis et al., 1987).

Se seleccionaron aquellos yacimientos representativos y se llevó a cabo tanto un muestreo sistemático de sedimentos, como también búsquedas de restos fósiles en superficie. El total de las muestras de sedimentos superaron los 350 kg de peso. A la vez, se fue realizando una cartografía de facies y se elaboraron los respectivos cortes geológicos de los afloramientos seleccionados. Por otra parte, se ha ido elaborando un inventario en puertos y lonjas locales sobre especies marinas que frecuentan actualmente las costas de la provincia. También se ha ido creando una colección osteológica para comparaciones anatómicas de los vertebrados marinos fósiles con los que actuales.

Las muestras de sedimento procedentes del muestreo sistemático fueron tratadas y tamizadas en laboratorio con el fin de separar los restos de pequeños vertebrados, especialmente huesos de osteíctios y otolitos, y de separar microfósiles (ostrácodos-foraminíferos) y otros grupos faunísticos para detallar y complementar las condiciones paleoecológicas y datación biocronológica. También se han limpiado y consolidado restos fósiles de grandes vertebrados, tanto los recuperados en los muestreos como algunos ejemplares procedentes de excavaciones oficiales. Los restos fueron catalogados y etiquetados, volcando toda la información en bases de datos informatizadas. Se fotografiaron los ejemplares más significativos, empleando cuando fue preciso el microscopio electrónico para obtener estas imágenes de detalle.

Se contactó con diferentes expertos en la materia a nivel internacional, y durante 2014 se realizó una estancia de un mes en el Dpto. de Geociencias de la Universidad de Évora (Portugal), a cargo de la Dr. Cáceres Balbino para la comparación de las colecciones paleontológicas de esta institución así como a la de la Academia de Ciencias Naturales de Lisboa, a cargo del Dr. Antunes. La amplia recopilación de bibliografía histórica y de obras temáticas específicas ha permitido alcanzar un alto grado en la caracterización e identificación de las asociaciones de vertebrados marinos fósiles presentes en la zona de estudio.

Pueden dividirse en dos apartados, por una parte, la caracterización faunística de los afloramientos estudiados así como su variación faunística, paleoecológica y batimétrica a lo largo del tiempo. Por otra parte, y la más extensa del trabajo, tenemos la sistemática o clasificación taxonómica y descripción de las especies halladas.

En conjunto, se han obtenido más de 3000 ejemplares de dientes, 230 de otolitos y 2000 de restos óseos, además de 8 esqueletos de cetáceos, identificados todos como correspondientes a fauna de vertebrados marinos neógenos. Se han determinado 116 taxones de vertebrados marinos en tres unidades del Neógeno del suroeste del Guadalquivir en la provincia de Huelva: Formación Niebla (Tortonense), Formación Arcillas de Gibraleón (Messiniense) y Formación Arenas de Huelva (Plioceno inferior). De ellos, se han identificado 50 especies de seláceos (tiburones y rayas), 5 de holocéfalos (quimeras), 48 de osteíctios (peces óseos), 1 de ave, 2 de tortugas marinas y 10 de mamíferos marinos (2 de foca, 4 de cetáceos misticetos y 4 de cetáceos odontocetos).

Cabe mencionar que 32 especies de peces, 8 de mamíferos marinos, las 2 de tortugas y 1 del ave, en total 43 taxones, son especies citadas por primera vez en la zona, de las que 16 de ellas lo son también por primera vez en España. Todo ello conforma una gran aportación en lo referente a las paleocomunidades de vertebrados y sus implicaciones para la comprensión de las cadenas tróficas del pasado.

El Tratamiento informático y el análisis biométrico y estadístico de los datos recogidos durante toda la fase anterior del trabajo de investigación, han permitido establecer una aproximación a los ecosistemas, estructura de las poblaciones, condiciones ecológicas y distribución paleobiogeográfica y biocronológica de las especies de vertebrados marinos durante el Mio-Plioceno en el suroeste de España en el margen occidental de la Cuenca del Guadalquivir.

Así, la Fm. Niebla es característica de un medio costero somero, con aguas cálidas subtropicales; la Fm. Arcillas de Gibraleón indica un medio profundo y alejado

de la costa, con faunas de mar abierto y de la zona superior del talud continental, entre unos 150 y 400 m de profundidad. La Fm. Arenas de Huelva sería un área más somera, de plataforma continental, algo más profunda en su base y menos en su techo, desde unos 100 a unos 30 m de profundidad. En ella incrementa considerablemente la fauna tanto en número como en diversidad. La somerización por la colmatación de la Cuenca del Guadalquivir queda bien registrada en las distintas asociaciones de vertebrados preservados a lo largo de la serie estratigráfica durante el Mio-Plioceno de la región. Los fósiles hallados indican una mezcla de especies de aguas templadas y cálidas, con predominio de estas últimas. Esto indicaría un clima subtropical, algo más cálido que el que actualmente tiene la zona. La mayor parte de las especies continúa viviendo hoy día en la región, pero algunas solamente están presentes en otras zonas del Atlántico e incluso solamente en el Índico o el Pacífico.

Además, se compararon las comunidades de vertebrados marinos fósiles locales con otras de la misma edad, pero alejadas geográficamente: el Neógeno superior de Portugal, Messiniense de Grecia, Plioceno de Cataluña, C. Valenciana, Baleares y Murcia, Plioceno italiano y Plioceno del sureste de Francia. Esto ha permitido confirmar datos de distribución paleoecológica, paleobiogeográfica y biocronológica de las especies presentes, así como definir características y evolución ambiental de los ecosistemas fósiles estudiados. Las faunas fueron comparadas también con asociaciones actuales de Senegal, Portugal, España, así como del Atlántico Nororiental y el Mediterráneo.

Se han observado diferencias faunísticas respecto a la edad, propias de aguas más cálidas durante el Mioceno y progresivamente más frías hacia la actualidad. También se diferencian faunas propias del Atlántico de otras más características del Mediterráneo. Tras la crisis de salinidad del Messiniense, muchas especies, antes presentes, no vuelven al Mediterráneo, o no lo hacen con la abundancia previa al evento. La zona de estudio, localizada en el sector más occidental de la Cuenca del Guadalquivir, se encuentra en una ubicación privilegiada, en la entrada atlántica del antiguo corredor Nord-bético, que comunicó las aguas del Atlántico y Mediterráneo hasta el Messiniense. La enorme riqueza en nutrientes y condiciones ecológicas favorables que produjo la mezcla de aguas y el estrecho embudo para el paso de fauna entre mares hacen que la riqueza faunística local fuese y sea enorme, combinando fauna propia de ambas regiones marinas. Todo ello supone una mejora en la comprensión del ecosistema marino y de la evolución paleoambiental del suroeste de la Península Ibérica durante el final de la era Terciaria o Cenozoica.

Se ha efectuado además, una valoración de los yacimientos delimitados a partir de la diversidad y abundancia de estos grupos, para su puesta en valor en el contexto del Patrimonio Paleobiológico de la región. Esto permitirá la difusión del conocimiento y la protección y conservación de estos elementos patrimoniales.

Desde su inicio hasta la actualidad, la realización de la tesis ha ido ligada a la elaboración de un gran número de trabajos científicos de variada índole y participación en proyectos, congresos y jornadas, que han contribuido a la difusión del conocimiento generado, tanto en el ámbito especializado como en la divulgación científica y puesta en valor del patrimonio paleontológico del Neógeno del Suroeste de España.

ABSTRACT

This PHD thesis studies the marine vertebrates present in the Miocene and Pliocene formations of Southwestern Guadalquivir Basin in the province of Huelva, its evolutionary aspects and paleoecological implications. The results obtained allow to define with higher resolution the development of coastal and marine ecosystems in the Southwest of the Iberian Peninsula during the late Neogene. During this time, the two main pathways between the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea were Norbético Strait and the Strait Rif. The studied area for their paleogeographic situation between Atlantic and Mediterranean is in a prime location for the study of the fossil record of these groups.

The Neogene studied materials belong to the following formations: Fm. Niebla (Tortonense sup.) Fm. Arcillas de Gibraleón (Tortonense sup.-Messinian), and Fm. Arenas de Huelva (Pliocene inf.). Representative sites were selected and was made systematic sampling (350 kg.), and surface searches. Also, a facies mapping and geological sections were made. The samples were sieved in the laboratory in order to separate the remains of small vertebrates, and microfossils to detail the paleoecological conditions and their dating. They also cleaned and consolidated large vertebrate fossils. The remains were cataloged, labeled and photographed.

In all, it has obtained more than 3,000 teeth, 230 otoliths and 2000 skeletal remains, along with 8 skeletons of cetaceans. We have identified 116 taxa of marine vertebrate of the Neogene of Huelva. Of these, there are 50 species of seláceos (sharks and rays), 5 holocephalans (chimeras), 48 Osteichthyes (bony fish), 1 Bird, 2 sea turtles and 10 marine mammals (2 seals, 4 cetacean baleen and 4 toothed whales). In total 43 taxa are species mentioned for the first time in the area, 16 of which are also for the first time in Spain. All this is a great contribution to paleocommunities vertebrate and its implications in the knowledge of the food chains of the past.

The data have allowed to establish a paleoecological, biochronological paleobiogeographic and environmental approach. Thus, Niebla Fm. is characteristic of a shallow coastal environment of warm subtropical waters; Arcillas de Gibraleón Fm. indicates a deep and far from shore environment, with open sea fauna of the area above the continental slope, between 150 and 400 m deep. Arenas de Huelva Fm. would be a shallower area of something deeper at the base and lesser on its roof continental shelf, from about 100 to about 30 m deep. It considerably increases the wildlife both in number and diversity. The shallowing by the silting of the Guadalquivir basin is well recorded in vertebrates associations. Fossils indicate a mixture of species of temperate and warm waters, with a predominance of the latter. This would indicate a subtropical climate somewhat warmer than it currently has in the area. In addition, communities of vertebrates other upper Neogene of Portugal, Greece Messinian, Pliocene of Catalonia, C. Valenciana, Murcia and Baleares, Italian Pliocene and Pliocene in Southeastern France were compared.

All this is an improvement in the understanding of the marine ecosystem and paleoenvironmental evolution Southwest of the Iberian Peninsula during the late Tertiary or Cenozoic era.

<u>PARTE 1: INTRODUCCIÓN:</u>	1
CAPÍTULO I: LOS VERTEBRADOS MARINOS Y SU REGISTRO FÓSIL	3
CAPÍTULO II: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	11
<u>PARTE 2: MATERIALES Y METODOS</u>	15
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO	17
3.1. TRABAJO DE CAMPO	18
3.2. TRABAJO DE LABORATORIO	20
3.3. TRABAJO DE GABINETE	21
<u>PARTE 3: GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA</u>	23
CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
4.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	26
4.2. GEOLOGÍA DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA	26
4.3. EL NEÓGENO ONUBENSE A	26
4.4. SÍNTESIS PALEOGEOGRÁFICA	28
CAPÍTULO V: SECCIONES Y YACIMIENTOS	31
5.1. SECCIONES Y YACIMIENTOS CON MUESTREO SISTEMÁTICO Y SUPERFICIAL	33
5.1.1-Sección Niebla- Prodelta- Curva de los Isognomon (NI)	33
5.1.2-Sección Gasolinera de Niebla (NI-A.G.)	34
5.1.3-Sección Gibraleón- Cantera Santa Isabel (A.G.)	36
5.1.4-Sección Gibraleón- Autovía (A.G.)	38
5.1.5-Sección Cruce de Trigueros (A.G.)	42
5.1.6-Sección Bonares- Casa del Pino (A.G.- A.H- A.B.)	44
5.1.7-Sección Bonares- Ambulatorio (A.H.)	45
5.1.8-Sección Cartaya- Alfonseca (NIVEL 1 -2)	46
5.1.9-Sección Lepe- Carretera de El Terrón (NIVEL 4)	48
5.1.10-Sección Lepe- Cooperativa La Bella (NIVEL 5)	51
5.2. SECCIONES Y YACIMIENTOS DE MUESTREO SUPERFICIAL	54
5.2.1-Sección Huelva - Plaza de Toros: (A.G.-A.H.-A.B.)	55
5.2.2-Sección Cabezo de la Fábrica de Harina (A.G.-A.H.)	56
5.2.3-Yacimiento Marismas de Mendaña (A.H.) y Marismas del Rincón- Fosfoyesos (A.H.)	58
5.2.4-Yacimiento Marismas de El Rincón- Vías (A.G.)	59
5.2.5-Yacimiento Marismas de El Polvorín Norte (A.H.) y Sur (A.G. y A.H.)	60
5.2.6-Yacimiento del Cabezo de la Casa Colón (A.G.)	60
5.2.7-Yacimiento de la Avenida de Cádiz (A.G.)	61
5.2.8-Yacimiento Corrales Santa Clara 1 (A.H.), y 2 (A.G. y A.H.)	61
5.2.9-Sección Cruce Aljaraque- Cartaya- Gibraleón (A.G.)	62
5.2.10-Sección Nuevo Portil (A.H.)	62
5.2.11-Sección Lepe- Valleforero (NIVEL 5)	63
<u>PARTE 4: PALEOZOOLOGÍA</u>	65
CAPÍTULO VI: SÍNTESIS PALEONTOLÓGICA Y ANTECEDENTES	67
CAPÍTULO VII: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA	71
7.1. SISTEMÁTICA DE PECES	72
7.2. SISTEMÁTICA DE REPTILES	149
7.3. SISTEMÁTICA DE AVES	152
7.4. SISTEMÁTICA DE MAMÍFEROS MARINOS	154
<u>PARTE 5: DISCUSIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</u>	173

CAPÍTULO VIII: LA PALEOCOMUNIDAD Y SU MEDIO	175
8.1. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FAUNÍSTICA	176
8.2. TAFONOMÍA	184
8.3. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS, PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS	186
<u>PARTE 6: CONCLUSIÓN DE INVESTIGACIÓN</u>	193
CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES.	195
9.1. Conclusiones	196
CAPÍTULO X: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	197

PARTE 1:

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1:

LOS VERTEBRADOS MARINOS Y SU REGISTRO FÓSIL

CAPÍTULO I: LOS VERTEBRADOS MARINOS Y SU REGISTRO FÓSIL

1.1. Patrimonio Paleobiológico.

El registro de la historia de la Tierra, y de la Vida se conserva en las rocas. Durante más de 3800 millones de años, los vestigios de la historia de la vida han ido quedando preservados en los estratos de nuestro planeta. De ellos, tan solo una mínima parte se ha preservado en las rocas sedimentarias en forma de lo que conocemos como fósiles.

Del estudio de los fósiles se encarga la Paleontología. Esta ciencia tiene como propósito la comprensión de la vida en el pasado geológico y cómo ésta ha evolucionado hasta la actualidad. Es por tanto, una disciplina que integra las Ciencias de la Tierra y de la Vida (Vicens y Oms, 2001).

Registro geológico y paleobiodiversidad.

La diversidad natural incluye todos los elementos bióticos y abióticos del sistema natural (Duff, 1994; Johansson et al. 1999; Serrano, 2002, Gray, 2004).

El concepto de Geodiversidad nace a finales de la década de los 90 como una herramienta aplicada para la gestión de espacios protegidos y como contraposición al término Biodiversidad, cuando se hace patente la necesidad de un término que englobe también los elementos no biológicos del medio natural. Se origina por tanto como contraposición y complemento a la diversidad biológica o biodiversidad (Serrano y Ruiz, 2007).

La definición actual de **Geodiversidad** o diversidad geológica alude a la variedad de elementos geológicos, incluidas rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes que son el producto y registro de la evolución de la Tierra (Ley 42/2007). Sin embargo, y aunque estas definiciones traten de especificar y delimitar los elementos que las engloban, ya sean bióticos o abióticos, no deben entenderse como elementos aislados unos de otros en la naturaleza, sino todo lo contrario.

La **Biodiversidad** actual es el resultado de la evolución que los seres vivos han experimentado desde hace más de tres mil millones de años. Esta evolución ha estado y está condicionada, entre otros factores, por la geodiversidad, especialmente la litológica y tectónica, por acontecimientos geológicos y por otros fenómenos naturales que tuvieron lugar en el pasado, pero que actualmente podemos conocer gracias al estudio de los materiales geológicos (meteoritos ligados a extinciones, erupciones volcánicas, tectónica de placas, cambios climáticos, cambios del nivel del mar, litología superficial que regula la hidrología...). La geodiversidad es un componente esencial del medio natural, su soporte físico, que interacciona con el resto de sus componentes y en numerosas oca-

siones los condiciona en gran medida. La estrecha relación existente entre el clima, la distribución de las corrientes oceánicas y la evolución biológica, con la situación, tamaño, relieve y composición de los continentes a lo largo de la historia de la Tierra, es innegable (Del Ramo et al, 2003). Puede decirse que el registro geológico constituye la memoria de la Tierra, esencial, por otra parte, para conocer la historia de la Vida.

Estas consideraciones muestran la estrecha relación que existe entre los distintos aspectos que componen el medio natural, por ello una adecuada gestión y conservación de éste debe basarse en políticas y estrategias que integren toda la diversidad natural y no únicamente la biodiversidad actual (Del Ramo et al, 2003)

La consideración conjunta de geodiversidad y biodiversidad nos lleva a contemplar íntegramente la diversidad natural, en cuyo marco se establecen relaciones mutuas entre ambos aspectos. La consideración conjunta de la biodiversidad y la geodiversidad es un primer paso para la caracterización completa de la **Diversidad Natural** (Corvea et al., 2006)

Protección del registro geológico

El registro geológico almacena una valiosísima información acerca de la geografía, los climas, los ecosistemas y los paisajes del pasado, que ayudan a interpretar y reconocer los procesos geológicos y biológicos que acontecen en la actualidad en nuestro planeta. No es posible conocer la historia de la vida sin conocer la de nuestro Planeta.

La geodiversidad, por tanto, debe ser considerada un Bien Común que forma parte inseparable del Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad, como se señala claramente en la Declaración de Digne de 1991.

Se trata, además, de un recurso natural no renovable y, por ello, finito y agotable. Su destrucción es siempre irreversible y su desaparición conlleva la pérdida de una parte de la memoria de nuestro Planeta. Su conservación es, por tanto, absolutamente imprescindible. (Junta de Andalucía, 2002).

En este marco de gestión y protección, aparece la figura de Patrimonio natural, en el que en parte está integrado por el patrimonio geológico y, en particular, el patrimonio Paleontológico. La definición habitual de **Patrimonio Geológico** es “*el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida*” (Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad).

La consideración conjunta e inclusión en un solo término de todos los elementos físicos (geología, geomorfología, suelos, hidrología) y de las conexiones entre ellos, facilita, sin duda, los procesos de toma de decisiones y gestión del territorio (Serrano y Ruiz, 2007)

Dentro de esta definición de patrimonio geológico, existe una rama que se encarga del estudio del origen y evolución de los seres vivos. Los restos de los organismos

que vivieron a lo largo de la historia; es a lo que llamamos Registro Paleontológico o Paleobiodiversidad.

Patrimonio Paleontológico

El **Patrimonio Paleontológico** de un país o de una región lo forman por un lado el conjunto de yacimientos conocidos y estudiados por la comunidad paleontológica (patrimonio inmueble) y por otro, el conjunto de colecciones, de ejemplares, museos y exposiciones que conforman el material utilizado en investigación, así como para fines didácticos o de difusión social de la paleontología (patrimonio mueble) (Meléndez y Molina, 2001).

Al margen de las piezas de las colecciones, se incluyen también los libros, monografías específicas y manuscritos referentes a las Ciencias Naturales, material de investigación alojado en las Bibliotecas, así como para fines didácticos o de difusión social de la paleontología, reproducciones fotográficas y en tres dimensiones de los ejemplares-tipo y figurados, así como material técnico utilizado en cada época (microscopios, lupas, goniómetros, calibres, etc.)

La gestión del Patrimonio Paleontológico tiene como objetivo final asegurar su preservación y adecuada puesta en valor. Para ello, los trabajos de Patrimonio Paleontológico se centran en cuatro ejes fundamentales y parten de un buen conocimiento geológico del territorio: realización de inventarios, desarrollo de legislación adaptada a las necesidades de la protección del Patrimonio Paleontológico, puesta en marcha de iniciativas y programas de conservación, y acciones de divulgación.

Una de las formas más comunes para la protección y custodia de este registro fósil ha sido la conservación y la exposición en museos, centros de interpretación, y otras exposiciones, donde se muestra la gran variedad de fósiles recogidos en el campo. Sin embargo, por más cuidadosa y preparada que sea la presentación de estos materiales, siempre les falta el marco natural (el contexto geológico de procedencia), por lo que la preservación de los yacimientos también es esencial (Pais et al., 2008).

El hallazgo, explotación, clasificación y estudio del patrimonio corresponde a la comunidad paleontológica. Sin embargo su gestión, definición legal, difusión social y utilización didáctica corresponde a las entidades sociales y, en último término, a la autoridad política (Meléndez y Molina, 2001).

A menudo, la conservación de yacimientos de alto valor natural está en conflicto con intereses económicos, que tienden a hacer fracasar su clasificación y protección. Esta situación sólo puede ser solucionada mediante una legislación específica que valore correctamente la importancia de estos lugares, a fin de hacerlos formar parte de un patrimonio natural a nivel nacional o internacional. Para que esto suceda, debe caracterizarse el valor intrínseco de los hallazgos y justificar su inclusión en la figura que corresponda dentro del patrimonio Paleontológico (Pais et al., 2008)

Para que el patrimonio paleontológico pueda ser protegido por la Administración es fundamental tener conocimiento de qué y dónde se encuentra este patrimonio, labor que recae en la comunidad paleontológica. El primer paso es crear un inventario, catalogar y valorar estos elementos, ya sean fósiles o yacimientos completos. Para poder

valorar la enorme variedad de tipos de fósiles y yacimientos, y con objeto de seguir un método objetivo y estandarizado, se establecieron una serie de criterios multidisciplinarios para la valoración patrimonial de los yacimientos y para la evaluación de los riesgos en los mismos. Estos criterios tratan aspectos tan diversos como los científicos, educativos, socio-culturales y económicos. (Alcalá y Morales (1994), Morales (1996), Morales et al, (1999), Cachão y Marques da Silva, 2004).

Interés de los Fósiles

Los fósiles tienen una utilidad que va mucho más allá de adornar las vitrinas de un museo como piezas curiosas, a modo de una colección de cromos o estampas en la que se busca tener todos los “modelos”. Lo realmente importante es la gran cantidad de información que podemos extraer de éstos fósiles. Vicens y Oms (2001) lo reflejan bien y de forma general en los siguientes párrafos.

Un primer interés de los fósiles es que permiten conocer como las especies han evolucionado (Paleontología Evolutiva) hasta llegar a las formas actuales, incluido el hombre. Otra utilidad derivada del estudio del conjunto de todas las especies fósiles encontradas en un mismo yacimiento es que permite reconstruir las relaciones entre las diferentes especies.

Los fósiles también pueden utilizarse para deducir el clima del pasado. El hecho de que muchos grupos de especies fósiles sólo puedan vivir bajo unas condiciones climáticas determinadas hace que la sucesión de diferentes taxones en el registro fósil refleje la variación del clima a lo largo del tiempo geológico. A su vez, los fósiles también nos dan información sobre las condiciones ambientales del lugar donde vivían. Por lo tanto, un análisis paleontológico preciso puede resultar muy revelador al caracterizar el ambiente y el medio de formación de rocas sedimentarias. Todo ello también contribuye a establecer reconstrucciones paleogeográficas, es decir, la extensión de antiguos mares, playas, lagos, etc.

Pero quizá la utilidad más importante de los fósiles es su valor bioestratigráfico, es decir, que pueden ser usados para conocer la edad de las rocas que los contienen puesto que cada intervalo de tiempo geológico tiene unos fósiles característicos. Un fósil se puede comparar con la misma especie encontrada en otro lugar donde ha sido posible determinar la edad con un criterio geocronológico preciso mediante, por ejemplo, dataciones absolutas. Para ello resulta muy importante una correcta determinación de cada especie.”

Vertebrados marinos: sus restos fósiles

La historia de la vida comenzó en los mares. En ellos se originó y evolucionó el linaje de los vertebrados, incluyendo entre ellos nuestra propia historia.

Los vertebrados marinos suele presentar un registro paleontológico relativamente escaso en relación con otros grupos fósiles. Aún así, es mucho mayor que el que corresponde a vertebrados terrestres, debido a que su presencia en los mares es mucho más antigua que en tierra firme, a su abundancia, y sobre todo a unas condiciones más favorables para su preservación.

Los gnatóstomos o gnatostomados (*Gnathostomata*) son una parte del clado de los vertebrados, caracterizados por poseer mandíbulas articuladas; que se opone al de los agnatos (*Agnatha*) o vertebrados sin mandíbulas. El grupo se considera un infrafilum y en él se incluyen la mayoría de los vertebrados actuales, como los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. A ellos nos vamos a dedicar en este trabajo.

Los restos de vertebrados marinos más abundantes en el Neógeno son claramente los peces. Los reptiles eran mucho menos abundantes que durante el Mesozoico y los cetáceos se habían incorporado al medio marino recientemente, aunque llegan a ser abundantes y sus huesos, grandes y resistentes, facilitaron el proceso de fosilización y conservación. Las aves marinas frecuentan las zonas costeras, aunque son muy poco usuales y su esqueleto es tan frágil que es muy raro que algún resto llegue a preservarse en el registro fósil.

Los dientes de tiburón son los fósiles de vertebrados marinos más comunes. Esto se debe a que poseen varias filas (en dirección mesio-distal) e hileras o series (labio-lingual) de dientes, y a que un solo tiburón puede producir hasta 15.000 dientes durante su vida. Por otro lado, el resto de partes de un tiburón rara vez fosiliza, ya que su esqueleto cartilaginoso es muy blando. Aunque es menos frecuente, además de los dientes, en los condríctios (tiburones, rayas y quimeras) pueden llegar a fosilizar escamas placoides (o dentículos dérmicos), vértebras, agujones y espinas.

Los dientes de tiburones y otros restos en el registro fósil.

La abundancia de fósiles de dientes de tiburón se debe tanto a su densidad y composición mineral como a su rápida y continua sustitución en las mandíbulas del tiburón. Hay estudios que indican que los tiburones arrojan y reemplazan los dientes cada 7 días, esta tasa de sustitución puede disminuir en gran medida en los adultos a una o dos veces al año. En un momento dado, la mayoría de las especies de tiburones tienen entre 50 y 100 dientes funcionales (los más exteriores y totalmente formados).

A diferencia de otros vertebrados, cuyos dientes crecen en alveolos o "cavidades" o bien fusionados con el hueso de la mandíbula; los dientes de tiburón se desarrollan fuera de la superficie interna de la mandíbula, en el tejido de las encías. Por cada diente funcional, hay cinco a seis dientes en diferentes etapas de formación detrás de ella formando una hilera de dientes. Los dientes se mantienen en sus posiciones por el tejido conjuntivo hasta que se caen. Crecen desde la punta hacia abajo, terminándose de formar la raíz cuando el diente se aproxima a su posición funcional. Cada diente tiene la misma forma y será un poco más alto que el que le precede. Los dientes que están en formación, cada vez mayores, empujan a modo de cinta transportadora hacia el borde de la mandíbula, donde se van desprendiendo. Los dientes más viejos, que han perdido sus propiedades o se han dañado durante la alimentación, caen al fondo del mar donde suelen ser enterrados por los sedimentos.

Los tejidos esqueléticos de vertebrados fósiles, incluyendo dientes y huesos, han recibido recientemente una considerable atención como archivos geoquímicos de información paleoecológica y paleoambiental. En estos estudios, el esmalte de los dientes fósiles ha sido el material preferido para el análisis, debido a su mineralogía compacta y poco porosa, compuesta en más de un 95% de hidroxiapatito. (Labs-Hochstein y MacFadden, 2006).

Durante la fosilización, el carbonato de hidroxiapatito se altera a una forma más estable de apatito (francolita o carbonato de fluorapatito) por la pérdida de carbonato e iones hidroxilos y la obtención de fluoruro (Nathan y Sass, 1983; Newsley, 1989). El paso de carbonato a francolita disminuye los defectos de la red de hidroxiapatito, lo que resulta en aumento de tamaño de los cristales y una mayor estabilidad (Greene et al., 2004).

Hay ciertas situaciones en las que los huesos fósiles son el único material disponible para el estudio del esqueleto (p.e. tortugas, aves o misticetos) o en las que es preferible, debido a que algunos elementos de crecimiento del esqueleto aportan información adicional. Un ejemplo de información de crecimiento son los centros vertebrales. A pesar de que los esqueletos de los tiburones son inicialmente cartilagosos, el cartílago blando de los centros vertebrales se sustituye por carbonato de hidroxiapatito durante el crecimiento del individuo, siendo frecuente también su fosilización aunque en mucho menor número. Este crecimiento es periódico, y se van añadiendo anillos concéntricos con una ciclicidad generalmente anual.

Los isótopos estables y elementos de tierras raras (REE) de apatitos biogénicos se han utilizado para la reconstrucción paleoclimática, rastrear las corrientes oceánicas y las masas de agua, cuantificar las condiciones redox, en estudios de crecimiento y la reconstrucción de la dieta (Piper, 1974; Kolodny et al., 1983; Kolodny y Luz, 1991; Lécuyer et al, 1993; Picard et al, 1998; Shields y Stille, 2001; MacFadden et al, 2004).

Los condriictios permiten efectuar correlaciones regionales y contribuyen al establecimiento de posibles patrones de distribución durante un determinado periodo geológico. Dentro de sus aplicaciones bioestratigráficas en el entorno Atlántico-Mediterráneo pueden destacarse las aportaciones de Cappetta y Nolf (1991), Balbino (1995), Antunes et al. (1999) ó Cappetta y Cavallo (2006).

Los osteíctios en el registro fósil

El registro fósil de los osteíctios es más escaso, ya que no desprenden sus dientes como en el caso de los elasmobranquios, y sólo quedan cuando el pez muere. Sus restos son principalmente dientes, vértebras y espinas radiales de aletas. También quedan huesos del cráneo, mandíbulas y otolitos, todos ellos más escasos porque también lo son en número en el esqueleto. En raras ocasiones también se encuentran escamas y excepcionalmente aparece algún pez semi-completo y en conexión anatómica.

Algunos dientes son muy característicos de cada género, por ejemplo *Trichiurus* o *Sphyrna*, mientras que otros son mucho más difíciles de distinguir, como es el caso de los dientes molariformes dentro de los espáridos. El tipo de dentición aporta mucha información sobre la paleoecología, ya que están adaptadas a los hábitos alimenticios; así, por ejemplo, las especies que se alimentan de plancton o filtradores carecen normalmente de dientes o estos son muy débiles. Los carnívoros poseen fuertes dentaduras, reforzadas en ocasiones por grandes caninos, mientras que los herbívoros pueden tener una placa dentaria continua en cada mandíbula, a modo de pico de borde cortante, y una zona trituradora formada por dos placas faríngeas para romper las células vegetales y digerir mejor su contenido. Esta zona trituradora se da también en aquellos que se alimentan de moluscos y crustáceos.

En las escamas óseas se pueden formar anillos de crecimiento; la interpretación de los mismos es un métodos muy usados en para conocer la edad de los peces.

Los restos fósiles que más información aportan son los otolitos, que son pequeñas estructuras óseas que forman parte del oído interno de los peces. Indican la especie, la edad, el sexo, el ritmo de crecimiento, y mediante análisis químicos la dieta o las características del medio como temperatura, batimetría y salinidad.

Las asociaciones fósiles de osteíctios informan sobre la distribución de las masas de agua, cambios de paleotemperatura o la profundidad del medio (en algunos casos) y sus posibilidades tróficas. Permiten delimitar provincias paleobiogeográficas y hábitats dentro de ellas. Algunos ejemplos de aplicación pueden encontrarse en Nolf y Martinell (1980), Queró et al., 1990, 2003), Nolf y Marques da Silva (1997) o Louisy (2006). Además, presentan posibilidades biocronológicas muy interesantes, como las indicadas en Nolf y Girone (2000), Nolf y Steurbaut (2002) ó Girone et al. (2006).

Mamíferos marinos y otros grupos en el registro fósil

En el registro fósil, los restos óseos de mamíferos marinos suelen ser aún menos frecuentes que los grupos anteriores, estando limitados en la mayoría de los casos a vértebras aisladas o fragmentos de costillas, que componen los elementos más abundantes del esqueleto. También se encuentran a veces restos mandibulares y craneales de misticetos (ballenas con barbas) y muy raramente algún diente de odontoceto (ballenas dentadas). Como sucedía con los otolitos en los osteíctios, en los mamíferos marinos encontramos los restos del sistema auditivo, principalmente las bullas timpánicas y a veces la zona del periótico. Estos elementos permiten identificar a nivel de especie, edad y a veces de sexo. La zona de estudio es rica en cetáceos e incluso se han encontrado ejemplares completos (p.e., Ruiz et al., 1997; Muñiz et al. 2008 y 2009, Esperante et al., 2009; Muñiz et al., en prensa). También se han encontrado en el Plioceno de Huelva restos de pinnípedos (Muñiz et al. 2008).

Respecto a los restos de tortugas marinas aportan información sobre la cadena trófica, y sobre la distribución y evolución de estos animales respecto a las especies actuales. En el caso de las aves, su presencia es puntual e indicarían cercanía a la costa.

El estudio de todos estos grupos, su dinámica de poblaciones, relaciones interespecíficas o su grado evolutivo aporta información importante para comprender la estructura de las cadenas tróficas en el pasado. La distribución temporal de algunas especies permite una diferenciación cronoestratigráfica para las unidades estudiadas. La distribución batimétrica ayuda a comprender los medios sedimentarios de estas formaciones. En el Neógeno de la Depresión de Guadalquivir, su estudio se ha centrado en los materiales del Plioceno de la provincia de Huelva. Sin embargo, son muy escasas las referencias a este respecto de los sedimentos tortonienses y messinienses infrayacentes (Toscano et al., 2009).

Capítulo 2:

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

CAPÍTULO 2: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El Neógeno del suroeste de la Depresión de Guadalquivir, por su situación paleogeográfica entre Atlántico y Mediterráneo, ofrece una oportunidad única para el estudio conjunto del registro neógeno de grupos de vertebrados marinos como base para poder deducir los cambios paleoambientales que se sucedieron en esta zona.

A pesar de las numerosas tesis doctorales y trabajos realizados sobre la paleontología de la zona, prácticamente todos ellos se han centrado en la micropaleontología, la malacofauna o la icnología. En el Campo de los vertebrados marinos, el único estudio de importancia fue el aportado por García (2008), sobre Condrictios y osteictios del Plioceno inferior de la zona. Además de esta tesis de García, apenas existen otros trabajos salvo los propios derivados de aquella tesis y de las investigaciones de este autor.

Este trabajo de investigación aborda el estudio de los osteictios, condrictios y restos de aves, reptiles y mamíferos marinos presentes en las formaciones miocenas y pliocenas más representativas del suroeste de la Cuenca del Guadalquivir en la provincia de Huelva. Se ampliará por tanto el rango cronoestratigráfico, se estudiarán nuevas secciones y toda el área occidental de Cartaya- Lepe, que hasta ahora no se había estudiado desde esta perspectiva, y además se ocupa por primera vez de vertebrados marinos no ictiológicos.

Los principales objetivos que se plantean para este trabajo son los siguientes:

- Delimitar potenciales yacimientos susceptibles de contener restos de vertebrados marinos en los depósitos del Mioceno superior y Plioceno inferior de la provincia de Huelva, dentro de las Formaciones “Niebla”, “Arcillas de Gibraleón” y “Arenas de Huelva” en el sector oriental y las Unidades 1 a 10 del sector occidental al oeste del río Odiel.
- Obtención y tratamiento de restos fósiles mediante metodología paleontológica.
- Estudio de estos nuevos restos y colecciones paleontológicas suficientemente representativas de la fauna de vertebrados presentes en la zona.
- Determinar y realizar un estudio taxonómico de los restos de vertebrados marinos a partir de bibliografía y comparación con especies actuales.
- Efectuar una aproximación a la paleoecología y biocronología de las distintas asociaciones fósiles en base al estudio sistemático y tafonómico de las diferentes especies descritas, y su comparación con los datos aportados por otros grupos faunísticos presentes. Se establecerá una aproximación a la paleoecología y biocronología de las distintas asociaciones.
- Reconstruir de forma más precisa la Paleogeografía de la zona durante el Neógeno.

A partir de esto se pretende:

- Crear un catálogo y base de datos de estos grupos para el Neógeno del suroeste de Andalucía, acompañado de la descripción y figuración de los taxones registrados.

- Efectuar una valoración de los yacimientos delimitados a partir de la diversidad y abundancia de estos grupos, para su puesta en valor en el contexto del Patrimonio Paleobiológico de la región.
- Reunir una base de conocimientos suficientemente amplia que sirva para analizar las interconexiones Atlántico-Mediterráneo en las etapas previas y posteriores a la crisis de salinidad Messiniense. Los resultados obtenidos podrán utilizarse para establecer los patrones de repoblación del Mediterráneo occidental tras la crisis de salinidad Messiniense, así como su evolución desde el Plioceno Inferior que permitirá comprender mejor las actuales asociaciones de estos organismos.

PARTE 2:

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

Capítulo3:

MATERIALES Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.1-Trabajo de campo

Fase de muestreo

Para la recogida de material se han combinado dos tipos de muestreo. Un muestreo dirigido, en el que se realiza una prospección y muestreo de superficie selectivo, es el que se recogen aquellos restos de vertebrados que la lluvia, el viento u otro elemento, como deslizamientos, maquinaria o animales de campo etc, hayan dejado expuestos o semi-expuestos en superficie. Es el muestreo más usual para este tipo de trabajo paleontológico. Debido a la escasez relativa de vertebrados respecto a otros grupos fósiles, hay que recorrer y buscar durante largos periodos de tiempo a lo largo de afloramientos ya conocidos por estudios anteriores, y en zonas de la edad que nos interesa sin explorar paleontológicamente.

Este tipo de búsqueda da a veces lugar al hallazgo de grandes cetáceos, que fueron debidamente localizados, inventariados, puestos en comunicación de la Junta de Andalucía y si su estado de conservación y los medios lo permitían excavados con la metodología oportuna.

Los ejemplares recogidos fueron almacenados en bolsas transparentes, referenciados, y protegidos para el transporte si así lo necesitaban.

Por otra parte, siendo conscientes de que este tipo de búsqueda selectiva aportaba una visión sesgada de la verdadera comunidad fósil, se realizaron una serie de muestreos sistemáticos en los que se caracterizó cada sección con levantamiento de columnas geológicas y observaciones de campo. Se recolectaron muestras de 5 kg a intervalos regulares o cuando el cambio litológico lo precisara. Cada bolsa de muestra fue siglada y anotada junto a los datos de campo, para su posterior tratamiento de gabinete.

En el método de muestreo superficial, el contenido de otolitos y de otros restos menores a 1 cm es proporcionalmente inferior respecto a los resultados de los muestreos sistemáticos y tamizado de sedimentos. Sin embargo, se ha comprobado que es muy difícil alcanzar mediante un muestreo sistemático tal cantidad de restos de gran tamaño, debido a su dispersión espacio-temporal. Son, por tanto, dos metodologías que se complementan, y entre ambas caracterizan todo el rango de tamaños y por tanto de animales vertebrados en los sedimentos, desde dientes u otolitos de pocos milímetros a dientes de *C. megalodon* o incluso ballenas completas.

Durante este trabajo se han analizado aproximadamente unos 3000 restos fósiles de vertebrados marinos procedentes de los muestreos de superficie, a los que hay que sumar 2623 restos procedentes de los tamizados del muestreo sistemático. De ellos, la mayor parte corresponde a dientes, vértebras, aguijones y espinas, piezas esqueléticas, escamas, placas dérmicas y otolitos respecto a los peces; vértebras, dientes y bullas timpánicas de cetáceos, falanges y húmeros de aletas y piezas del caparazón de tortugas

marinas, y un solo hueso perteneciente a un ave costera. En total, ha sido posible obtener unos 5600 ejemplares de más de 116 taxones distintos. Muchas de estas especies son citadas por primera vez para la región.

Se prospectaron 22 yacimientos pertenecientes a la Formación "Arcillas de Gibraleón" (Civis et al, 1987, Tortoniense sup- Messiniense) (A.G.) y a la Formación "Arenas de Huelva" (Civis et al, 1987, Plioceno inf.-medio) (A.H.) con un registro que va desde los 8 a los 4, 5 M.a. aproximadamente.

Los yacimientos estudiados se localizan en (Fig.- 4 y 5):

- **Huelva:** Marismas de Mendaña (A.H.), Marismas del Rincón-Vías (A.G.), Marismas del Rincón- Fosfoyesos (A.H.), Marismas del Polvorín Norte (A.H.), Marismas del Polvorín Sur (A.G. y A.H.), Avenida de Cádiz (A.G.), Cabezo de la Plaza de Toros (A.H.), Cabezo de la Fábrica de Harina (A.H.)
- **Corrales:** Santa Clara 1 (A.H.), Santa Clara 2 (A.G. y A.H.)
- **Gibraleón:** Autovía de Gibraleón (A.G. incluye Arenas de Trigueros), Cruce Aljaraque-Cartaya-Gibraleón (A.G.)
- **Trigueros:** Cruce de Trigueros (A.G. – A.T.)
- **Bonares:** Bonares-Ambulatorio (A.H.), Bonares-Casa del Pino (A.G. y A.H.), Bonares-Cuesta de la venta (A.H.), Bonares-Km 8 (A.H.), Bonares-Camino de la Cruz (A.H.)
- **Palos de la Frontera:** Palos- Camino del Tubo Amarillo (A.H.)
- **Cartaya:** Cartaya km 108 (A.G.), Nuevo Portil (A.H.)
- **Lepe:** Lepe-Valleforero (A.H.)

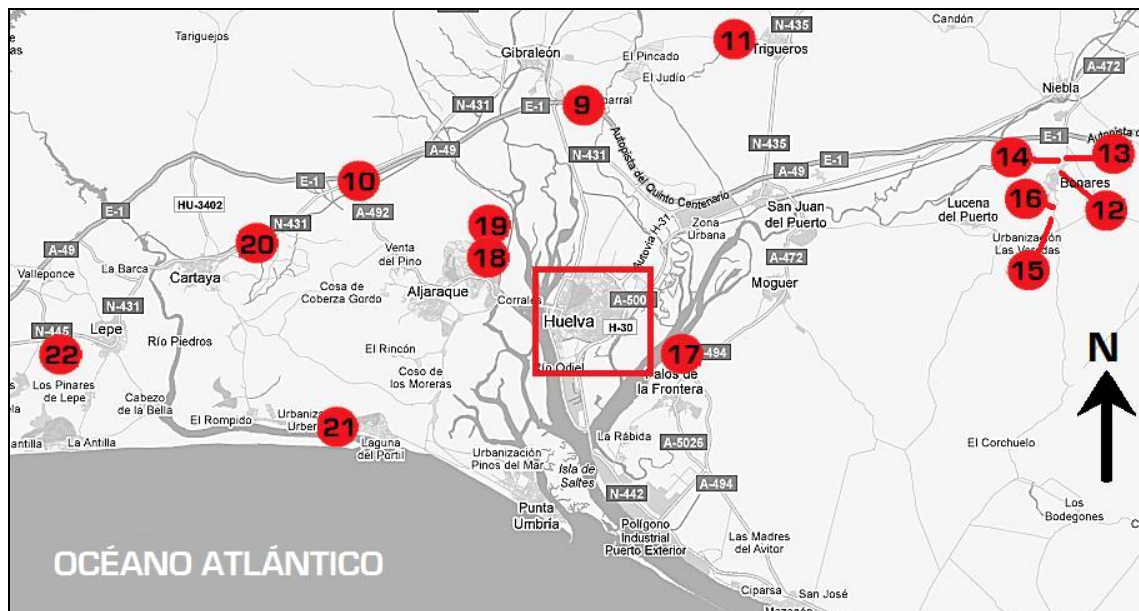


Fig. 1 - Localización de los yacimientos estudiados en la provincia de Huelva. El recuadro marca el área metropolitana de Huelva que se muestra en detalle en la siguiente figura: Autovía de Gibraleón (9), Cruce Aljaraque- Cartaya- Gibraleón (10); Cruce de Trigueros (11); Bonares-Ambulatorio (12), Bonares- Casa del Pino (13), Bonares- Cuesta de la venta (14), Bonares- Km 8 (15), Bonares- Camino de la Cruz (16); Palos- Camino del Tubo Amarillo (17); Corrales Santa Clara 1 (18), Santa Clara 2 (19); Cartaya km 108 (20), Nuevo Portil (21); Lepe-Valleforero (22).

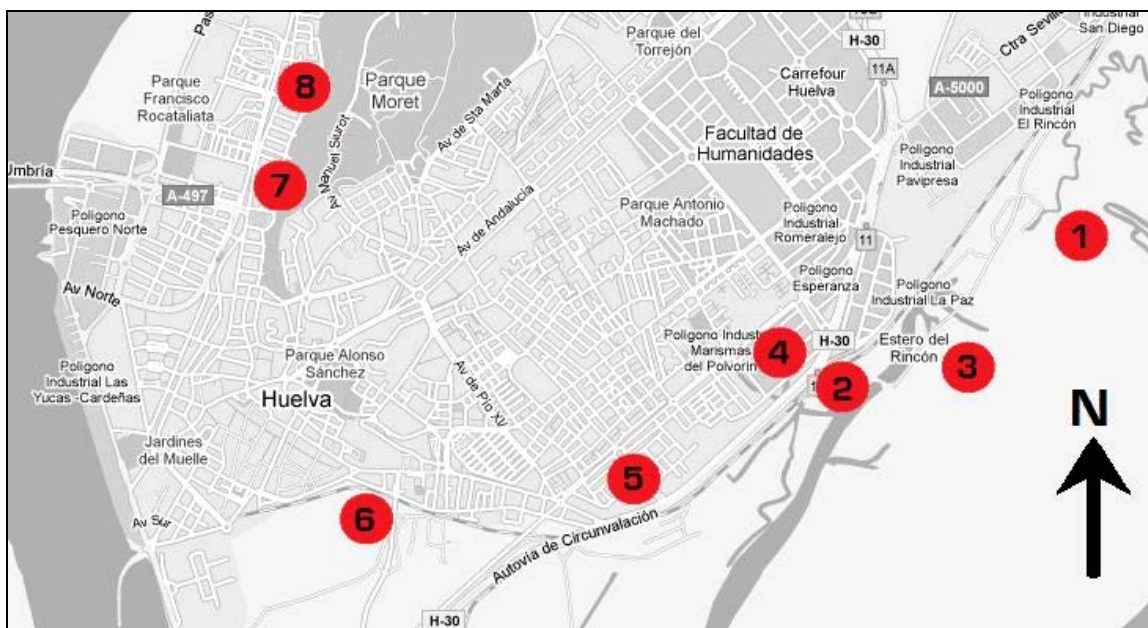


Fig. 2 - Localización de los yacimientos estudiados en el área metropolitana de Huelva: Marismas de Mendaña (1), Marismas del Rincón-Vías (2), Marismas del Rincón- Fosfoyesos (3), Marismas del Polvorín Norte (4), Marismas del Polvorín Sur (5), Avenida de Cádiz (6), Cabezo de la Plaza de Toros (7), Cabezo de la Fábrica de Harina (8).

Datos de campo

Durante el trabajo de campo se levantaron columnas estratigráficas de cada una de las secciones con la finalidad de controlar la posición estratigráfica de las muestras recogidas.

También se georeferenciaron mediante GPS (Garmin Etrex Vista HCX con cartografía Topo-Hispania) los ejemplares hallados, especialmente los restos de cetáceos, ya que por sus grandes dimensiones y complejidad no deben ser extraídos sin un estudio más amplio. La acumulación de localizaciones permite, a la larga, definir las zonas de mayor acumulación o concentración de fósiles, ya sea en la vertical en distintos niveles estratigráficos o en cambios horizontales entre distintas áreas o yacimientos.

3.2-Trabajo de laboratorio

-Procedentes de muestreo superficial: La casi totalidad de los ejemplares recogidos traen solamente parte de matriz adherida en pequeños entrantes y fisuras. Los materiales son fácilmente disgregables, por lo que se someten los restos a un baño en agua durante 1 a 2 horas. En caso de ser más consistente se añaden unos mililitros de vinagre (ácido acético). Después son limpiados uno a uno con un pincel y palillos de madera para áreas que lo requieran y así evitar dejar marcas que puedan ser confundidas con bioerosión o marcas de depredación. Finalmente son lavados con agua y dejados secar a temperatura ambiente.

-Muestras recogidas de forma sistemática en distintas secciones. Cada saco o bolsa de muestra fue pesada y se reservaron 200 mg de muestra como referencia y para futuros estudios micropaleontológicos. Se efectuó un levigado en húmedo mediante tamices de 1 mm y 0,5 mm (500 micras) de luz de malla. Este sedimento más grueso que queda sobre el tamiz se deja secar a temperatura ambiente en una bandeja, previa retirada de la

mayor cantidad de agua posible evitando pérdida de material, intentando que la película de sedimento sea fina para que seque antes. Por último se retiran los restos óseos mediante lupa y se agrupa el material. Se vuelven a empaquetar y etiquetar los restos y se guardan provisionalmente a espera de fotografiado y entrada en catálogo.

Este proceso es más lento que el que implica la disgregación con acelerantes, serie de tamices, y secado en estufa; pero garantiza que los restos no sufran mucho desgaste en el tamizado ni que sean atacados químicamente por disgregantes u otros productos químicos, causando daños o pérdida de color. El secado lento, sin estufa, impide que un cambio brusco de volumen o de salinidad entre interior y exterior de un diente por ejemplo le cause grietas o alteraciones en el esmalte.

Hay casos en los que los restos están envueltos de una matriz más sólida o una costra ferruginosa. En estos casos además de usan pequeños cinceles de 1-2 mm de diámetro (destornilladores de precisión de punta plana y cónica, no en estrella) para desprender grandes espesores, y una aguja enmangada para los milímetros de matriz que rodean al fósil.

En cuanto a grandes huesos de mamíferos marinos, fueron extraídos parcial o totalmente de la matriz en función de su estado de conservación. Si la matriz es arcillosa o arenosa se procede de forma similar que con los restos más pequeños. Si la matriz es muy consistente o se encuentra cementada, se emplearan pequeños cinceles, taladros y muelas de desgaste. A continuación, y dependiendo de su estado de conservación, serán recubiertos total o parcialmente por elementos protectores para su estudio posterior, generalmente consolidante Paraloid B-72 disuelto en acetona entre un 10% y un 5%. A mayor disolución, mayor penetrabilidad en el hueso. Este tipo de consolidante o endurecedor no altera el aspecto del hueso, y puede ser retirado posteriormente si fuese necesario. También se usa en el campo, especialmente para evitar daños durante el transporte.

3.3-Trabajo de gabinete

Registro y fotografiado.

Posteriormente a la preparación de los ejemplares fósiles se procedió a fotografíarlos. Se utilizó una cámara fotográfica digital (Canon Digital IXUS 95 IS, de 10 Megapíxeles) y un escáner HP ScanJet 5300C (hasta 1200ppp a 36 bits de color). Para los otolitos y piezas pequeñas se utilizó una lupa binocular con cámara acoplada escala gráfica en campo de imagen. Tras esto se introdujeron los ejemplares en la base de datos, incluyendo siglas, lugar y fecha de recogida, información estratigráfica, etc, quedando pendiente la identificación taxonómica.

Análisis bibliográfico y determinación sistemática.

Para recabar la información bibliográfica se ha llevado a cabo una búsqueda selectiva de libros, revistas y publicaciones paleontológicas relacionadas con vertebrados marinos. Desde publicaciones históricas a las más recientes, y tanto de grupos específicos como guías regionales. También se han consultado obras de biología, zoología, oceanografía, taxidermia, etc.

Además de bibliografía, se han comparado los ejemplares con otras colecciones de peces fósiles (García, 2008); y de cetáceos (Colección del Centro Provincial de In-

interpretación Paleontológica de Lepe -CIPAL- (Lepe, Huelva) pertenecientes también a la zona de estudio.

También se han comparado los restos fósiles con esqueletos de ejemplares actuales de tiburones y peces óseos obtenidos en los mercados locales; de aves costeras y tortugas marinas traídos a la costa, y cetáceos del CIPAL, y del Museo del Mundo Marino de Matalascañas, Huelva.

PARTE 3:

**GEOLOGÍA Y
ESTRATIGRAFÍA**

Capítulo 4:

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Localización geográfica

El presente trabajo abarca un área de estudio que comprende la zona sur de la provincia de Huelva, al suroeste de España, incluyendo yacimientos tanto de Huelva capital como de pueblos más o menos cercanos, como Cartaya, El Portil, Gibraleón, Trigueros y Bonares. El más lejano de ellos a la costa dista unos 30 km al océano Atlántico y a una altitud máxima de unos 80 m.s.n.m. actual.

4.2. Geología del suroeste de la península ibérica

Desde el punto de vista geológico, el sector estudiado se localiza en el extremo suroeste de la Cuenca del Guadalquivir. Esta depresión es una de las principales cuencas terciarias de la Península Ibérica.

A grandes rasgos, en la zona occidental de la Depresión del Guadalquivir encontramos los siguientes materiales y unidades:

->**Un Zócalo o Sustrato Varisco** que se encuentra sometido a erosión desde los sucesos orogénicos que lo estructuraron, conformando una rampa de hundimiento hacia el sur-sureste. Dicha rampa constituye el basamento fundamental para la sedimentación, que ha tenido lugar en el área desde el Triásico.

->**Materiales mesozoicos** sedimentarios y volcánicos, que afloran escasamente en la región.

->**Terciarios pre-tortonenses que no afloran** en la zona, aunque se han detectado en sondeos profundos realizados en áreas próximas.

->**Materiales neógenos de relleno de la cuenca**, con una edad que abarca desde el Tortonense hasta finales del Plioceno. Se caracterizan por ser detríticos y fundamentalmente marinos.

->**Depósitos cuaternarios** que culminan el relleno de la cuenca. Son esencialmente de origen continental, aunque hay importantes formaciones litorales y fluvio-marinas; sobre todo originadas durante el Holoceno.

4.3. El neógeno onubense

Las formaciones neógenas del sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir de la provincia de Huelva están constituidas, de muro a techo, por cuatro unidades bien diferenciadas (Civis et al., 1987; Mayoral y Pendón, 1987):

a) Formación Calcarenita de Niebla (Tortonense s.l.), también denominada como Formación Niebla (Baceta y Pendón, 1999) o como Complejo Basal Transgresivo (Pendón et al, 2001, 2004; Abad, 2002 y 2007). Se deposita sobre el sustrato paleozoico en algunas zonas y, de forma mucho más puntual, sobre el mesozoico en otras. Está constituida por gravas y conglomerados fluviales y arenas de procedencia marina en su base, y calcarenitas y calizas bioclásticas a techo. Incluye un rico registro de algas, briozoos, moluscos, macroforaminíferos y equinodermos. Se interpretan como depósitos marinos deltáicos y de plataforma poco profunda (Baceta y Pendón, 1999).

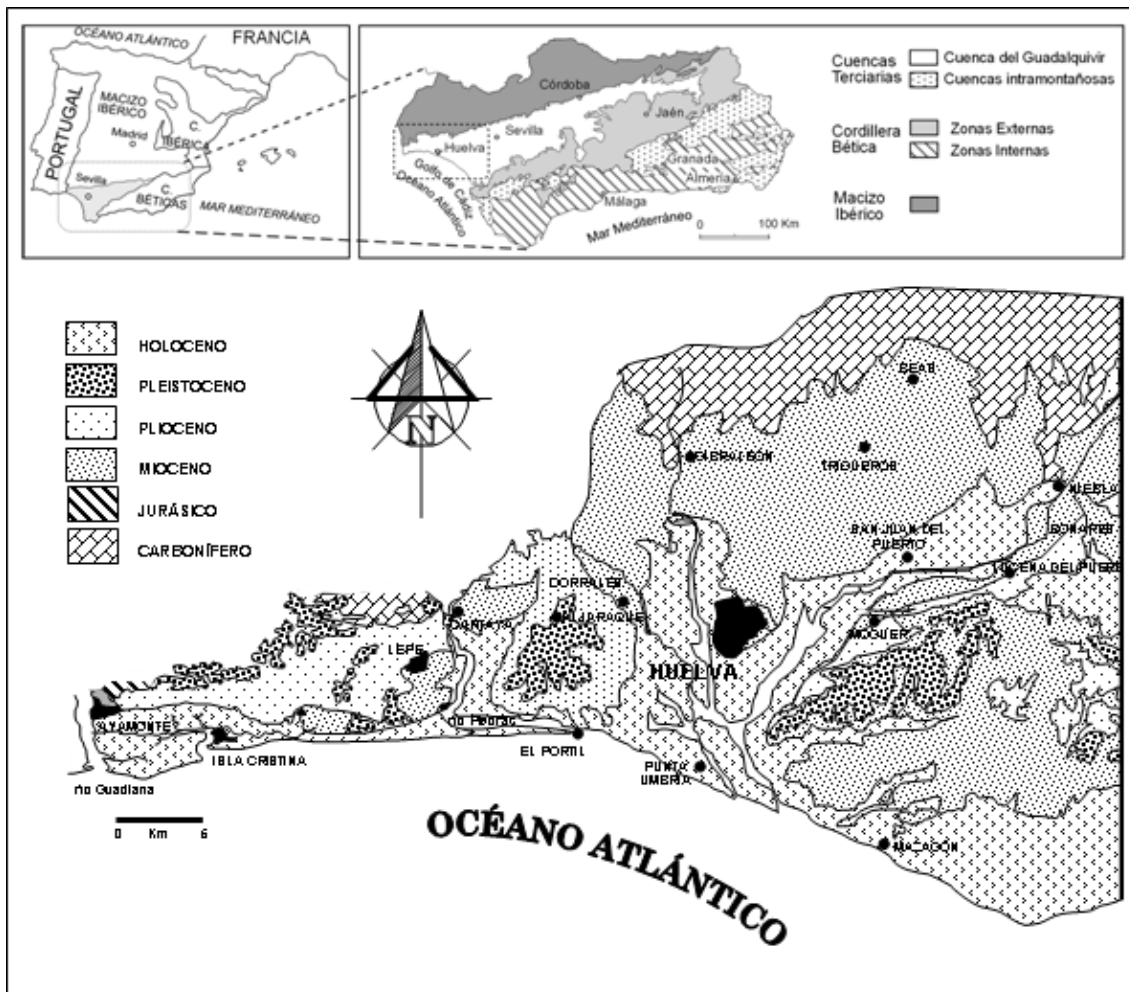


Figura. 3- Localización geográfica y geológica general (Mod. de Toscano et al. 2010 y Muñiz et al., en prensa).

b) Formación Arcillas de Gibraleón (Tortonense- Messiniense-Plioceno inferior), constituida por arcillas y margas muy ricas en microfauna. Caracterizada por un nivel glauconítico inferior y una alternancia, relativamente monótona, en la parte superior de margas y arcillas, con un espesor creciente hacia el sur. En su interior se intercalan las llamadas “Arenas de Trigueros” (Sierro et al., 1990), formada por niveles mucho más arenosos que contienen una abundante fauna de vertebrados marinos. Debido a su coloración parda en algunos tramos, y grisácea en la mayoría, también son conocidas como Margas Grises o Arcillas Azules. Estos depósitos se interpretan como facies profundas de plataforma externa y sistemas turbidíticos de talud relacionados con la caída del nivel del mar durante el Messiniense (Sierro et al., 1996).

c) Formación Arenas de Huelva (Plioceno Inferior), formada por un nivel inferior condensado de arenas glauconíticas sobre el que se disponen limos arenosos y arenas limosas entre los que se intercalan frecuentes niveles lumaquéllicos de moluscos y cirrípedos. El espesor total varía entre 10 y 30 m. En los niveles superiores son frecuentes los nódulos carbonatados por la disolución de conchas.. Esta formación contiene abundantes y bien conservados fósiles de invertebrados, destacando bivalvos y gasterópodos. Son frecuentes los taxones *Neopycnodonte* y *Ostrea*, que, según Galán et al. (1989) indican que la profundidad máxima de esta parte de la cuenca alcanzaba los 30-50 m. La mayor concentración de restos de vertebrados marinos se localiza en el nivel glauconítico, que ronda los 5 m de espesor, y que constituye un nivel guía local. Esta formación se ha interpretado como un medio marino de depósito de baja energía, con abundante icnofauna en los niveles de sedimentación no episódica (Andrés, 1982; Mayoral, 1986; Dabrio et al., 1988; Galán et al., 1989; Sierro et al., 1990; González Delgado et al., 1993), con intercalación de episodios puntuales de mayor energía, con retrabajo de sedimentos y reelaboración de conchas, durante periodos de tormenta en una plataforma marina siliciclástica poco profunda (González-Delgado, 1983; González-Delgado et al., 1995 ;Dabrio et al., 1988).

d) Formación Arenas de Bonares (Plioceno superior- Pleistoceno?), con limos y arenas muy finas en la base que evolucionan rápidamente en la vertical a arenas medias y microconglomerados. En su base es frecuente el registro icnológico pero el resto de fósiles se encuentran en forma de moldes con las conchas disueltas formando nódulos carbonatados o muy fragmentados. Se interpretan como depósitos marinos muy someros y de playa, con un creciente aporte de sedimentos continentales (fluviales), (Mayoral y Pendón, 1986-1987).

4.4. Síntesis paleogeográfica

Durante el Mioceno inferior y medio, la conexión entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo no estaba constituida por el actual Estrecho de Gibraltar, sino que ambos se comunicaban mediante dos pasajes principales: el Estrecho o Corredor Nord-bético, al norte, y el Corredor Rifeño, al sur. El corredor Rifeño se extendía de OSO-ENE, aproximadamente desde Rabat (Marruecos) a Orán (Argelia); mientras que el corredor Nord-bético atravesaba la Península Ibérica con la misma orientación, desde Huelva hasta Valencia. De esta forma, el sur de Andalucía y el norte de Marruecos fueron, durante gran parte del Mioceno superior, una isla.

El cambio entre la dirección de convergencia entre las placas Africana y Euroasiática origina, durante el Tortoniense y Messiniense, cambios generalizados en la situación geodinámica de la región y la elevación y emersión de gran parte de la Cordillera Bética. Todo esto conlleva cambios paleogeográficos muy importantes en toda la Cuenca del Guadalquivir y el consiguiente cierre de la conexión Mediterráneo-Atlántico a través del Estrecho Nord-Bético (Sanz de Galdeano y Vera, 1991).

En esta estructuración general de las cuencas neógenas de la Cordillera Bética se pueden distinguir dos fases (Viseras et al., 2004):

- La primera fase ocurre durante el Mioceno inferior –medio, cuando debido al empuje africano, la Placa Mesomediterránea terminó por fracturarse y su fragmento más

occidental (Dominio de Alborán) quedó pinzado y colisionó oblicuamente con el paleomargen sud-ibérico. Esto dio lugar a que se elevasen los primeros materiales de la futura cordillera Bética. Esta elevación del fondo marino, unida al choque oblicuo de Alborán, generó una serie de movimientos laterales (fallas transcurrentes), con una deriva hacia el oeste, que favoreció la formación de un conjunto de cuencas marinas sinorogénicas en el interior del propio orógeno, conocidas como Cuencas Intracadena, y a una cuenca de antepaís, el Estrecho Nord-bético, localizado al norte de los nuevos relieves y con un área muy activa que constituía un surco frontal o proto-cuenca del Guadalquivir (Sanz de Galdeano y Vera, 1991).

- La segunda fase se inicia el Mioceno superior y continua hoy día, tras restablecerse la situación compresiva generalizada NNW-SSE en toda la región entre África e Iberia. Por efectos del avance hacia el norte de la Cordillera Bética y por la elevación general de toda la región, el estrecho Nord-bético y otras conexiones de menor entidad, experimentaron de forma progresiva el cierre de su conexión con el Mediterráneo durante el Tortoniense superior y el Messiniense superior (Aguirre et al., 2007). De esta forma, el antiguo corredor queda restringido al sector occidental de la Cordillera (o Cuenca de Antepaís del Guadalquivir) y, por otro lado, las cuencas post-orogénicas Béticas, situadas sobre las Zonas Internas y Externas (González Delgado et al., 2004).

A medida que las montañas de la Cordillera Bética ascendían, quedaron entre ellas depresiones, como las de Granada y Guadix o las de la provincia de Almería. Estas depresiones, que inicialmente estaban inundadas por extensiones del mar Mediterráneo, luego pasaron a ser cuencas continentales ocupadas por lagos y surcadas por ríos.

La orogenia Alpina que dio lugar a las Béticas no solo afectó a la Península Ibérica, sino también a la cordillera norteafricana del Rift. La Cordillera Bética, Gibraltar y el Rift forman parte de una misma estructura, el Arco Bético-Rifeño o Arco de Gibraltar. Entre los 6.6-6 M.a., este arco cerró toda comunicación Atlántico-Mediterráneo, lo que ocasionó que gran parte del Mediterráneo se secase, en la denominada “Crisis de Salinidad Messiniense” (Hsü et al., 1973; Van Assen et al., 2006). Durante este tiempo, la región constituyó un puente entre los dos continentes con el consiguiente intercambio biológico. Esta crisis finaliza definitivamente a comienzos del Plioceno Inferior (Hsü et al., 1977) con la apertura por el punto de mayor tensión de curvatura del Arco Bético-Rifeño, el actual Estrecho de Gibraltar.

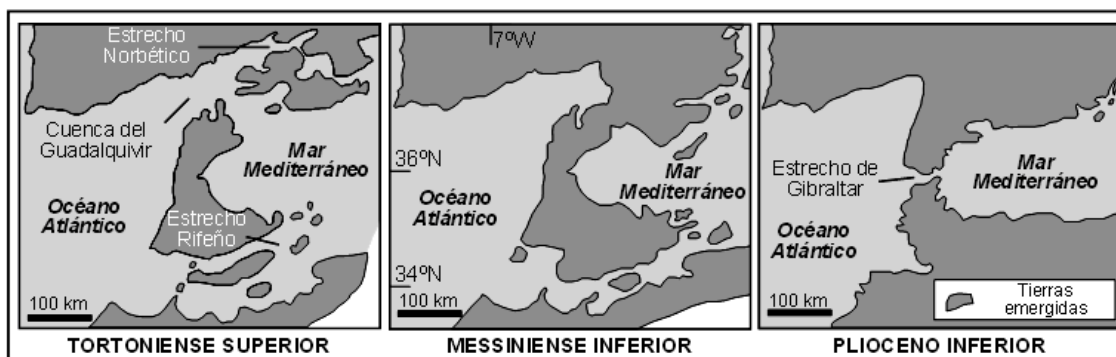


Figura. 4- Evolución paleogeográfica del sur de España y norte de Marruecos durante el Neógeno Superior (Toscano et al. 2009).

Volviendo a la zona Bética, la cuenca externa o cuenca de antepaís pasó a conformar la actual Cuenca del Guadalquivir, localizada entre los nuevos relieves emergidos

de la Cordillera Bética (margen activo) y el macizo Varisco de la Meseta Ibérica (margen pasivo). El surco frontal anexo al margen activo recibió enormes masas olistostrómicas y evolucionó de manera diferente en los sectores orientales de la cordillera.

Finalmente, durante el Plioceno Inferior, la cuenca pasó a estar configurada como una amplia bahía del Atlántico, con una profundidad creciente hacia el suroeste (González-Regalado et al., 2009), que se fue colmatando de sedimentos y avanzando hacia su posición actual de la costa durante los últimos millones de años. Esta sedimentación continúa actualmente bajo el mar en el Golfo de Cádiz (González-Delgado et al., 2004).

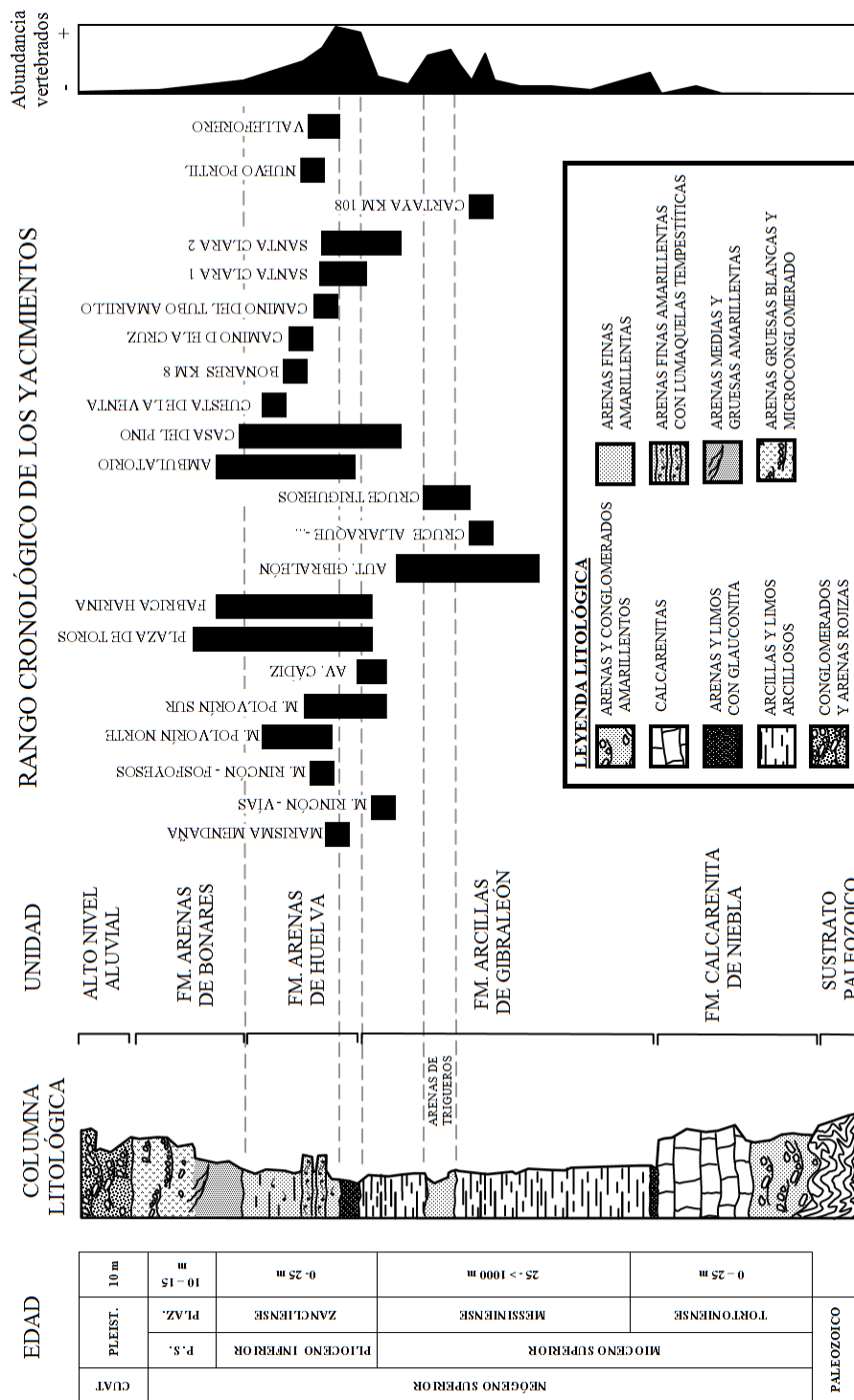


Figura 5- Columna de sintética de la estratigrafía local. Se muestran las principales unidades neógenas, el rango cronoestratigráfico de los yacimientos estudiados y la curva de abundancia relativa de los vertebrados marinos en dichas unidades.

Capítulo 5:

SECCIONES Y YACIMIENTOS

CAPÍTULO 5: SECCIONES Y YACIMIENTOS

Se describen a continuación las secciones y yacimientos estudiados, junto con su situación estratigráfica. Es necesario indicar que no ha sido objeto de esta tesis hacer un análisis sedimentológico o estratigráfico detallado, sino mostrar su registro en cuanto a fauna de vertebrados. Las interpretaciones paleoambientales aquí propuestas se basan fundamentalmente en la interpretación de las asociaciones de facies, con especial hincapié en las informaciones paleoecológicas y tafonómicas suministradas por la fauna, así como en las relaciones espaciales y geométricas de las facies identificadas. Cuando ha sido posible se ha complementado con datos micropaleontológicos que permiten afinar con más precisión que con los vertebrados la información cronoestratigráfica y paleobatimétrica.

Se prospectaron 21 yacimientos (Fig.- X) pertenecientes a las formaciones neógenas locales: la Formación Niebla (Baceta y Pendón, 1999, Tortoniense *s.l.*) (Ni); la Formación "Arcillas de Gibraleón" (Civis et al, 1987, Tortoniense sup- Plioceno inferior) (A.G.); a la Formación "Arenas de Huelva" (Civis et al, 1987, Plioceno inf.-medio) (A.H.); Formación Arenas de Bonares (A.B.); o las Unidades locales del sector occidental (1 a 10); con un registro temporal que abarca desde los 10 a los 3,5 M.a. aproximadamente. En diez de ellos se realizó un muestreo sistemático y superficial. En los otros once, solamente se prospectó en superficie.

- Secciones y yacimientos con muestreo sistemático y superficial:

- .1-Sección Niebla- Prodelta- Curva de los Isognomon (NI)
- .2-Sección Gasolinera de Niebla (NI-A.G.)
- .3-Sección Gibraleón- Cantera Santa Isabel (A.G.)
- .4-Sección Gibraleón- Autovía (A.G.)
- .5-Sección Cruce de Trigueros (A.G.)
- .6-Sección Bonares- Casa del Pino (A.G.- A.H.- A.B.)
- .7-Sección Bonares- Ambulatorio (A.H.)
- .8-Sección Cartaya- Alfonseca (NIVEL 1 -2)
- .9-Sección Lepe- Carretera de El Terrón (NIVEL 4)
- .10-Sección Lepe- Cooperativa La Bella (NIVEL 5)

-Secciones y yacimientos de muestreo superficial:

- .1-Sección Huelva - Plaza de Toros: (A.G.-A.H.-A.B.)
- .2-Sección Cabezo de la Fábrica de Harina (A.G.-A.H.)
- .3-Yacimiento Marismas de Mendaña (A.H.) y Marismas del Rincón- Fosfoyesos (A.H.)
- .4-Yacimiento Marismas de El Rincón- Vías (A.G.)
- .5-Yacimiento Marismas de El Polvorín Norte (A.H.) y Sur (A.G. y A.H.)
- .6-Yacimiento del Cabezo de la Casa Colón (A.G.)
- .7-Yacimiento de la Avenida de Cádiz (A.G.):
- .8-Yacimiento Corrales Santa Clara 1 (A.H.), Santa Clara 2 (A.G. y A.H.)
- .9-Sección Cruce Aljaraque- Cartaya- Gibraleón (A.G.)
- .10-Sección Nuevo Portil (A.H.)
- .11-Sección Lepe- Valleforero (NIVEL 5)

5.1-SECCIONES Y YACIMIENTOS CON MUESTREO SISTEMÁTICO Y SUPERFICIAL

5.1.1-Sección Niebla- Prodelta- Curva de los Isognomon:

Situación:

(Figura x): Se localiza en el lateral oeste de la carretera HU-3106 partiendo desde Niebla a Valverde del Camino, en una curva pronunciada al oeste que aleja a la carretera del Río Tinto. Coordenadas. UTM 29S 706007.78 m E: 4139312.77 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

La sección muestra un tramo de unos 6 metros de potencia de la Formación Niebla. La base está constituida por un nivel de unos 30 cm de arenas gruesas con escasa matriz de arena fina, seguidos de unos 20 cm de calcarenita gruesa con abundantes fragmentos bioclásticos. Tras unos 150 cm no aflorantes, continuamos hacia techo con otros 150 cm de arenas finas amarillentas bien seleccionadas. La parte superior de este nivel se encuentra más cementado por disolución de un paquete superior de 2,5 metros de calcarenitas. Este nivel superior, muy bioclástico, presenta a techo una lumaquela rojiza de moldes del bivalvo *Isognomon*, además de algunos ostréidos y pectínidos que sí conservan la concha. Los restos de vertebrados son extremadamente raros.

Niebla - Prodelta - Curva de los Isognomon

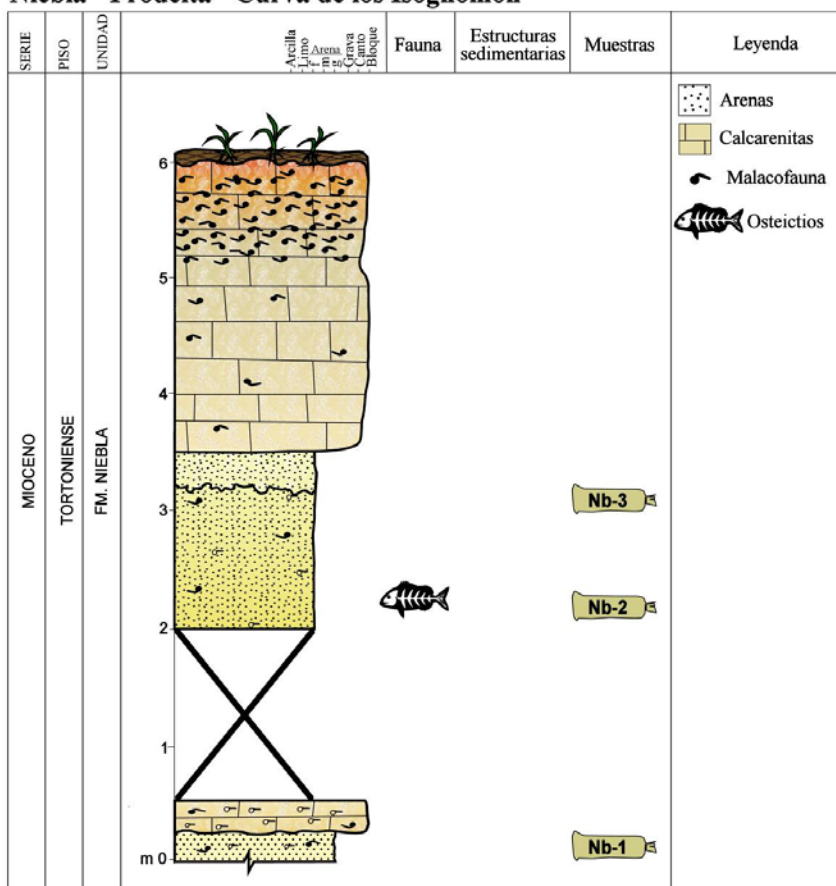


Figura 6: Columna estratigráfica de la sección Niebla Prodelta- Curva de los Isognomon.

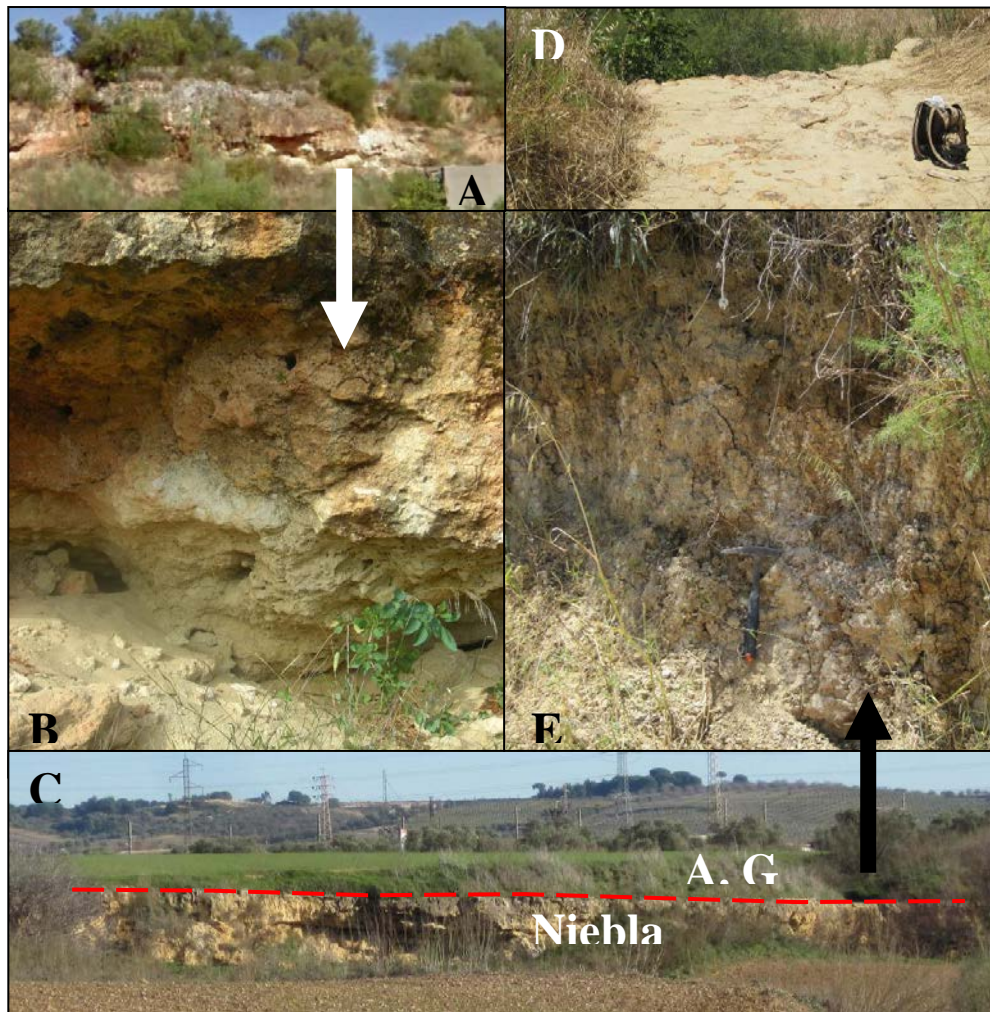


Figura 7: Vistas de la sección Niebla Prodelta- Curva de los Isognomon **A)** Vista general y **B)** detalle del nivel arenoso; y sección Gasolinera de Niebla, **C)** vista general, **D)** superficie del contacto y firmground a techo de las calcarenitas, **E)** perfil de muestreo en las arcillas.

5.1.2-Sección Gasolinera de Niebla:

Situación:

(Figura x): El afloramiento se localiza a unos 500 m al Este de la gasolinera de Niebla (situada junto al puente romano) en el lado sur de un camino rural que parte al Este desde la gasolinera. Coordenadas. UTM 29S 706647.66 m E: 4137626.45 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

En esta sección aflora el techo de la Formación Niebla y suprayaciendo por contacto neto, la base de la Formación Arcillas de Gibrleón. El corte forma un pequeño acantilado de unos 4 metros de calcarenitas, de los cuales solo se ha representado el medio metro superior. La calcarenita, de color amarillento es muy bioclástica (tipo grainstone o packstone), con porcentajes variables de componentes terrígenos (5–20 % de cuarzo) y numerosos fragmentos de bivalvos, macroforaminíferos, braquiópodos, equinodermos y corales. Estos materiales se habrían depositado en el tramo medio

marino de una rampa carbonatada, a una profundidad no superior a los 25 m (Clauss y González-Regalado, 1993). La parte superior de esta Formación presenta frecuentes cavidades diagenéticas, rellenas con limo y arcilla gris, con abundantes foraminíferos planctónicos y granos de glauconita. Baceta y Pendón (1999) interpretaron este horizonte superior como una discontinuidad sedimentaria que presenta características propias de exposición subaérea, retocada por la erosión marina durante una transgresión posterior.

De forma discordante a la anterior Formación, encontramos el nivel inferior de la Fm. Arcillas de Gibraleón, consiste en un intervalo de 3 m de potencia formado por limos y arcillas pardas con altos porcentajes de glauconita (20–50 %) y con abundante microfauna (a veces fosfatizada), pellets (ovoidales y capsulares). Ha sido interpretado como un nivel condensado (Abad et al., 2006).

Gasolinera de Niebla

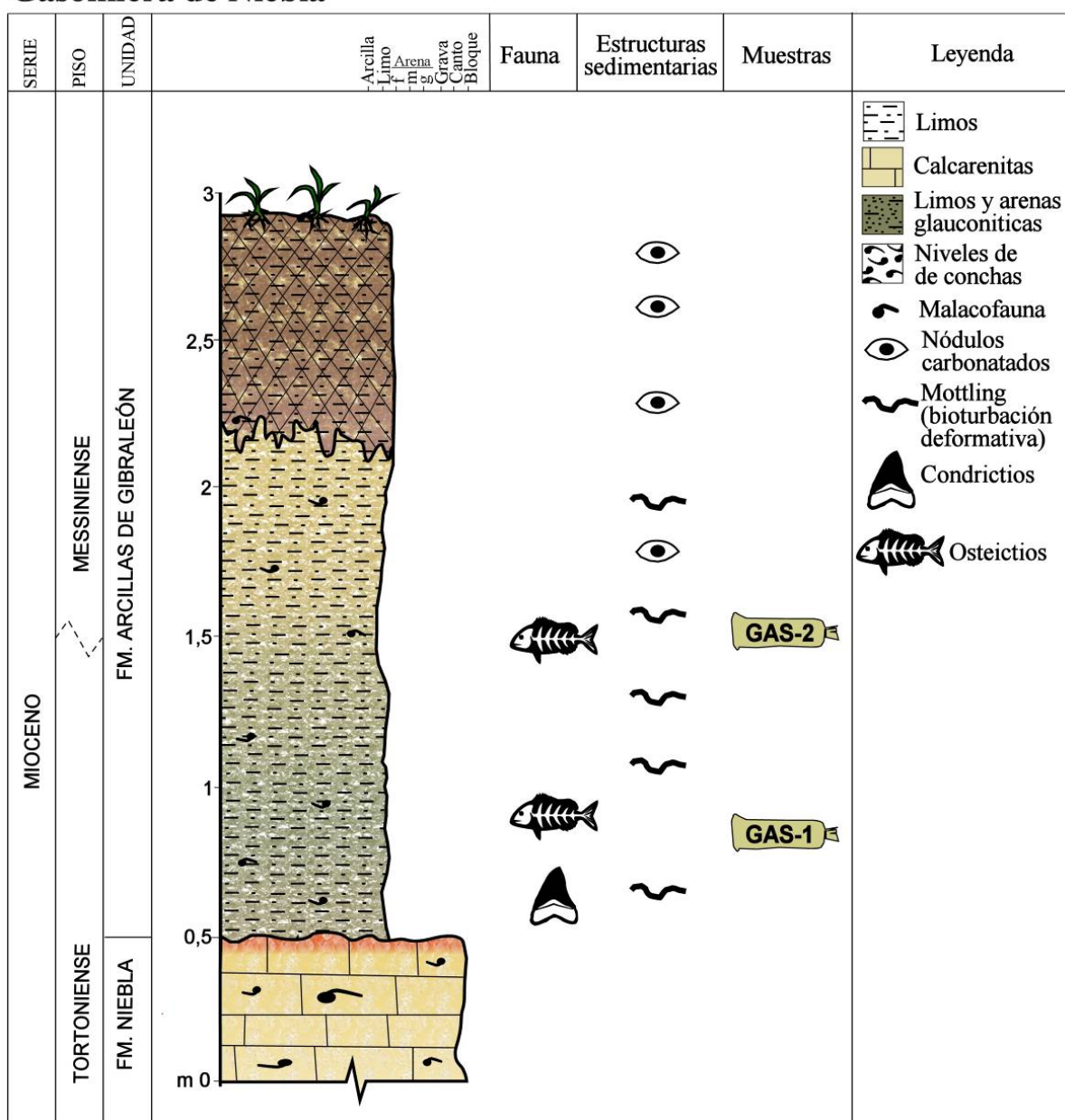


Figura 8: Columna estratigráfica de la sección Gasolinera de Niebla.

5.1.3-Sección Gibraleón – Cantera Santa Isabel:

Situación:

(Figura x): Se localiza en la cantera y fábrica de cerámica, tejas y ladrillos “Santa Isabel”, localizada en la carretera comarcal Gibraleón-Trigueros HU-3105, frente al polígono El Tejar. Puede accederse a los niveles superiores desde un camino rural (Camino de Coronilla) que parte desde la Carretera nacional Huelva-Gibraleón N-431. Coordenadas. UTM 29S 681409.69 m E: 4138174.16 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

La sección Santa Isabel (Tortoniense-Messiniense; Sierro, 1985) incluye el tramo inferior de la Formación Arcillas de Gibraleón. Está constituida por un nivel basal de limo glauconítico con coloraciones verdosas, de aproximadamente 50 cm de espesor, que no afloraba en el momento del muestreo por encontrarse inundada la zona por lluvias. Este nivel si fue muestreado para un artículo previo sobre ictiofauna (Toscano et al., 2009), y se estima que se encuentra unos 2 m bajo el nivel del agua, sobre la que comenzó el muestreo para la tesis. Civis et al, (1987) indican que bajo el nivel de glauconita aparecían las Calcarenitas de la Fm. Niebla, pero no se han podido observar. Sobre el nivel glauconítico, la parte emergida está constituida por unos 18 m de arcillas pardo grisáceas, con alternancia de limos. Aunque monótona, se observa un ligero incremento del tamaño de grano hacia techo (limos algo más arenosos). Existen un par de horizontes difusos de óxidos de hierro, uno al nivel de la muestra CG-3, y otro al de CG-4 definido por galerías. La zona superior se encuentra edafizada, dando la oxidación tonos rojizos y amarillentos. La disolución de conchas crea limos más cementados bajo estos niveles. La macrofauna es muy escasa y dispersa por el sedimento, *Amusium*, pectínidos, apareciendo algún pequeño nivel con ostréidos de la especie *Neopycnodonte cochlear*. En la zona inferior se observan moldes limonitizados de erizos tipo *Schizaster*. Los restos de vertebrados son escasos, algo más abundantes en el nivel glauconítico, pero no mucho. En los niveles medios se han localizado restos vertebrales aislados de cetáceos. El mottling o bioturbación deformativa está presente en toda la columna. La microfauna es muy abundante (Sierro, 1983; Flores, 1985; González-Regalado y Civis, 1987). Las asociaciones de ostrácodos de esta sección indican una transición desde medios epibatiales tortonienses (*Krithe*, *Parakrithe*, *Henryhowella*, *Cytherella*) a zonas de plataforma externa (*Costa*, *Acanthocythereis*) durante el Messiniense (González-Regalado y Ruiz, 1990a).



Figura X: Vistas de la sección Gibraleón – Cantera Santa Isabel, **A)** Vista general, **B)** detalle de la zona inferior y **C)** zona superior.

Gibraleón - Cantera Santa Isabel

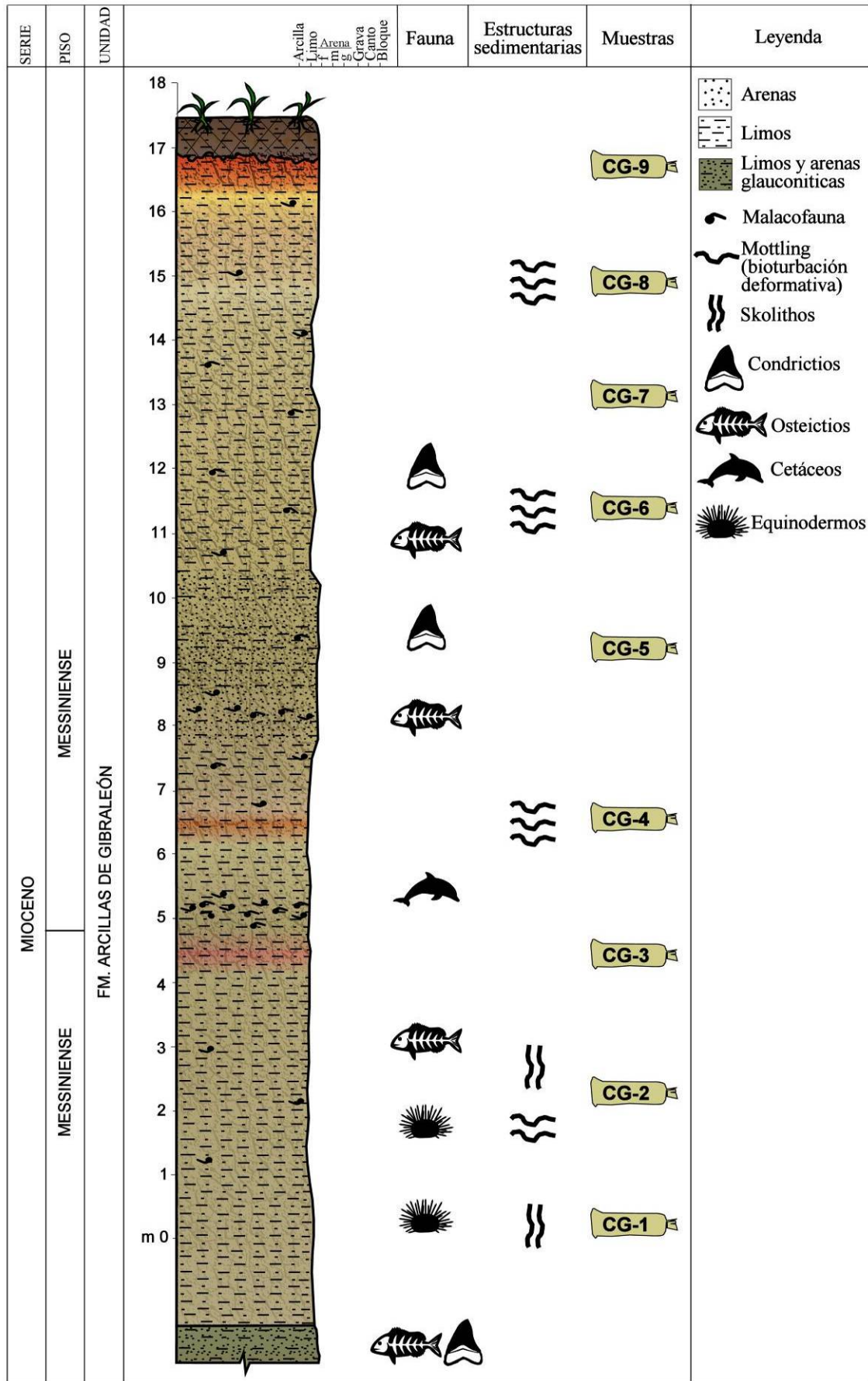


Figura 10: Columna estratigráfica de la sección Gibraleón-Cantera Santa Isabel.

5.1.4-Sección Gibraleón –Autovía:

Situación:

(Figura x): Se localiza al sureste de la localidad de Gibraleón, en la zona de El Chaparral, al sureste de la urbanización Los Almendros y en los taludes situados a ambos lados de la autovía A-49. Coordenadas. UTM 29S 4136356.56 m N: 4136356.56 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

El corte de la autovía dejó al descubierto dos grandes taludes de 1 kilómetro de largo por casi 30 metros de altura en su punto de mayor potencia. Geológicamente, representa un tramo de la Fm. Arcillas de Gibraleón, incluyendo en su mitad superior la unidad de las Arenas de Trigueros. El análisis de foraminíferos planctónicos como biomarcadores permite datar este afloramiento como Messiniense en su totalidad (Rico et al., 2005).

Debido a deslizamientos en 2007; en 2008 el tercio inferior de los taludes, y más tarde hasta la mitad, fue cubierto con losas de pizarra. Actualmente solo es posible acceder a estos niveles en los extremos de los taludes. El corte representado en la columna es el del lado sur, que aunque más sombrío y por tanto más cubierto de vegetación, tiene mayor potencia y niveles superiores que no afloran en el lado norte.

La sección comienza a muro con unos 5 metros de limos carbonatados pardo-amarillentos con restos de *Amussium* y abundantes pequeñas galerías de *Ophiomorpha nodosa* ferruginizadas. Continúa con unos 50 cm de limos ocre masivos, con moteado naranja (*mottling* o bioturbación deformativa) y fauna de pectínidos muy bien conservados y algunos restos carbonosos. Gradualmente pasamos a 150 cm de sedimentos muy similares a los del tramo inferior aunque con una mayor cementación. Contiene grandes galerías de *Ophiomorpha nodosa* y *Skolithos*. El techo del tramo, más cementado, es un *firmground* (superficie de interrupción sedimentaria litificada levemente) definido por *Thalassinoides* y *Glossifungites*, con un horizonte de colonización de unos 15 cm. Le siguen unos 160 cm de limos ocre, masivos, con restos de equinodermos y pectínidos, muy bioturbado por *Thalassinoides* y otras trazas de anélidos de pequeñas dimensiones (*Planolites*). Sobre este nivel tenemos un tramo mal definido de unos 40 cm, más cementado que el anterior y color algo más claro, con una icnofábrica muy bien desarrollada y valvas de *Amussium*. Da paso a unos 150 cm de limos masivos, sueltos, de color ocre, con galerías horizontales de *Thalassinoides* dispersas y *mottling*. Los 380 cm siguientes están cubiertos, sin observaciones de calidad. La toma de muestras se hace a mitad del tramo en malas condiciones de afloramiento. Contiene arenas finas limosas, sueltas, que pasan a techo a limos masivos, bioturbadas por *Ophiomorpha* pero también *mottling*. Muy ricas en huesos y dientes. Alta concentración de fragmentos de pectínidos, *Amussium*, *Neopycnodonte* y otros bivalvos. Los restos fósiles y la bioturbación, así como la concentración de los óxidos de Fe se concentran a techo del tramo. Sigue con 160 cm de arenas finas bien seleccionadas, ligeramente limosas, en apariencia masivas. Pasa a techo, mediante un contacto neto, a otro tramo de arenas medias de 75 cm de potencia, bien clasificadas, grisáceas, masivas, sin fauna ni galerías, que cambian lateralmente de potencia y llegan a alcanzar los 150 cm. A techo aparece un nivel de colonización con alto % de galerías representado por *mottling* pero en ocasiones se pueden identificar un gran número de

Ophiomorpha. En esta parte alta las arenas son más finas, algo limosas y anaranjadas por presencia de óxidos de hierro como consecuencia de la actividad bioturbadora (posible superficie de discontinuidad interna). El último tramo es más complejo (de muro a techo), con incremento de cementación por carbonatos progresivo hacia techo. Tenemos 1 m de limos algo arenosos con *Pecten revolutus*, característico en la unidad Arenas de Trigueros, algo bioturbada. En este nivel se halló previamente un diente *in situ* de *Carcharocles megalodon*. Otro diente de *C. megalodon* aparecido sobre las arenas limpias inferiores procede muy probablemente también de este tramo. Por encima aparece un pequeño nivel limoso cementado de unos 20 cm con moluscos. Los limos masivos continúan 200 cm, con pectínidos dispersos (*Amusium* y *Pecten revolutus*). Hay un nivelito más cementado de 80 cm a mitad de este subtramo. En la parte superior de la sección encontramos 570 cm de limos en malas condiciones de afloramiento, ligeramente arenosos, en los que se intercalan niveles de alta concentración de óxidos de Fe y bioturbaciones, más frecuente hacia su base. Este subtramo está definido por una alternancia de niveles de 100-150 cm de limos carbonatados y cementados con otras facies de limos algo más arenosos y menos cementados, con predominio progresivo hacia techo de los tramos más cementados. Un nivelito de conchas de 30 cm de potencia define la base del subtramo. A techo de la sección se observan 80 cm de suelo actual.

Este afloramiento contiene relativamente pocos restos de vertebrados dado su gran extensión, pero la calidad de conservación en los que aparecen es muy alta. El único nivel con restos abundantes y concentrados, especialmente de cetáceos, se localiza unos 2 metros por debajo de las arenas sueltas. Se han localizado restos de quimera (Holocéfalos) en el tramo medio, así como restos de misticetos, delfines y un diente del odontoceto *Scaldicetus* (lado norte).

El estudio de la sección permite dividirla en 3 grandes tramos, uno inferior limoso-arcilloso de 0-10,5; uno intermedio más arenoso de 10,5 a 14,5 que termina en el nivel de acumulación de vertebrados que concuerda con la Arenas de Trigueros; y otro superior de 14,5 a 27 de nuevo limoso y más cementado, en el que puntualmente aparece entre 16 y 17,5 m el nivel de arenas blanquecinas sueltas.

Este nivel de arenas sueltas y bien seleccionadas recuerda casi a los depósitos dunares eólicos. Por tanto, alóctonos al medio. Su sedimentación debió ser muy rápida para que no pudiese ser colonizado. Se interpreta como el frente de un abanico submarino profundo que se internó en una superficie de plataforma externa. Podría tratarse del frente del nivel microconglomerático presente en la sección del Cruce de Trigueros.

Rico et al., (2005) llevaron a cabo un estudio micropaleontológico y de moluscos de esta misma sección, cuyos resultados permiten afinar más en la paleobatimetría. Según su estudio, los dos primeros tramos están dominados por un elevado porcentaje de foraminíferos planctónicos y moluscos epifaunales filtradores de hábitat profundo. En el primer tramo, la asociación *Neopicnodonte navicularis*, *Korobkovia oblonga* y *Amusiopecten koheni* refleja un contexto circalitoral inferior-batial que concuerda con la presencia de holocéfalos. La aparición de *Pecten revolutus* en el segundo tramo y un mayor porcentaje de esta especie y de *Amusium cristatum* muestra un circalitoral. Esta información se ve corroborada por las asociaciones de foraminíferos presentes. Un pico de abundancia de *Globoquadrina altispira*,

coincidente con el nivel de concentración de *N. navicularis*, apunta a que el nivel máximo de profundidad se alcanza en la parte media del primer tramo. El último tramo supone un cambio radical en las condiciones sedimentarias, pasando a ambientes más someros y de mayor energía. Esto se corrobora por la presencia de microfauna como *Ammonia*, *Nonion* y *Lobatula*, junto a una clara ausencia de elementos planctónicos. Los bivalvos también apuntan a este fenómeno de somerización, aunque parece haber un leve proceso de profundización a la mitad del tercer tramo que sigue posteriormente la tendencia somerizante general.

Gibraleón-Autovía

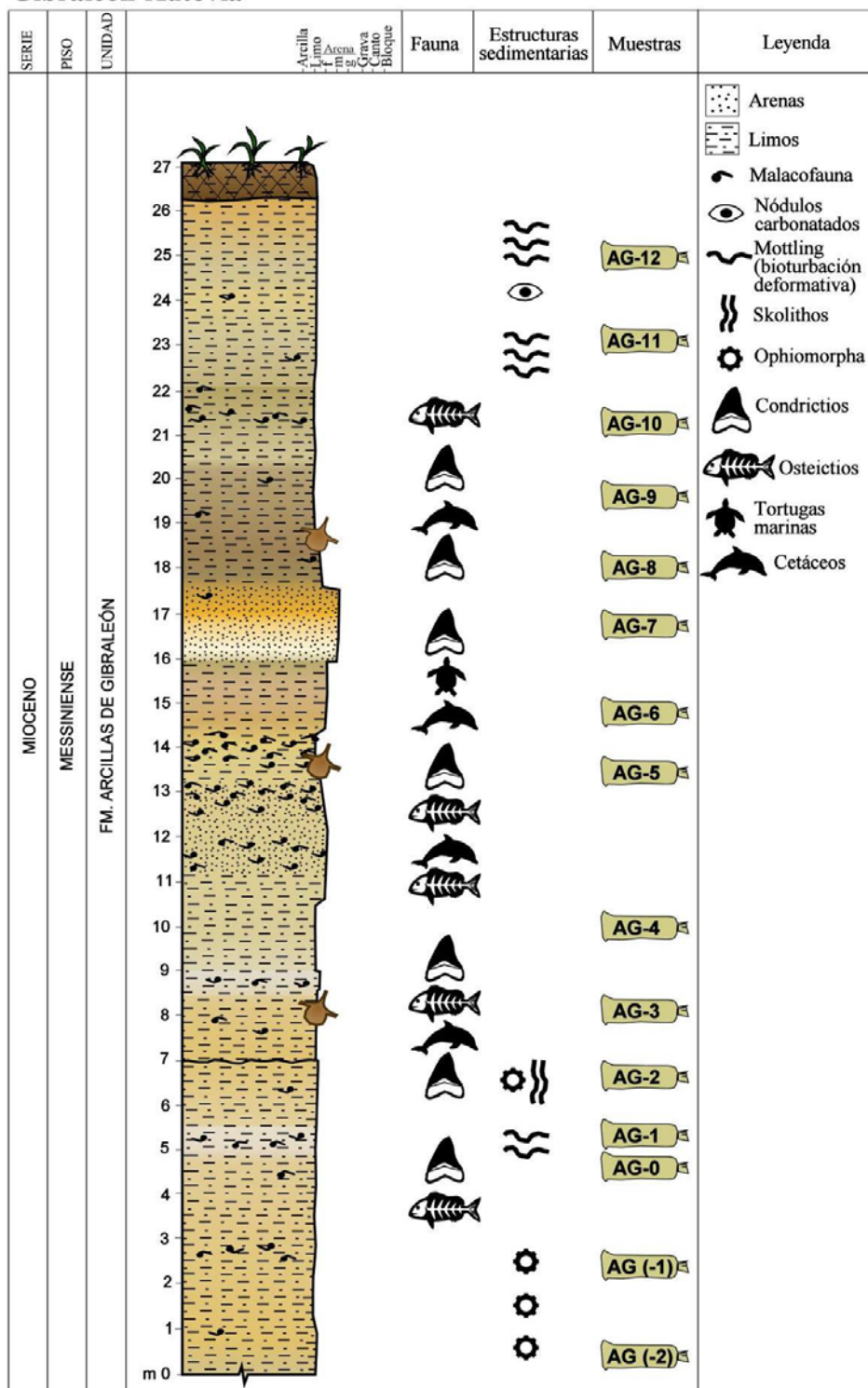


Figura 11: Columna estratigráfica de la sección Gibraleón-Autovía.

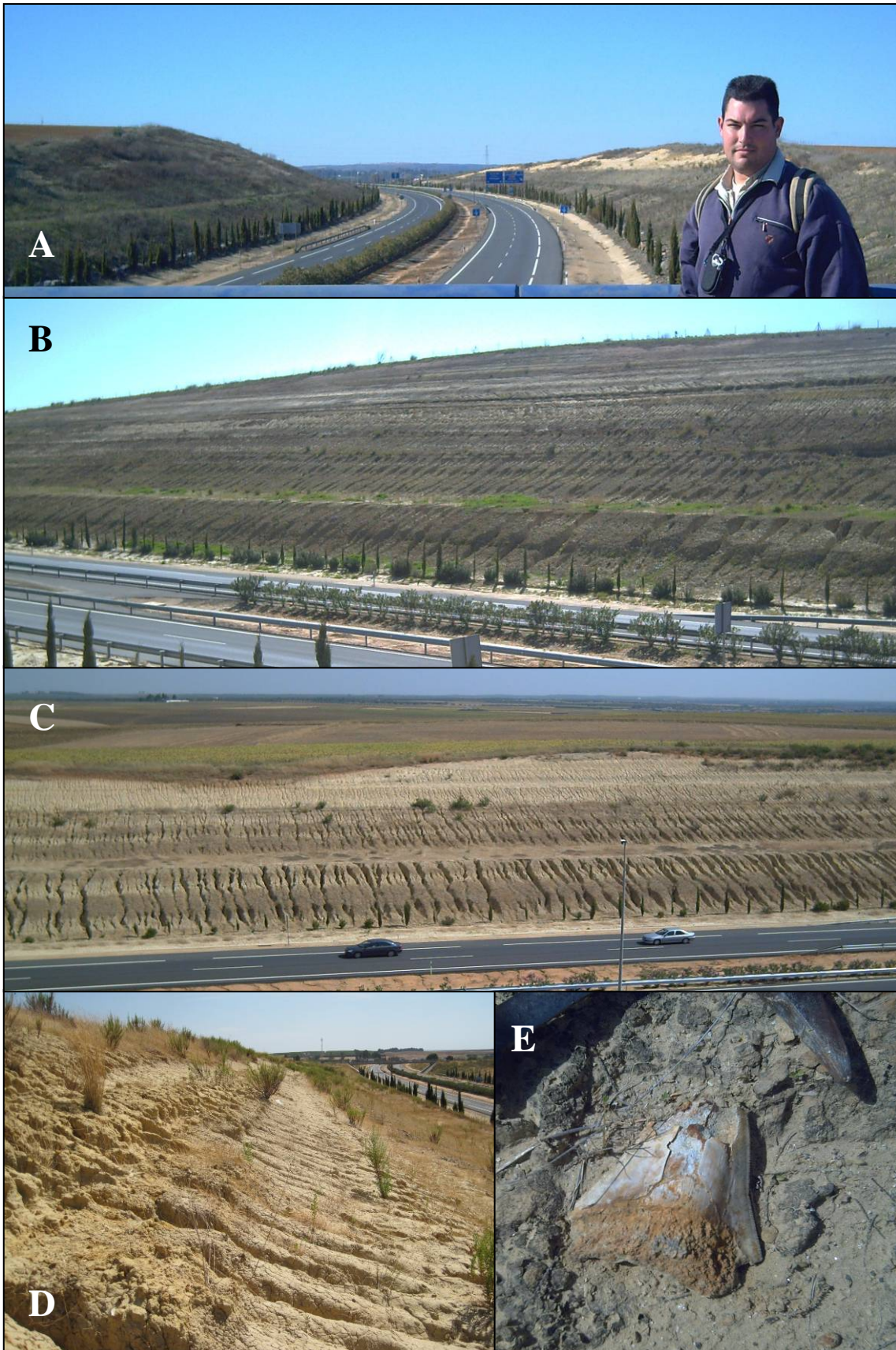


Figura 12: Vistas de la sección Gibralfaró-Autovía **A)** Vista general, **B)** Lado Sur, **C)** Lado Norte, **D)** Inclinación del terreno, **E)** *C. megalodon* sobre el nivel arenoso.

5.1.5-Sección Cruce de Trigueros:

Situación:

(Figura x): El corte se sitúa en el cruce de “Los Cuatro Caminos”, ubicado al suroeste de la localidad de Trigueros (Huelva), en la intersección entre la salida de la calle Pascuales hacia Gibraleón, y la carretera HU-3105. Coordenadas. UTM 29S 690850.92 m E: 4139690.79 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

En este punto afloran 7 metros de serie, formados principalmente por limos y arenas finas, dentro de los que se diferencian hasta 4 secuencias granocrecientes de escala métrica. Cada secuencia se inicia con un tramo de limos bioturbados por *Ophiomorpha*, con abundantes valvas articuladas de *Pecten revolutus*, *Amussiopecten koheni*, *Amussiopecten spinulosus* y *Amussium cristatum*, así como restos dispersos de vertebrados marinos (*Carcharocles megalodon*, *Cosmopolitodus hastalis*, *Carcharhinus obscurus*, *C. leucas*, *C. brachyurus*, *Carcharias acutissima*, *Sparus* sp., *Balaenoptera* sp.). Son frecuentes en él niveles de acumulación de valvas de moluscos sobre una suave superficie erosiva, en ocasiones acompañadas por grandes vértebras de cetáceos. Hacia techo cada secuencia experimenta un rápido incremento del tamaño de grano, formándose en su parte más alta otro tramo, de potencia variable, de arenas y/o (micro)-conglomerados con fragmentos de fauna dispersa. La muestra CT-7 fue recogida en el nivel con el sedimento más grueso. Estos paquetes son masivos o muestran una tenue granoclasificación normal. Las características de las facies descritas indican la llegada episódica y rápida de sedimentos a la plataforma marina abierta donde predominaba la sedimentación hemipelágica y tasas de acumulación bajas, probablemente mediante corrientes de turbidez.



Figura 13: Vistas de la sección Cruce de Trigueros A) Vista general y B) perfil de la sección con el nivel más grueso a mediana altura, C) *Pecten revolutus* y *Amussium cristatum*, D) disco intervertebral de cetáceo.

En los momentos de tranquilidad, el sustrato fangoso era colonizado por organismos endobentónicos, sobre todo crustáceos, mientras que en el fondo marino, ocasionalmente afectado por tormentas, eran abundantes los moluscos epibentónicos. La aparición de sedimentos siliciclásticos groseros en zonas profundas se interpreta como el registro, en zonas distales de la cuenca marina, de pulsos de avance de aparatos deltáicos localizados en el borde sur de la Meseta Ibérica, posiblemente sincrónicos a la rápida progradación de lóbulos turbidíticos que tiene lugar en la zona axial de la Cuenca del Guadalquivir como consecuencia de una regresión forzada durante el Messiniense. (Toscano et al., 2013). La edad de este evento, que se produjo hace 5,6 M.a., coincide estrechamente con la edad propuesta para el límite de los Ciclos Globales de tercer orden 3.3 y 3.4 de cambios del nivel del mar de Haq et al. (1987).

Cruce de Trigueros

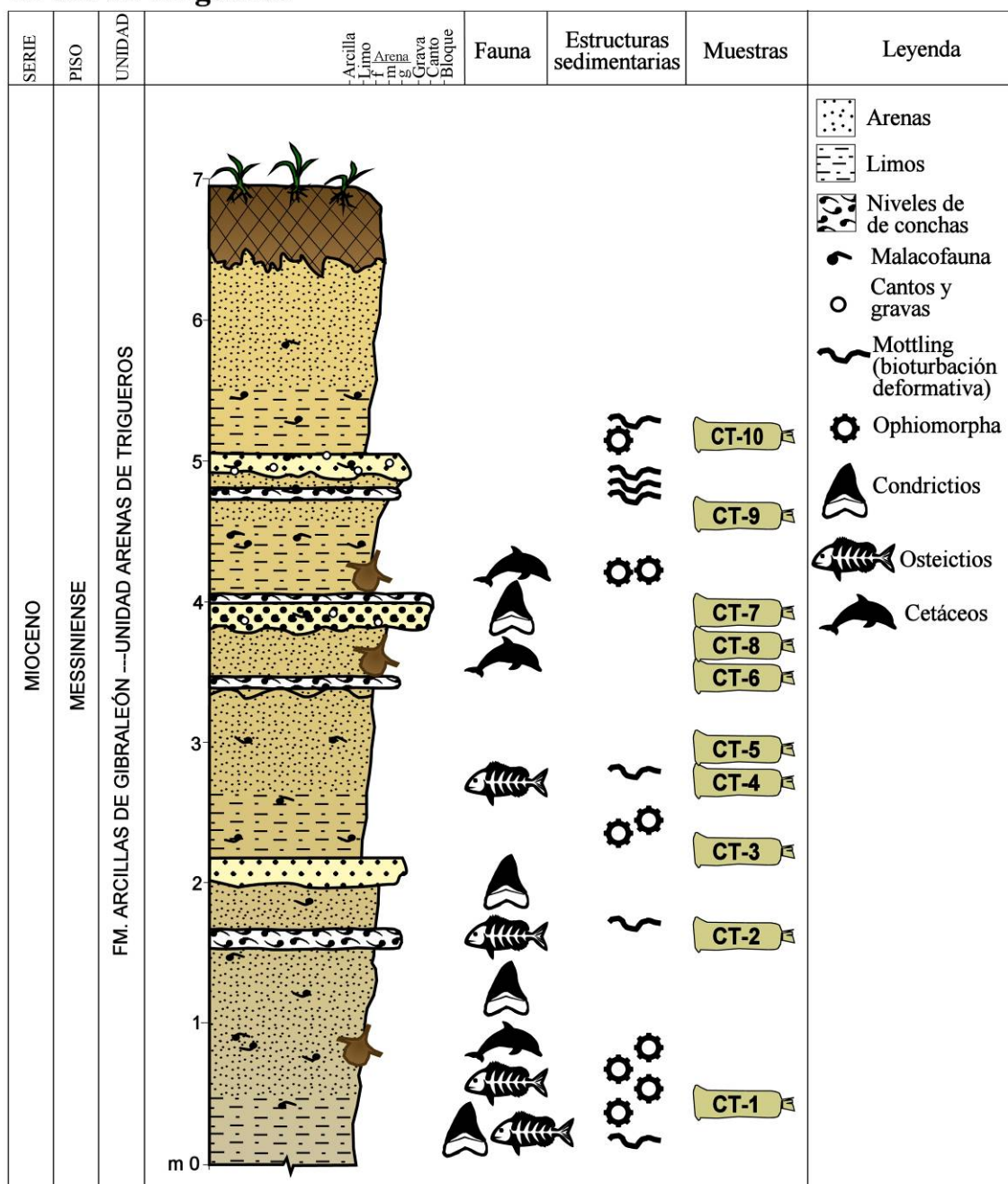


Figura 14: Columna estratigráfica de la sección Cruce de Trigueros.

5.1.6-Sección Bonares-Casa del Pino:

Situación:

(Figura x): Se localiza en la cuesta de subida a Bonares desde la Autovía del Quinto Centenario A-49, en ambos taludes de la carretera H-621. Un par de casas, una a cada lado de la carretera, y que antiguamente tenían un gran pino, de ahí su nombre, distinguen el lugar desde la lejanía. Coordenadas. UTM 29S 705873.26 m E: 4134332.68 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Esta sección abarca la parte superior de la Fm. Arcillas de Gibraleón, toda la Fm. Arenas de Huelva, y los primeros metros de la Fm. Arenas de Bonares. A muro de la sección, el muestreo se inició en la parte media-baja de la curva, en el margen Este a la altura de una señal de peligro curvas peligrosas hacia la derecha. En este punto afloran arcillas marrones de la Fm. Arcillas de Gibraleón. La muestra 2, se descartó por presentar contaminación por residuos de la construcción de la propia carretera. Unos 2,5 m en la vertical desde la muestra 1, se tomó la muestra 3, bajo una señal de recomendación de circular a 70, donde las arcillas continúan esta vez de forma limpia. En la muestra 4 encontramos el límite y contacto de ambas formaciones, apareciendo el nivel verdoso de glauconita de la Fm. Arenas de Huelva. Un poco más arriba aparece un primer nivel de acumulación de conchas dentro del nivel de glauconita. Por encima se alternan varios niveles de conchas e interniveles de limos y arenas, hasta alcanzar la parte alta de la curva y de la sección. Sobre el último nivel de conchas, donde se tomó la muestra BON-16, tenemos el contacto con la Fm. Arenas de Bonares, caracterizada por unas arenas medias anaranjadas con algún pequeño canto redondeado de cuarzo.

Este yacimiento presenta un excepcional contenido malacológico y microfaunístico. Son frecuentes las conchas de bivalvos (*Amussium cristatum*, *Ostrea edulis*, *Palliolum*, *Pecten*, *Chlamys*, *Lucinoma*, *Acanthocardia*, *Cardium*, *Corbula*,



Figura 15: Vistas de la sección Cruce de Trigueros A) Vista general y B) perfil de la sección con los niveles de conchas e interniveles, C) Contacto entre la Fm Arenas de Huelva y la Fm Arenas de Bonares, arriba, D) detalle de un nivel lumachelico.

Spisula), gasterópodos (*Hinia*, *Clavatula*, *Naticarius*, *Neverita*), escafópodos, radiolas de equinodermos y cirrípedos de varias especies y tamaños. Existe un predominio de los foraminíferos bentónicos *Nonion boueanum* y *Ammonia beccarii*. Los interniveles están fuertemente bioturbados.

En cuanto a vertebrados, los condricios y osteictios son más comunes en el nivel de glauconita y ligeramente por encima, al igual que los restos de cetáceos, con presencia de mysticetos y un diente y una vértebra de delfín. Es más frecuente encontrar condricios en los interniveles, mientras que en las lumaquelas, es más común encontrar otolitos bien conservados. La sección de Casa del Pino representa un nivel de condensación depositado en medios circalitorales (100 m) que va pasando a infralitorales externos y a infralitorales (30 m) en la zona alta de la Fm. Arenas de Huelva (González-Regalado et al., 2009; Toscano, 2010). En los momentos de tranquilidad se depositaron los interniveles, de sustrato limoso, mientras que los niveles lumaquéllicos se habrían formado por la acción de grandes tormentas (González-Delgado et al., 1995), que removerían el fondo marino, cayendo primero las conchas por su densidad y posteriormente depositarían los sedimentos más finos hasta volver a la situación de calma.

5.1.7-Sección Bonares-Ambulatorio:

Situación: (Figura x): Se localiza frente al Centro de Salud de Bonares, en la carretera de salida hacia Niebla H-621, entre el pueblo y el corte de La Casa del Pino. Coordenadas. UTM 29S 705788.50 m E: 4133839.17 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Esta sección de la Formación “Arenas de Huelva” se ha localizado clásicamente en una cantera de arenas frente a unas antiguas naveas y bodegas y la peña flamenca junto a la carretera. La cantera ha explotado los niveles superiores de arenas, exponiendo en el suelo del propio terraplén el nivel de glauconita.

Esta cantera abierta a la carretera era susceptible del vertido ilegal de escombros. Aprovechando las obras de acerado de ese lado de la carretera en agosto de 2010, se realizó un rebaje de unos 2 metros desde la carretera y se levantó un muro de 2,5 m. La parte de la cantera no se vio afectada por el rebaje, pero sí el terreno situado frente al Centro de Salud. Todo el material rebajado se extendió por el suelo del terraplén de la cantera. Este talud, en corte fresco ofrece un excelente punto de observación de los niveles inferiores de la Fm. Arenas de Huelva.

La sección, de unos 6,5 m de potencia, está constituida por un nivel de arenas limosas glauconíticas de unos 3 metros, con su mayor concentración entre 1 y 1,5 m desde la base. Contiene la mayor concentración de este mineral de toda la zona, dando al sedimento un tono verdoso oscuro. Dentro de este nivel hay pequeños niveles de concentración de conchas de *Amusium*, *Glycimeris* y sobre todo ostréidos. Los restos de condricios son muy abundantes, al igual que los de osteictios. Se han hallado varios peces o partes de ellos en conexión anatómica, aunque al extraerlos se han desmoronado. Esto indica un rápido enterramiento. Esta sección presenta una alta concentración de restos de cetáceos. Hay un esqueleto de ballena que ha sido expuesto, pero a la vez cortado durante las obras, que asoma unos 8 m paralelo a la pared y

situado a una altura de 1 m desde el suelo, en el nivel de máxima acumulación de glauconita.

Bonares - Casa del pino

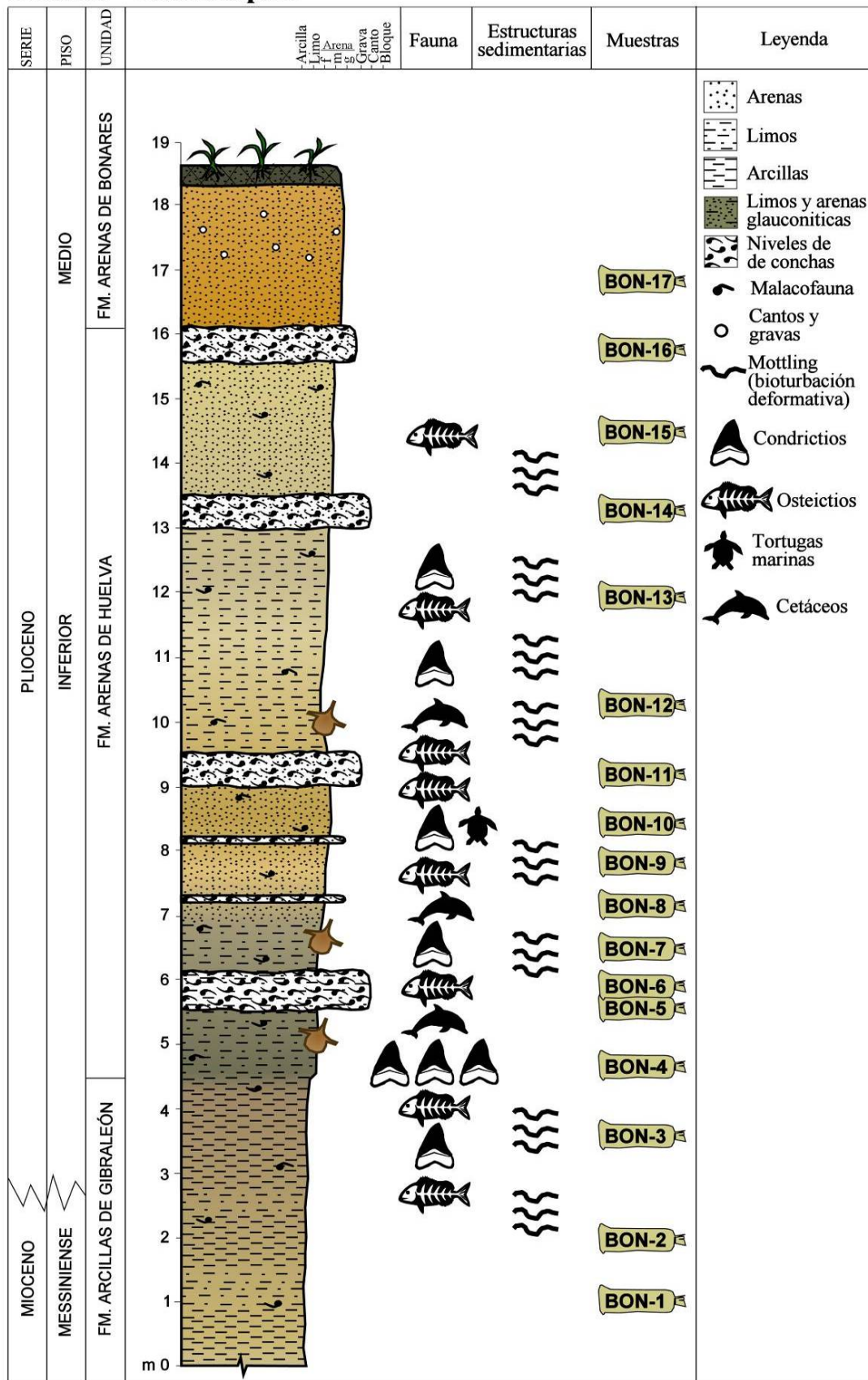


Figura 16: Columna estratigráfica de la sección Bonares- Casa del Pino.

Todo este material tan rico en fauna retirado en las obras ha quedado como capa superficial en la cantera anexa, y por lo tanto, limpiado por las lluvias, ha sido objeto de búsqueda de superficie aportando un gran número de ejemplares de vertebrados.

Hacia la mitad del tramo va desapareciendo la glauconita y aparecen unas arenas finas más amarillentas y varios niveles lumaquéricos de mayor potencia con abundantes moluscos y gasterópodos de tonos blanquecinos. Por encima de los 5 m de altura, el sedimento se vuelve más marrón y la fauna está muy disuelta. A techo, debido a la edafización, el sedimento adquiere tonos rojizos.

En la lateral, esta sección presenta cuerpos canaliformes de tamaño métrico. Estos canales erosionan al nivel de glauconita y los rellena con arenas limpias más pardas, con escasa fauna. En la vertical de estos canales, la filtración de las capas superiores también les da unos tonos más rojizos que los sedimentos contiguos. En los niveles superiores son escasos los restos de vertebrados.

Bonares - Ambulatorio

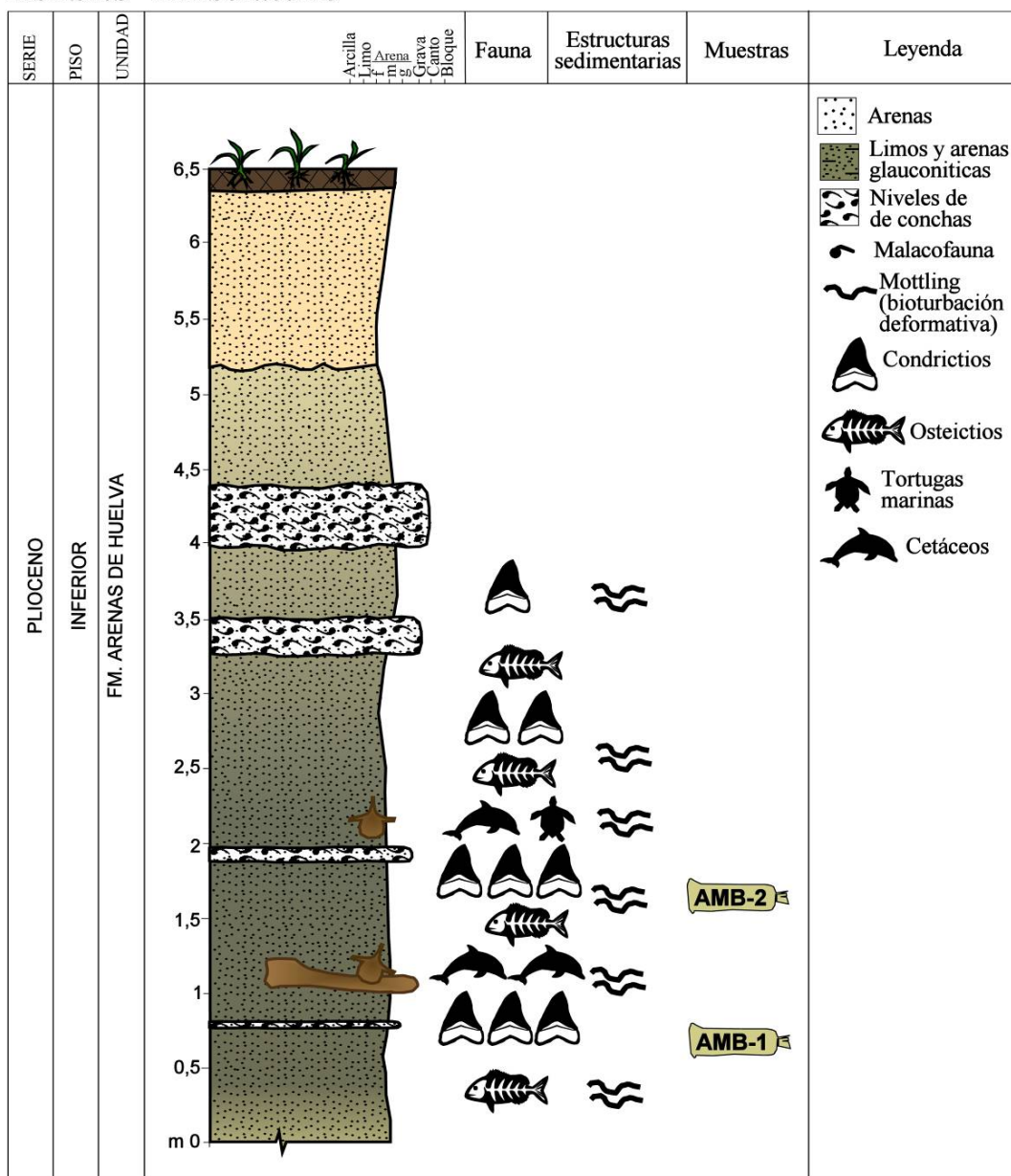


Figura 17: Columna estratigráfica de la sección Bonares- Ambulatorio.

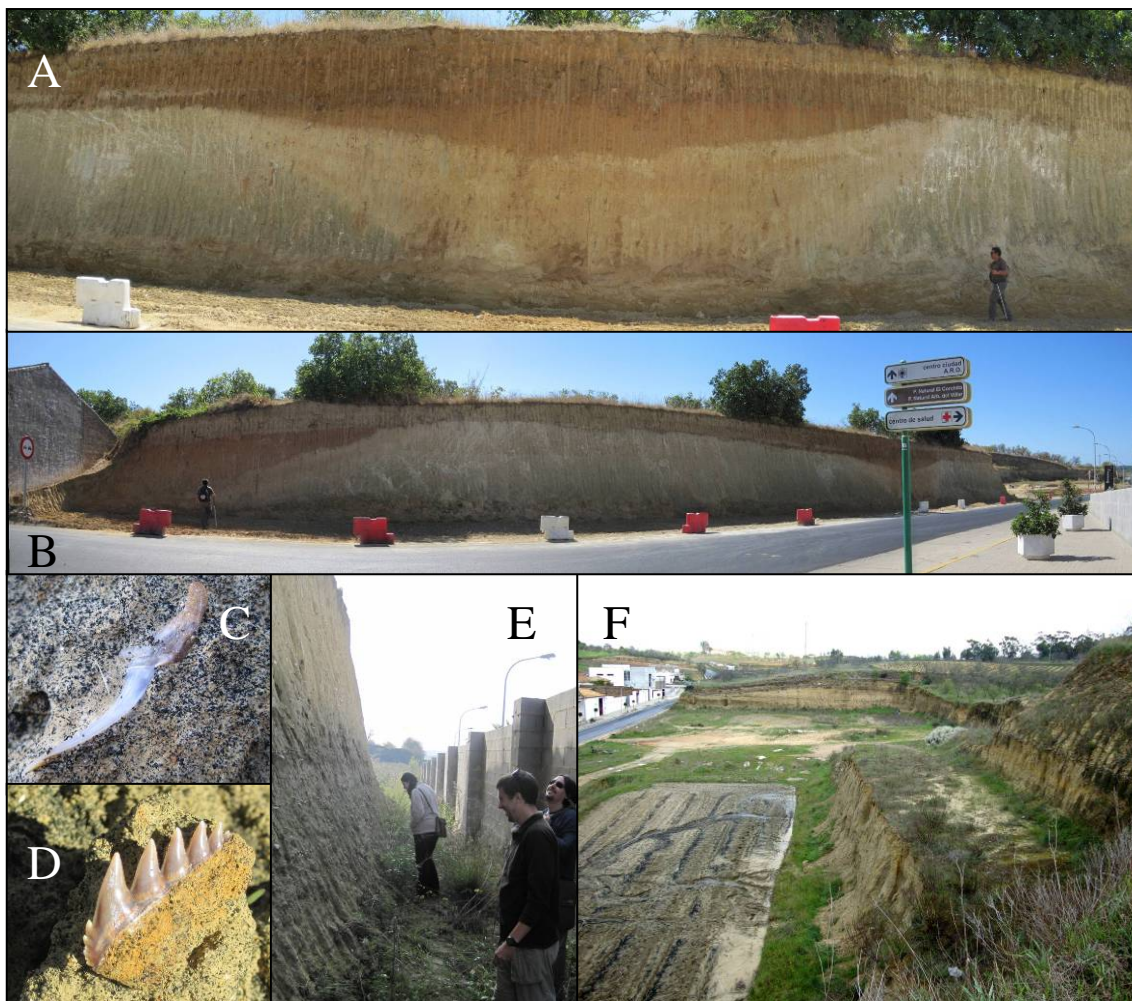


Figura 18: Vistas de la sección Bonares-Ambulatorio **A)**, **B)** Vistas generales mostrando el nivel de glauconita y los cuerpos canaliformes, **C)** *Carcharias acutissima* y, **D)** *Notorynchus primigenius*, **E)** perfil de la sección, **F)** Cantera anexa.

5.1.8-Sección Cartaya – Alfonsoeca:

Situación:

(Figura x): Se localiza en una cantera en un cabezo situado al sureste de la localidad de Cartaya, siguiendo el Camino de Alfonsoeca, en la Cañada de los Homos, poco antes de su confluencia con el Arroyo del Sorbijo o del Menajo. Coordenadas. UTM 29S 666518.21 m E: 4126456.14 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

En 2013, un agricultor local realizó un desmote de parte del cabezo para hacer un muro perimetral al huerto cercano para evitar inundaciones. Por fotografía aérea (imágenes históricas de Google Earth), puede apreciarse que aunque este gran desmote se realiza alrededor de 2012, hay movimiento de tierras a menor escala al menos desde 2004. Parece coincidir estratigráficamente con el afloramiento de Cartaya estudiado por Siervo (1985) y anteriormente por Viguier (1974). Tal vez estudiaran la pared exterior del cabezo. Los datos preliminares de microfauna lo enmarcan en el Messiniense (González-Regalado *pers. com*). (Siervo indica que el suyo es Tortoniense).

La potencia aflorante del corte es de unos 11-12 metros y pueden distinguirse tres tramos:

1º-Tramo azulado. En su base comienza con 1 metro de arcillas gris-azuladas, similares a las de la base de la Fm. Arcillas de Gibraleón en La Palma del Condado o en la base de la Cantera San Cristóbal de Niebla. En este nivel la macrofauna es escasa, con alguna valva dispersa de *Amussium* y escasos restos ictiológicos. Se encontraron dos fragmentos de pinza de crustáceos decápodos de gran tamaño, relacionados con el grupo de los cangrejos ermitaños (*Paguroidea*) (en estudio).

Cartaya Alfonsoca

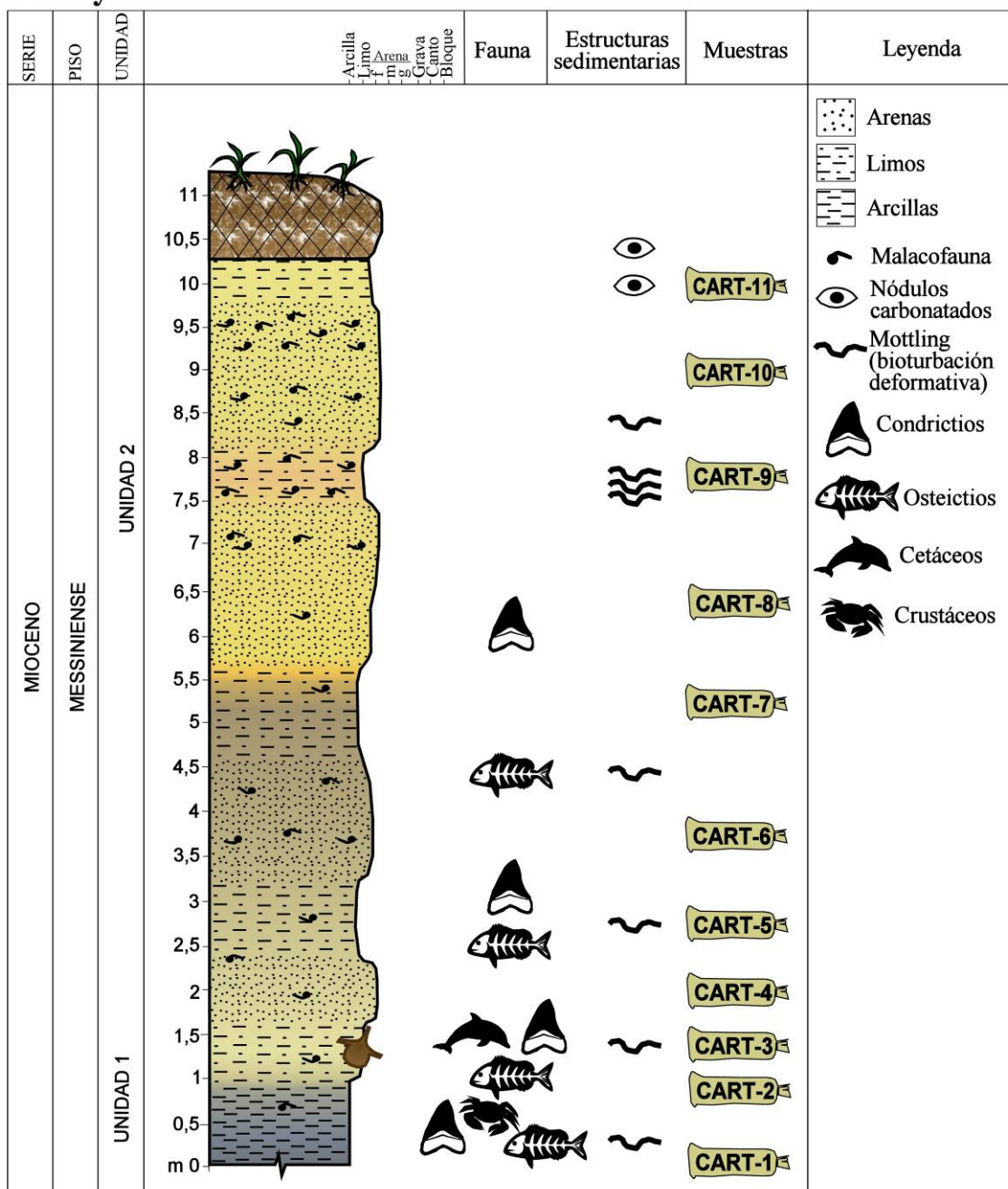


Figura 19: Columna estratigráfica de la sección Cartaya- Alfonsoca.

2º-Tramo marrón grisáceo. En un contacto rápido pero progresivo, sobre las arcillas aparecen unos 60 cm de limos pardos con *mottling* y muy ricos en fauna de vertebrados, pudiendo recogerse en el momento del muestreo un disco intervertebral de cetáceo y dos otolitos de osteíctios. Por encima dan paso a 70 cm de arenas limosas con bivalvos dispersos, sobre todo *Chlamys*. Continúa un nivel más compacto de limos arcillosos con *mottling*, con escasos *Amussium* en la parte superior. Siguen 110 cm de limos arenosos con moteado difuso. Sobre este nivel tenemos un tramo mal definido de unos 40 cm que dan paso a 100 cm de arcilla limosa de tomo marrón oscuro con restos de escafópodos, y con una superficie a techo de moteado naranja que la separa del siguiente nivel.

3º- Tramo amarillento. Comienza con 90 cm de arenas limosas con abundantes bioturbaciones laterales y con escasas valvas de *Amussium* y *Chlamys*. Encontramos entonces un nivel limoso que destaca por su moteado de un naranja fuerte que lo hace distintivo. Por encima aparecen 150 cm de arena limosa más amarillenta y muy rica en moluscos. En el nivel de limo arenoso superior aparecen pequeños nódulos carbonatados, y una vez ya a techo del afloramiento unos 100 cm de suelo alterado. El contenido ictiológico es abundante en la fracción micro, destacando el alto número de otolitos. Como se ha comentado arriba, un estudio micropaleontológico preliminar enmarca a esta sección en el Messiniense. Parece corresponderse con las Unidades 1 y 2 del sector Cartaya- Lepe aflorantes por ejemplo en la zona de la Torre del Catalán, cercana al puerto de El Terrón, Lepe (Muñiz, 1998).

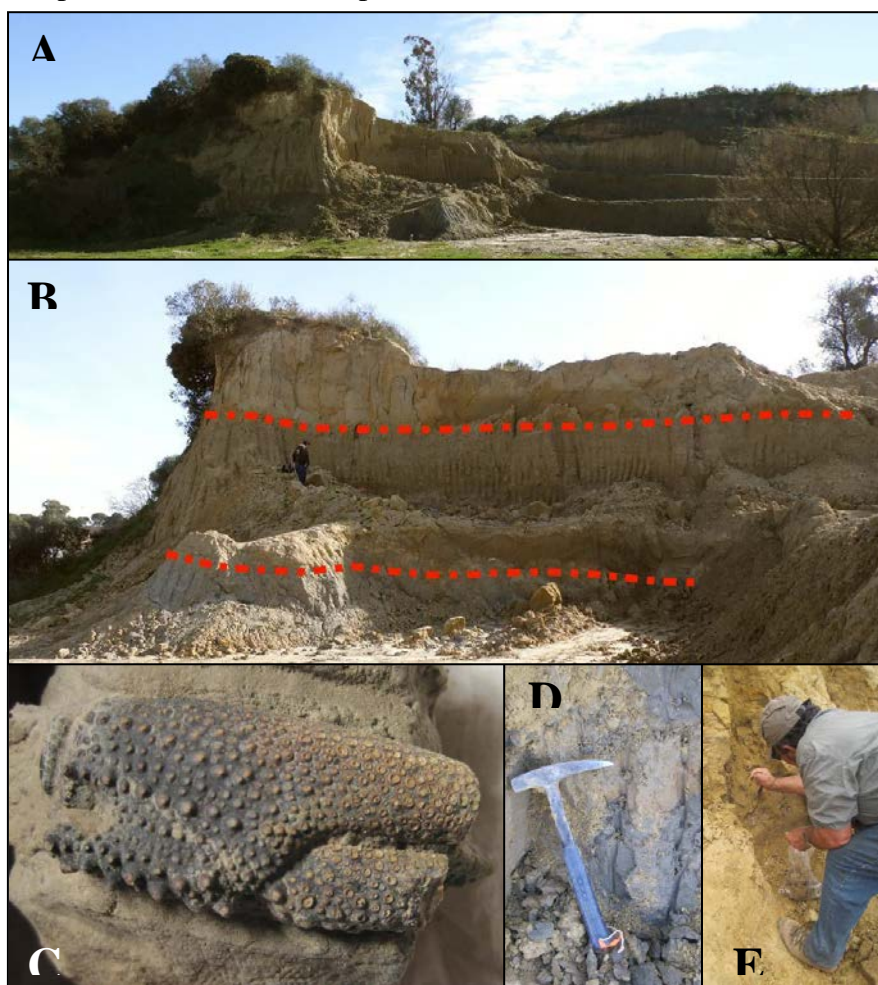


Figura 20: Vistas de la sección Cartaya-Alfonseca **A)** Vista general, **B)** situación aproximada de los tres tramos, **C)** Pinza de Paguroideo, **D)** Nivel de arcillas azules inferiores, **E)** labores de muestreo.

Un afloramiento cercano (no estudiado aquí, y al que también parecen referirse Viguiet (1974) y Sierró (1985)), junto al circuito de karts en la trinchera de la carretera Cartaya-El Rompido, y situado unos metros por encima de esta sección, muestra el característico nivel de grandes nódulos carbonatados propios de la Unidad 4 del sector. Sin embargo, y aunque pueden correlacionarse, las facies en la sección Cartaya-Alfonseca tienen un aspecto más marino y algo más fino que la sección de la Torre del Catalán. Posiblemente este yacimiento constituya el sector intermedio que correlacione los sectores clásicos de Huelva-Bonares, y los más occidentales de Cartaya-Lepe.

5.1.9-Sección Lepe – Carretera de El Terrón:

Situación:

(Figura x): Se localiza en la carretera HV-4126 (Lepe- Puerto de El Terrón), a unos 200 desde la última calle de Lepe que intersecta a esta carretera (Calle Artesanos). Se trata de un talud de unos 4 metros en el lado oeste de la carretera. Coordenadas. UTM 29S 659993.92 m E: 4123575.00 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

El muro de la sección se inicia con 50 cm de limos arenosos con escasas valvas de ostréidos, *Chlamys* y algún gasterópodo que dan paso a un nivel de unos 30 cm de potencia de arenas gruesas con grandes nódulos carbonatados blanquecinos que van desde los 5 cm a 15 cm de media, llegando incluso a revestir esqueletos de cetáceos, como el hallado y excavado a unos 170 m de este corte en el propio talud de la carretera (Fig. X C y D). Siguen 120 cm de arenas finas y unos 60 cm de limos más compactos y sin fauna. Una superficie erosiva da paso a otro pequeño nivel de 10 cm con nódulos carbonatados pero de menor tamaño que el inferior. El nivel superior está compuesto por arenas finas poco consolidadas y con escasa fauna. La muestra de este nivel se ha recogido desde el lateral del talud, a una mejor altura para la extracción. A techo termina con 50 cm de suelo alterado. Paleontológicamente a simple vista no es muy rico en ictiofauna, aunque en el nivel superior se han recogido buenos ejemplares incluidos dientes de *Cosmopolitodus hastalis* de gran tamaño. En muestras de microscopio, presenta una abundante ictiofauna, distinta a la de los sectores orientales. Aquí predominan formas de fondo como *Raja*, *Dasyatis* o *Rhinobatos*. Crono-estratigráficamente formaría parte de la Unidad local 4, que pertenece al Messiniense.

Lepe- Carretera de El Terrón

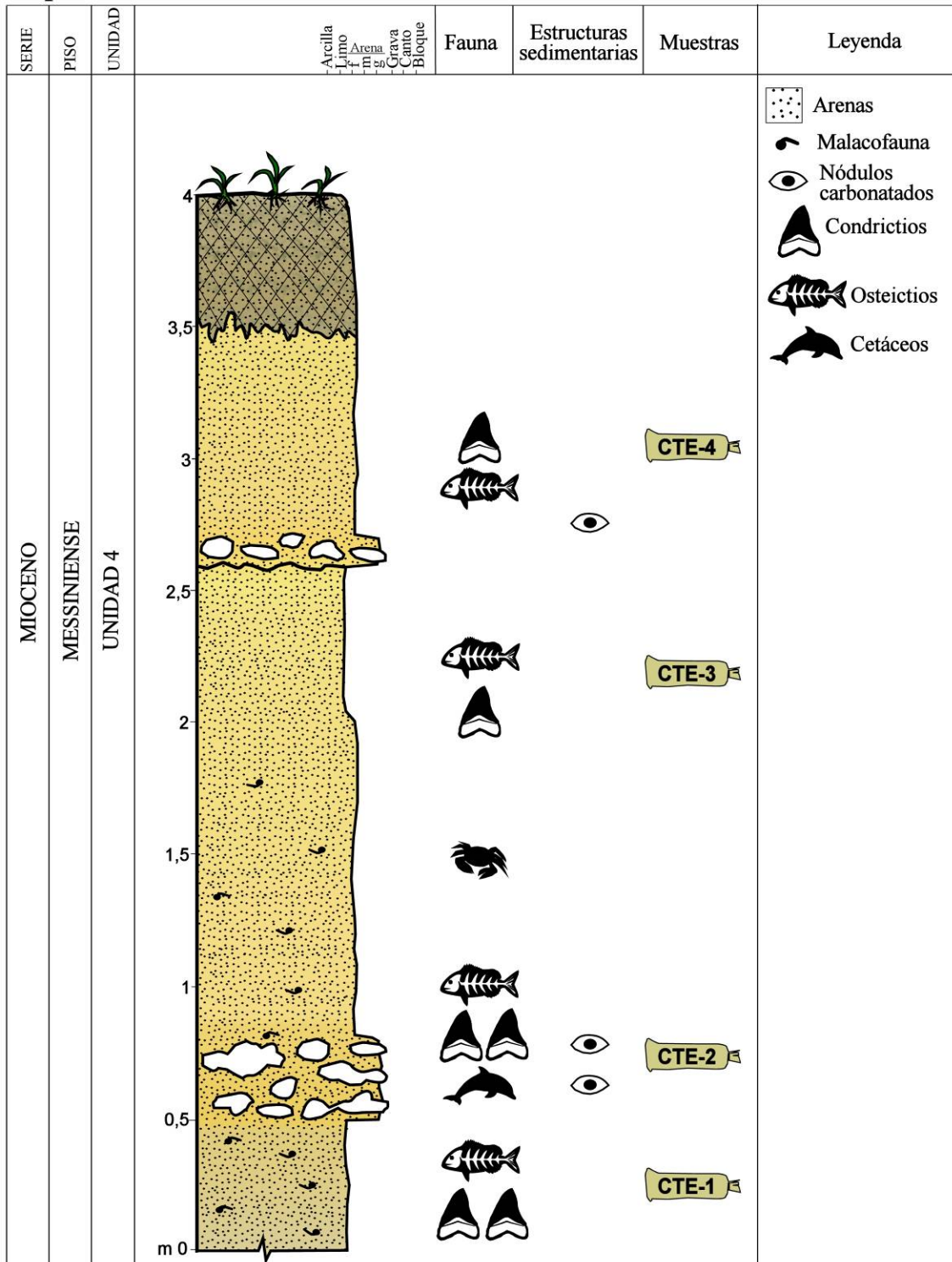


Figura 21: Columna estratigráfica de la sección Lepe- Carretera de El

Terrón. 5.1.10-Sección Lepe – Cooperativa La Bella:

Situación:

(Figura x): Se localiza en el talud Este junto a la nave industrial de la Cooperativa La Bella, al Este de la localidad de Lepe, saliendo del pueblo por la calle

Lucena del Puerto y accediendo al polígono a la altura de una pequeña gasolinera. Coordenadas. UTM 29S 658498.50 m E: 4124109.07 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Esta sección se caracteriza de muro a techo por un primer nivel de 50 cm de arenas finas a medias con una altísima concentración y variedad de malacofauna, con muchos fragmentos rotos pero con ejemplares pequeños en buen estado de conservación. Sobre este nivel lumaquéllico atribuible a tempestitas sedimentan unos 2 metros de arenas finas amarillentas, con fauna dispersa pero perfectamente conservada y en posición de vida, y articuladas p.e. *Tellina*, *Solen*, *Panopea*, y una altísima concentración de pinzas de crustáceos del género *Podocallichirus*. Hacia la mitad de este tramo aparece un pequeño nivel cementado de 5 cm con valvas y laminaciones negras de probable origen vegetal. La mitad superior del tramo presenta bioturbación abundante, entre ella *Gyrolithes*. Los restos de ictiofauna están presentes pero en bajo número. En superficie se recogieron dos dientes de *Carcharias acutissima*, uno de *Carcharhinus*, uno de *Myliobatis*, y un molar de espárido. Este tramo superior se depositó sobre los niveles de tempestitas cuando se estabilizó el medio. Pertenece a la Unidad 5, Messiniense.

Lepe- Coop. La Bella

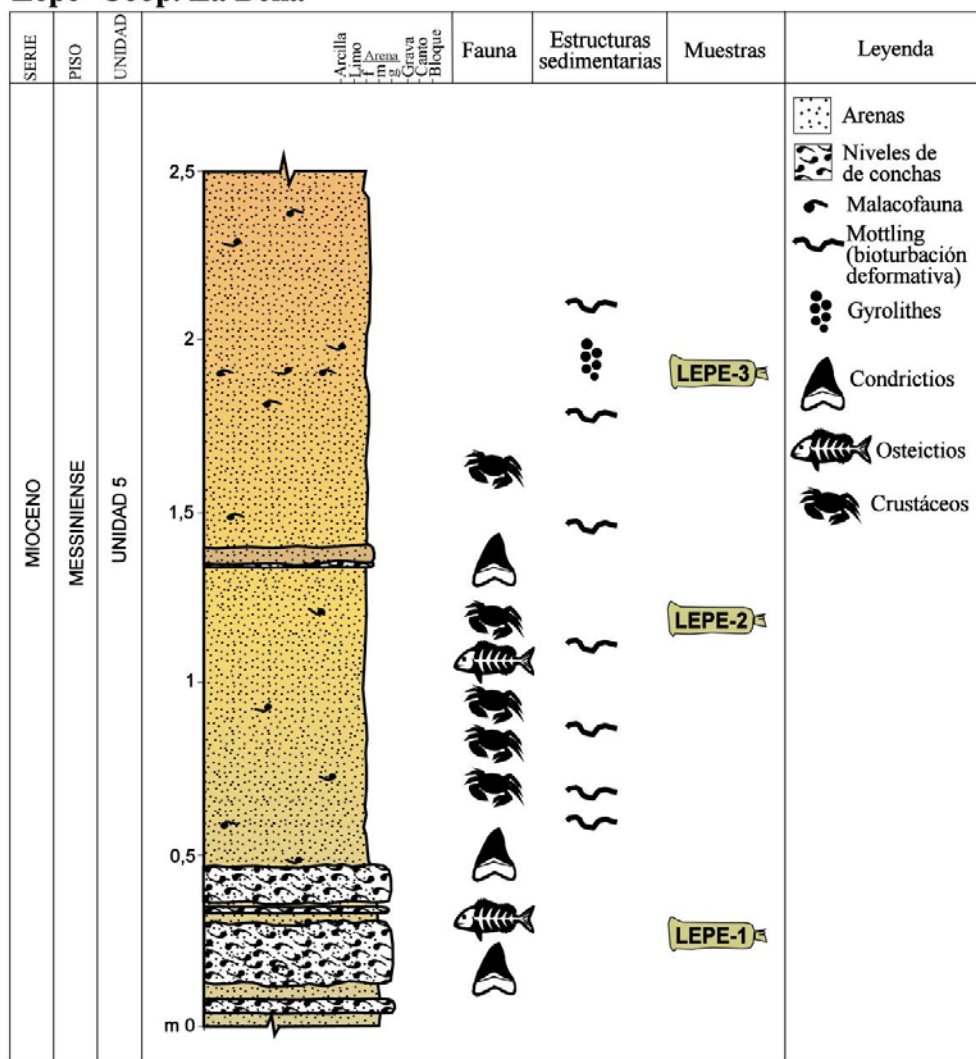


Figura 22: Columna estratigráfica de la sección Lepe- Cooperativa La Bella.

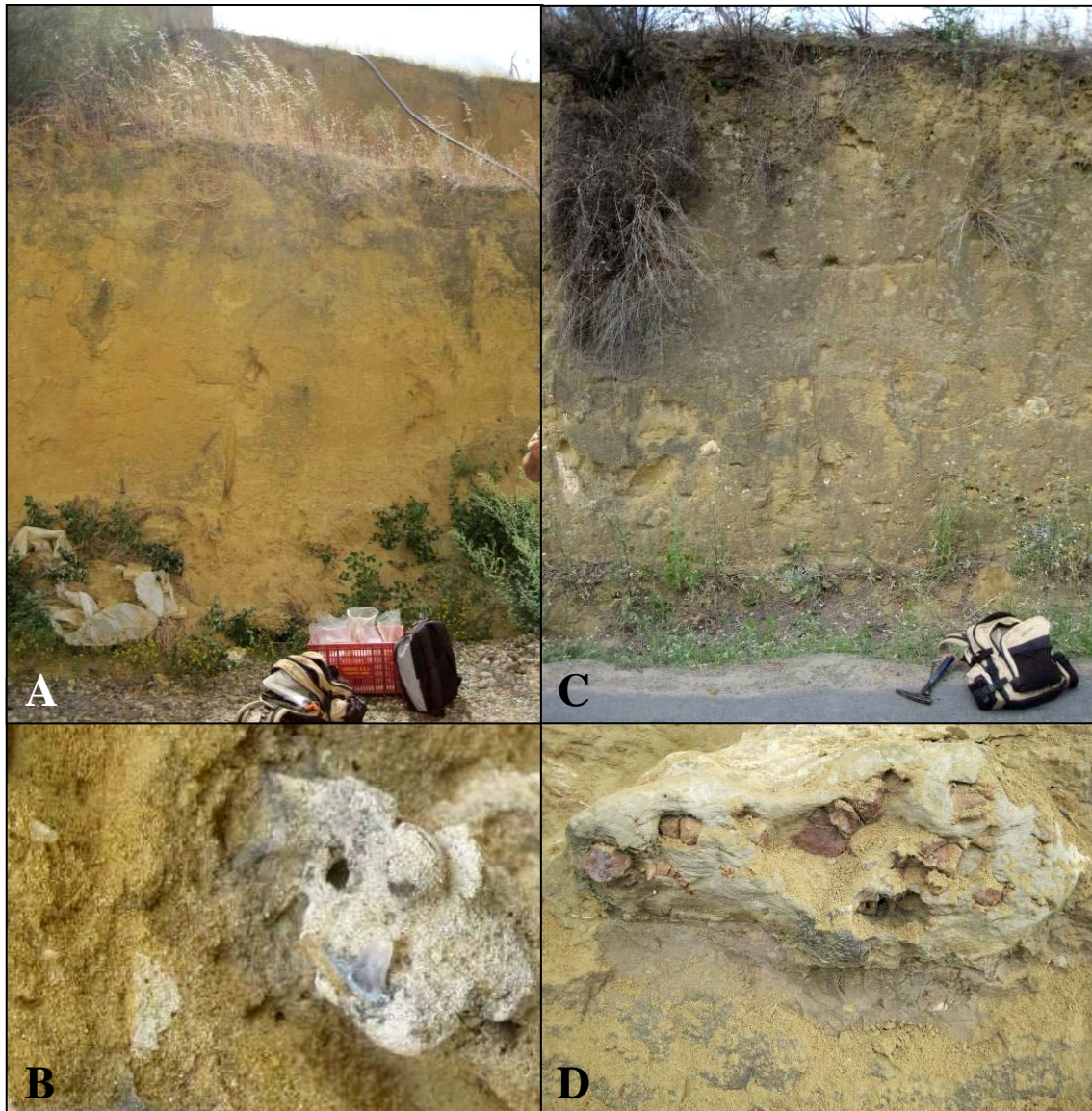


Figura 23: Vistas de la sección Lepe- Cooperativa La Bella **A)** Vista general, **B)** *Carcharhinus*; y sección Lepe- Carretera de El Terrón **C)** Vista general, **D)** Nivel de nódulos carbonatados envolviendo a huesos de cetáceos.

5.2-SECCIONES Y YACIMIENTOS DE MUESTREO SUPERFICIAL

En las secciones arriba descritas se ha realizado un muestreo sistemático para análisis micropaleontológico de vertebrados y a su vez un muestreo de superficie de restos de vertebrados marinos expuestos de forma natural. Además de estas secciones, se han prospectado otros muchos yacimientos y afloramientos ya sean *in situ*, o bien producto de movimientos de tierras, obras o dragados, controlando siempre la procedencia exacta de los sedimentos a fin de conocer su encuadre cronoestratigráfico. Se mencionan las que contenían restos de vertebrados marinos en cierta abundancia. Se indica la Formación a la que pertenecen con las siglas A.G. (Fm. Arcillas de Gibraleón), A.H. (Fm. Arenas de Huelva), A.B. (Fm. Arenas de Bonares), o las Unidades locales del sector occidental (1 a 10).

5.2.1-Sección Huelva – Plaza de Toros (A.G.- A.H.- A.B.):

Situación:

(Figura x): Se localiza en el cabezo posterior (al Este) a la Plaza de Toros de La Merced, en Huelva capital. Coordenadas. UTM 29S 681693.18 m E: 4126239.09 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Constituye la sección tipo para la Formación Arenas de Huelva descrita por Civis *et al*, 1987. Toda la formación está bien expuesta en los Cabezos del Conquero, en el margen Oeste de la ciudad de Huelva, con orientación N-S, paralelo al cauce del río Odiel. Debido a la proximidad de las edificaciones, y como medida de estabilización frente a derrumbes, a finales del siglo XX, se realizó un rebaje semicircular y escalonado del cabezo de la Plaza de Toros, con una serie de escalones de 2 a 2,5 metros de altura cada uno. Esto hace posible el acceso a los distintos niveles del afloramiento. Con el paso de los años la erosión ha ido resaltando de forma diferencial sus paredes, especialmente la zona Sur, más soleada al mirar al Oeste y más expuesta a la lluvia y vientos dominantes. La zona Norte, que por su curvatura da al Noroeste, hace que la zona sombría permita el crecimiento de musgo y verdín en las paredes, por lo que cuando llueve, sus paredes no se erosionan tanto. En la actualidad la vegetación se ha apoderado en gran medida de este afloramiento, que junto a grandes socavones ocultos en el suelo de las terrazas hace difícil y peligrosa su visita y estudio.

Esta sección tiene una potencia aproximada de 26 metros. A muro, la serie comienza con unos 4 metros de arcillas pardo-azuladas de la Fm. Arcillas de Gibraleón, tapados parcialmente en su mitad inferior debido a la vegetación, escombros de edificios adyacentes y por derrubios del propio cabezo. Además, la parte baja de todo el cabezo ha sido cubierta con gradas de malla metálica rellenas de grandes cantos de río para contener derrumbes y deslizamiento de ladera. No obstante, este tramo de arcillas puede verse en dos afloramientos cercanos. La parte baja, más arcillosa y plástica, de tono azulado, puede verse en un pequeño corte entre la falda del cabezo y las casas, cerca de su intersección con la calle Menéndez Pelayo, tras el campo de fútbol que hay bajo el bar-terrazza Mandala. Los dos metros superiores se aprecian perfectamente en la base de otro cabezo que sobresale de forma aguda unos 170 metros al norte del cabezo de la Plaza de toros siguiendo la calle Pérez Galdós. En este segundo afloramiento se observa claramente el límite superior de la Formación, que pasa mediante un contacto neto, a la Formación suprayacente, la Fm. Arenas de Huelva.

Los niveles inferiores de la Fm. Arenas de Huelva están constituidos por cuatro metros de limos pardos, con escasa fauna y muy bioturbados. En este nivel comienza a aparecer el característico nivel de glauconita, que se extiende unos 5-6 metros con su mayor concentración de este mineral en la zona central-inferior, al contrario que en el yacimiento de Bonares- Casa del Pino, donde el nivel de glauconita limita directamente con las arcillas inferiores.

Siguiendo hacia techo, la glauconita va desapareciendo y el material limoso toma una coloración pardo-amarillenta. Hacia techo de la sección, observamos limos y arenas finas más cementadas. La parte superior de este corte se torna más anaranjada, con fauna disuelta, más carbonatada y con pequeños niveles de arenas medias y algunos pequeños cantos silíceos y nódulos carbonatados. Estos niveles, los últimos 3-4 metros, pertenecen ya a la Fm. Arenas de Bonares. Aunque es difícil de apreciar de cerca, existe

un cambio muy gradual de una formación a otra, más fácil de distinguir desde la distancia por el cambio de tonalidad.

En cuanto a fauna, esta sección presenta un muy abundante contenido paleontológico en los niveles pertenecientes a la Fm. Arenas de Huelva. La malacofauna aparece dispersa en toda la sección, con niveles puntuales de acumulación atribuidos a episodios energéticos del tipo tormenta. Estos niveles lumaquéllicos de conchas blancas, algo peor conservadas que en otros yacimientos, presentan potencias de 10 a 50 cm, y son más abundantes en la zona media de la Fm. Arenas de Huelva. En los niveles inferiores predomina veneridae, y conforme ascendemos dan paso a *Glycymeris*, *Chlamys*, *Pecten*, Turritellas y natícidos, escafópodos, abundantes ostréidos y cirrípedos de gran tamaño. Se han encontrado también erizos regulares (*Pesammechinus astensis*) (Bajo Campos *et al.*, 2013) y crustáceos decápodos como cangrejos o bogavantes. Destaca la riqueza en vertebrados marinos, con abundantes restos de condriictios, osteíctios incluso en conexión anatómica como ocurre en la sección Bonares Ambulatorio, y restos óseos de cetáceos. En esta misma sección se localizaron dos cráneos del género Balaenoptera, uno completo a techo del escalón 4 (ya excavado (Muñiz *et al.*, 2006), y otro seccionado pero de mayor tamaño a techo del escalón 6. Como punto a destacar de esta sección, hay que señalar que se han encontrado los primeros restos de ave marina de la región, así como los primeros restos de pinnípedos, una pelvis en la Fm. Arenas de Huelva, y un húmero parcial en la Fm. Arcillas de Gibraleón.

Esta sección representa la columna neógena en Huelva capital, y por constituir la base sobre la que se asienta la ciudad, existen numerosas secciones y escombreras de estos materiales fruto de los movimientos de tierras para la construcción. Estos afloramientos serán referidos a niveles dentro de dicha sección tipo. Muchos de los puntos prospectados han sido temporales y ya no están accesibles o se ha construido sobre ellos.

5.2.2-Sección Cabezo de la Fábrica de Harina (A.G.-A.H.):

Situación:

(Figura x): Cabezos de El Conquero, Huelva. Intersección con calle Zaragoza. Coordenadas. UTM 29S 681693.18 m E: 4126239.09 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Otra sección escalonada pero de menor potencia, equivalente horizontal a la sección de la Plaza de Toros de Huelva, sin llegar a los niveles más altos.

Huelva - Cabezo de la Plaza de Toros

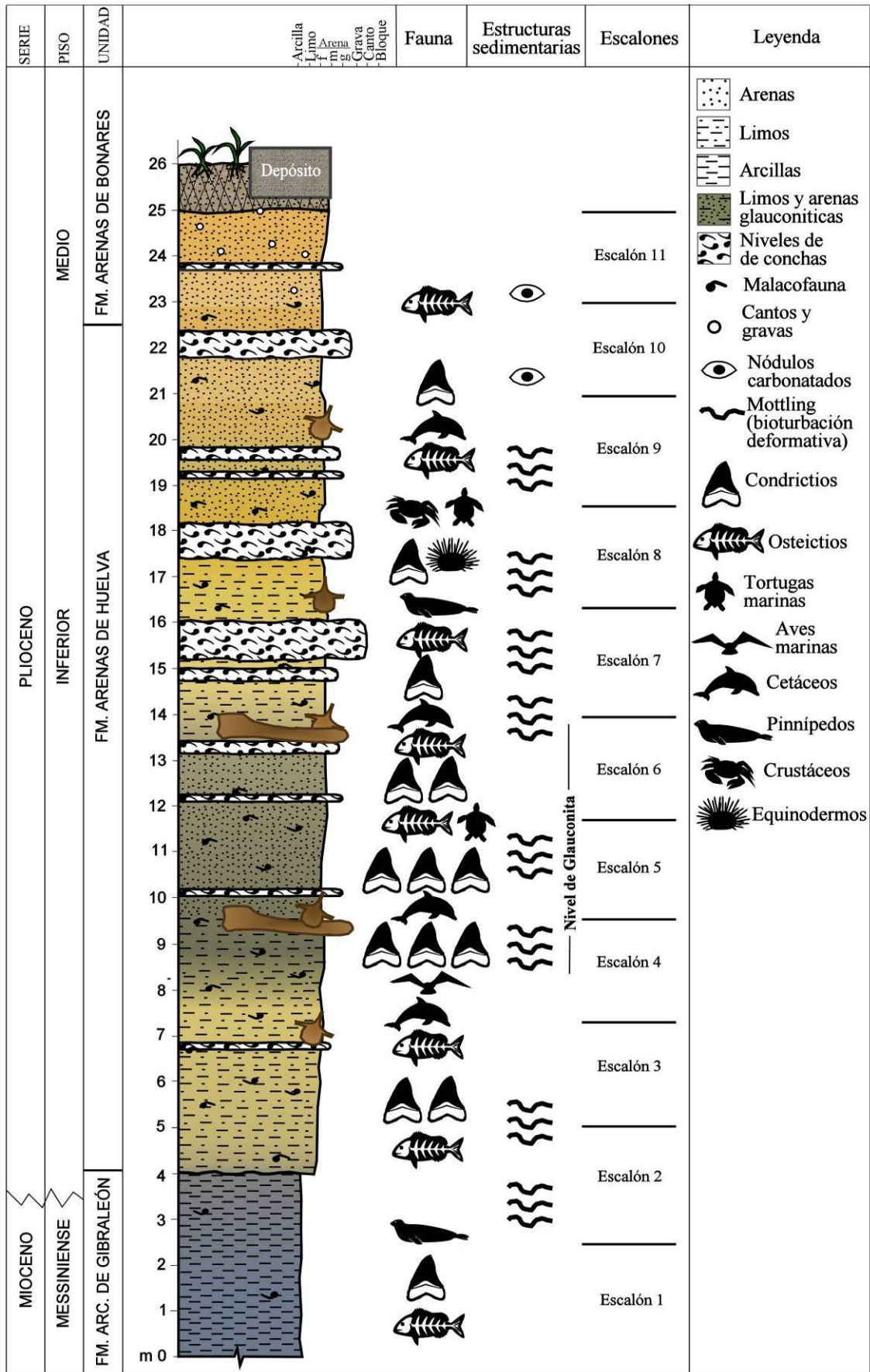


Figura 24: Columna estratigráfica de la sección Huelva- Cabezo de la Plaza de Toros.

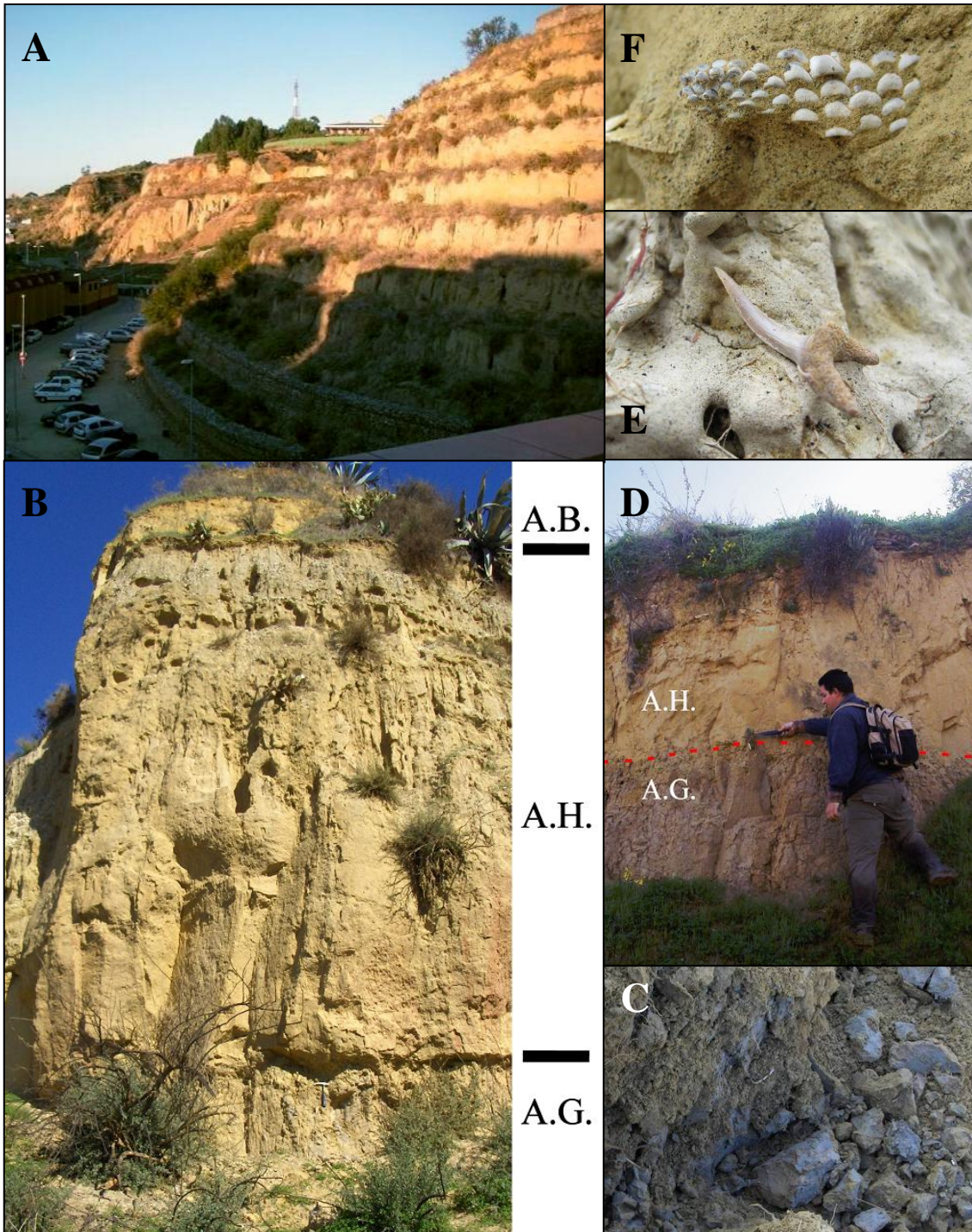


Figura 25: Vistas de la sección Huelva-Plaza de Toros **A)** Vista general, **B)** cabeza cercano mostrando las Formaciones y sus contactos, **C)** Nivel inferior de arcillas azuladas, **D)** Contacto neto entre la Fm. Arcillas de Gibraleón y la Fm. Arnas de Huelva, encima, **E)** *Carcharias acutissima* in situ, **F)** *Labrodon pavimentatum* in situ.

5.2.3-Yacimiento Marismas de Mendaña (A.H.) y Marismas del Rincón-Fosfoyesos (A.H.):

Situación:

(Figura x): Se localiza en las Marismas de Mendaña y El Rincón, en la periferia de las balsas de Fosfoyesos de Huelva, en el extrarradio de Huelva capital. También conocido como el yacimiento de los Burros, por ser una zona donde estos animales andan pastando. Coordenadas. UTM 29S 685457.36 m E: 4126217.26 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Toda esta zona de marisma se cubrió a finales del siglo XX, probablemente con los comienzos de la acumulación de los fosfoyesos y sus obras de acceso, con materiales de la Fm. Arenas de Huelva procedentes de algún desmonte de la ciudad. La capa de arenas ronda 1 metro de potencia sobre la marisma. En este afloramiento, no cubierto por la vegetación en unos 2200 m², se depositaron sedimentos del nivel glauconítico plioceno y sus arenas limosas asociadas. Presenta una gran proporción de dientes de seláceos, aunque una vez revisada la zona, hay que esperar a grandes lluvias para que aparezca algún resto más. Para su pequeña extensión, ha llegado a dar en una tarde de recolección más de 80 dientes, principalmente de *Cosmopolitodus*, *Carcharias* y *Carcharhinus*. Por desgracia, su escasa separación de la marisma y sus aguas convierten al terreno en muy salino, lo que altera la composición química de los dientes y hace que la dentina y esmalte se separen.

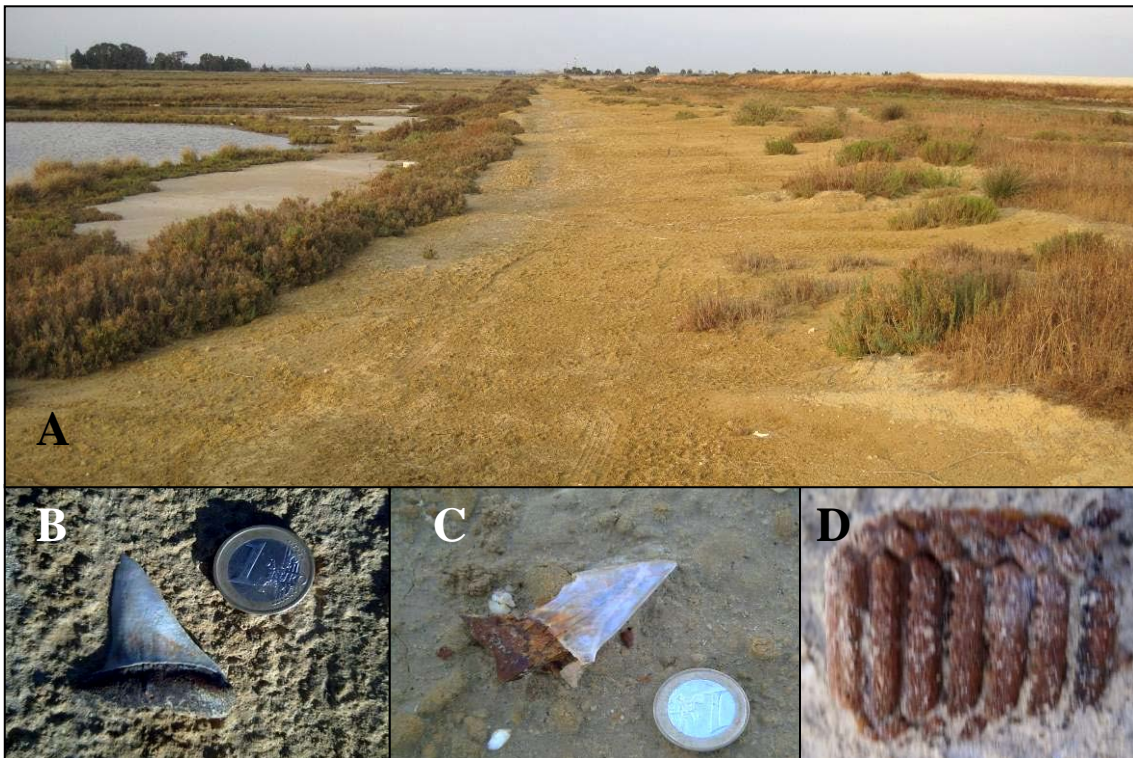


Figura 26: Vistas del yacimiento de Marismas de Mendaña A) Vista general, B) y C) *Cosmopolitodus hastalis*, D) *Myliobatis*.

5.2.4-Yacimiento Marismas de El Rincón-Vías (A.G.):

Situación:

(Figura x): Al sureste de Huelva capital, junto a las vías del ferrocarril Huelva-Sevilla. Coordenadas. UTM 29S 684402.17 m E: 4125470.06 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Se trata de sedimento extraído durante la excavación de un gran canal de desagüe, y cuyo material que iba siendo extraído era depositado a un lado del canal sobre la marisma para que la máquina pudiese ir avanzando. Una parte de los sedimentos extraídos pertenecen a la marisma actual, y otros a las arcillas azuladas de la parte superior de la Fm. Arcillas de Gibraleón, que constituye la base de la marisma. Ambos materiales se distinguen bien. La parte neógena visible son unos 500 m² llanos. Han aparecido condrictios y osteictios, y una mandíbula de quimera (Holocéfalos).

5.2.5-Yacimiento Marismas de El Polvorín Norte (A.H.) y Sur (A.G. y A.H.):

Situación:

(Figura x): Se localizan al sur y este de Huelva capital. La sur entre la barriada de Perez Cubillas y El Matadero, hoy cubierto de chalets adosados; y la norte entre Pérez cubillas y el Polígono La Esperanza, hoy polígono de El Polvorín, en el que se encuentra Media-market entre otros comercios. Coordenadas. Polvorín Norte UTM 29S 684000.19 m E: 4125604.22 m N WGS84. Polvorín Sur UTM 29S 683397.75 m E: 4125107.96 m N WGS84

Descripción de la Sección:

Estos yacimientos recogieron todo el sedimento del desmonte del Cabezo de la Joya o del Pino que se inició en 2001. En la zona norte depositaron los sedimentos medios y superiores de la Fm. Arenas de Huelva, y en la zona sur, los niveles inferiores de glauconita y una gran extensión de arcillas azuladas de la Fm. Arcillas de Gibraleón. Entre ambas zonas dejaron expuestas 22 hectáreas de sedimento rico en fauna de vertebrados. Por su composición el lado sur era más rico en ictiofauna, y el lado norte aportó más restos de cetáceos, aunque también buenos ejemplares de *C. hastalis* y un diente de *C. megalodon*. Fue tapado para construir pocos años después.

5.2.6-Yacimiento del Cabezo de la Casa Colón (A.G.)

Situación:

(Figura x): Se localiza en el cabezo posterior a la Casa Colón y el colegio SAFA Funcadia, en Huelva capital. Coordenadas. UTM 29S 682125.00 m E: 4125309.00 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Niveles de escasa superficie de exposición del techo de la Fm Arcillas de Gibraleón. Ha aportado abundante ictiofauna con su característica coloración negra.

5.2.7-Yacimiento de la Avenida de Cádiz (A.G.):

Situación:

(Figura x): Se localiza bajo el puente de la Avenida de Cádiz, en Huelva capital. Coordenadas. UTM 29S 682215.00 m E: 4124832.00 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

2,4 hectáreas de depósito de sedimentos variados, escombros de construcción y restos de dragado. Entre ellos un gran número de montículos de arcillas de la Fm arcillas de Gibraleón, probablemente procedentes de las obras de 2005 del aparcamiento subterráneo de la Casa Colón, a escasos cientos de metros. El puente ha sido derribado en parte y los terrenos modificados para las obras de la futura estación del Ave de Huelva.

5.2.8-Yacimiento Corrales Santa Clara 1 (A.H.), Santa Clara 2 (A.G. y A.H.)

Situación:

(Figura x): Se localizan en la riera oeste del Río Odiel, Al norte de la localidad de Corrales. Coordenadas. Corrales 1 UTM 29S 678302.01 m E: 4128302.00 m NWGS84. Corrales 2 UTM 29S 678223.78 m E: 4128664.02 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Corrales 1 está formado por una superficie de 1700 m² cubierta de montículos de 1,5 de altura aprox. Con sedimentos del nivel de glauconita de los cabezos de Huelva. Este material, al igual que el de Corrales 2, proviene de las excavaciones para construcción de la Barriada La Navidad, Marismas del Odiel y zona baja de los cabezos. Corrales 2 pertenece a un nivel inferior, los últimos metros de la Fm. Arcillas de Gibraleón, y de forma muy escasa incluye parte del nivel de glauconita plioceno y los limos inferiores. Ocupa una extensión de 10.000 m² y una altura de 5-7 m de sedimentos, aunque ha sido cubierto casi por completo por otros tres metros de un material cuaternario sin fauna. Debido a que los sedimentos pertenecen a niveles concentrados, especialmente en Corrales 1, y su amplia superficie de exposición a la lluvia y al muestreo, es uno de los yacimientos más ricos, habiéndose contabilizado más de 1200 restos de vertebrados marinos, en su mayor parte condrictios y osteictios, pero también cetáceos. Destaca la presencia de holocéfalos. De las 7 piezas recolectadas en este trabajo, 3 ejemplares provienen de las arcillas de Corrales 2, y 1 pieza del nivel de glauconita. También destacan los restos de tortugas marinas y vértebras de delfín.

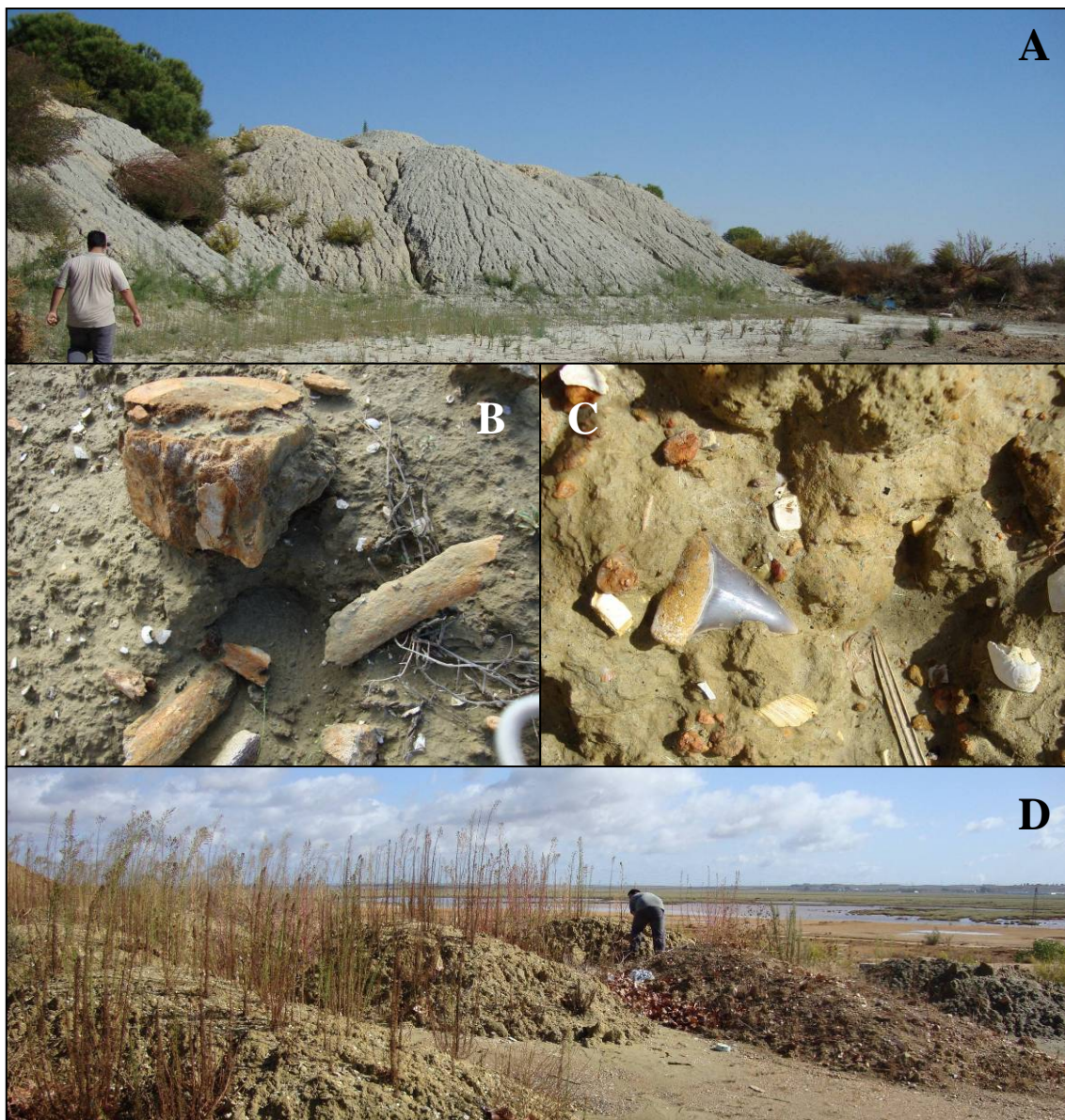


Figura 27: Vistas de los yacimientos de Corrales 2 **A)** Vista general; y Corrales 1 **B)** Vista general, **C)** Huesos de cetáceos, **D)** *Cosmopolitodus hastalis*.

5.2.9-Sección Cruce Aljaraque-Cartaya-Gibraleón (A.G.)

Situación:

(Figura x): Se localiza en la intersección de la carretera N-431, y su paso bajo la Autovía A-49, muy cerca de la intersección entre las carreteras que vienen de Aljaraque, Cartaya y Gibraleón. Coordenadas. UTM 29S 671335.83 m E: 4132589.61 m NWGS84.

Descripción de la Sección:

La sección consta de unos 7 m de potencia en dos niveles. Está compuesta por limos pardos de la Fm. Arcillas de Gibraleón, Messiniense. Es un afloramiento ausente de cualquier tipo de fauna, prácticamente solo algunos *Amussium*, algún fragmento

irreconocible de hueso de cetáceo, y un inesperado diente de *C. megalodon* completo en el nivel superior.



Figura 28: Vistas de la sección Cruce Aljaraque-Cartaya-Gibraleón A) Vista general marcando la localización del diente de B) y C) *Carcharocles megalodon*.

5.2.10-Sección Nuevo Portil (A.H.):

Situación:

(Figura x): Se localiza en la playa de El Portil (Nuevo Portil), desde la zona de El Caño de la Culata, la zona conocida como Chalet del Chamaco (Torero local) (Urbanización Portil Ca-c1) y hasta la Urbanización La Barra . Coordenadas. UTM 29S 672391.69 m E: 4119958.52 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

La acción del mar ha erosionado un nivel de arenas cementadas del plioceno, asignables a la Fm. Arenas de Huelva, que queda expuesta con la marea baja. Esta franja de unos 20 m, más intacta en la zona Este y más disgregada en la oeste, contiene moldes de gasterópodos y bivalvos y un elevado número de fragmentos de hueso de cetáceos, que aparecen englobados dentro de unos nódulos más silicificados. En la extensión del afloramiento han aparecido cientos de vértebras de gran tamaño y fragmentos de mandíbula y costillas, incluso existe un cráneo casi completo.

Actualmente el avance de la Flecha de Nueva Umbría ha desplazado la zona erosiva de la playa a un sector cercano a las viviendas, por lo que como medida de regeneración se ha aportado una gran cantidad de arena de dragado que ha tapado parte del yacimiento, y todo el nivel en la base de los acantilados arenosos tras la playa.

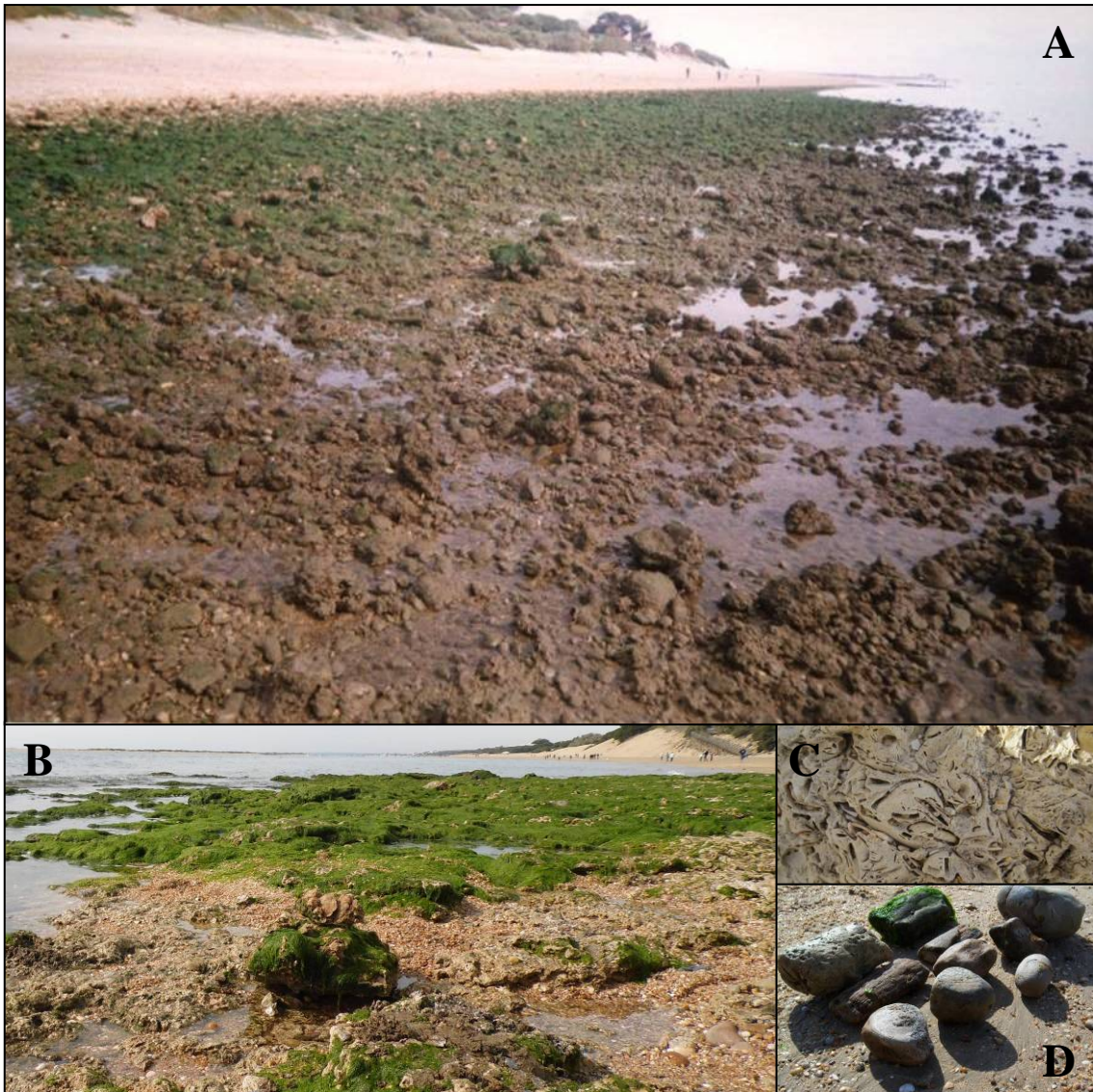


Figura 29: Vistas de la sección Nuevo Portil **A)** Vista general de la zona oeste, **B)** zona Este más cohesionada, **C)** moldes de moluscos en el sedimento carbonatado, **D)** vértebras y fragmentos mandibulares de cetáceos.

5.2.11-Sección Lepe-Valleforero (Nivel 5)

Situación:

(Figura x): Se localiza en la zona de los barrancos del Arroyo Valleforero, al Oeste de Lepe. Coordenadas. UTM 29S 657934.00 m E: 4124317.00 m N WGS84.

Descripción de la Sección:

Aunque su contenido en vertebrados fósiles es escaso, se nombra por ser escaso el número de secciones con este registro en la zona. En la parte baja de Valleforero, aflora bajo una torreta de electricidad el nivel lumaquélico que teníamos a 500 metros más al Este, en la sección de la Cooperativa la Bella. Aquí se han localizado 3 dientes de seláceos. Valle arriba, han sido localizados y excavados restos de cetáceos Balaenoptéridos y Cetotéridos.

PARTE 4:

PALEOZOOLOGIA

Capítulo 6:

SÍNTESIS PALEONTOLÓGICA Y ANTECEDENTES

CAPÍTULO 6: SÍNTESIS PALEONTOLÓGICA Y ANTECEDENTES

El patrimonio paleontológico de la zona de estudio es extraordinariamente valioso y diverso. Las grandes unidades geológicas son el registro de los sedimentos llegados hasta los antiguos océanos y contienen información sobre el pasado de la zona.

El excepcional registro fósil de estos materiales, y en especial de la Formación "Arenas de Huelva", era ya reconocido en el siglo XIX (ver una revisión histórica en Civis et al, 1987). La macrofauna está constituida básicamente por bivalvos (130-150 especies), gasterópodos (150-170 especies), escafópodos (10-15 especies), equinoideos (10-15 especies), osteíctios (30-40 especies) y condríctios (30-40 especies), con presencia esporádica de restos de cetáceos o sepioideos (Andrés, 1983; González Delgado, 1984; Ruiz et al, 1997). La microfauna es también muy abundante, con un amplio registro de foraminíferos bentónicos (González-Regalado, 1987), foraminíferos planctónicos (Sierro, 1984), nanoplancton calcáreo (Flores, 1985) y ostrácodos (Ruiz y González-Regalado, 1996).

Los estudios paleontológicos sobre el Neógeno superior del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir experimentaron un notable impulso entre 1980 y 1990, gracias a la realización de diversas Tesis y Tesinas por investigadores de las Universidades de Huelva, Salamanca y Sevilla. Estos trabajos establecieron las principales formaciones geológicas de la zona y analizaron el registro de moluscos (Andrés, 1982; González-Delgado, 1983), foraminíferos (Sierro, 1984; González-Regalado, 1987), nanoplancton calcáreo (Flores, 1985), polen (Valle y Peñalba, 1987) icnología (Muñiz, 1998) y aspectos generales de tafonomía y paleoecología (Mayoral, 1986). En muchos de ellos se citaba de forma anecdótica la presencia de osteíctios, condríctios y restos óseos de mamíferos marinos.

A partir de 1990, diversas investigaciones de la Universidad de Huelva han contribuido al conocimiento de las asociaciones de otros grupos faunísticos, así como a la reconstrucción paleogeográfica de la zona durante este periodo. Entre estos grupos, se incluyen los ostrácodos (Ruiz y González-Regalado, 1996; Ruiz et al., 2003), foraminíferos bentónicos (González-Regalado y Ruiz, 1996; González-Regalado et al., 2009) ó macroforaminíferos (Tosquella et al., 2001). En 1997 una revisión global del registro fósil del Neógeno Superior de la provincia de Huelva incluyó más de 600 especies, básicamente de moluscos, foraminíferos, ostrácodos y equinodermos (Ruiz et al., 1997).

Durante los últimos 10 años, se ha ampliado el ámbito de actuación a la definición de nuevas unidades stratigráficas (Pendón et al., 2004), el registro Mioceno de icnofósiles (Abad et al., 2008), la correlación de asociaciones de ostrácodos pliocenos en el sector atlántico europeo (Ruiz et al., 2008a) o el impacto de eventos de alta energía en las asociaciones de foraminíferos (González-Regalado et al., 2009).

En relación con los grupos objeto de este trabajo, el estudio de osteíctios, condríctios y mamíferos marinos de determinados niveles significativos de la zona comenzó a partir de 1995, con unos resultados preliminares esbozados entre 1996 y 1997 (Ruiz et al., 1996; Ruiz et al., 1997). A partir de 2000, comienza el desarrollo de una Tesis Doctoral sobre la distribución de estos dos grupos en diversas secciones de la Formación “Arenas de Huelva” (Plioceno Inferior), que culminó en 2008 con su lectura en la Universidad de Salamanca (García, 2008). No obstante, aún quedaban por determinar las asociaciones en el Mioceno superior, de las que se tenía constancia de su existencia por una prospección de campo previa, efectuada entre 2008 y 2009, así como por colecciones particulares. Una primera aproximación del autor se produce en 2009 con el estudio de otolitos de osteíctios de la Formación Arcillas de Gibraleón (Toscano et al., 2009). En los últimos años también se han realizado trabajos puntuales sobre estos grupos en revistas de menor difusión, como en Gil Fernández, J., u Ocaña (año desconocido).

Respecto a mamíferos marinos, los fósiles de ballenas barbadas han sido relativamente comunes en los depósitos siliciclásticos marinos del Mioceno-Plioceno alrededor del antiguo mar de Tetis, con informes de Grecia (Bartsiakos, 2000), Italia (Caretto, 1970), Eslovenia (Pavsic y Mikuz, 1996) y la región del Cáucaso (Pilleri, 1986; Mchedlidze, 1988). También se han documentado numerosos fósiles de mamíferos marinos (Odontoceti y Mysticeti) en depósitos sedimentarios neógenos de la región oriental del Océano Atlántico Norte, incluyendo Bélgica (Abel, 1905) y Portugal (Da Mata, 1962; Jonet, 1978).

La mayoría de los esqueletos de ballena hallados en las cuencas neógenas del sur de España están constituidos por especímenes incompletos y desarticulados parcial o totalmente y sólo unos pocos se muestran en gran medida completos y articulados (Sendra, 1997) (Esperante et al., 2009). En el sur de España, se han documentado fósiles de cetáceos en sedimentos siliciclásticos de tres cuencas neógenas: en el Guadalquivir (provincias de Huelva y Sevilla principalmente (por ejemplo, Mayoral, 1986); Bajo Segura (provincia de Alicante; por ejemplo, Sendra, 1997) y Vera (provincia de Almería; por ejemplo, Sendra et al., 1998).

La primera noticia sobre cetáceos fósiles en la provincia de Huelva data de 1669, en la que Fray Pedro de San Cecilio, cronista de la Orden de los Descalzos de N^a Señora de la Merced (San Cecilio F. P., 1669; Libro 3, cap. 2 ver. 7.) comenta los hallazgos de enormes huesos en los cabezos situados detrás del Convento de la Merced de Huelva, actuales Cabezo de la plaza de Toros y Campus universitario de la Merced, respectivamente. Sus palabras quedan reflejadas en Mora Negro y Garrocho, (1762; cap. 2, Págs. 18-21), donde además anuncia otros hallazgos de huesos de “Gigantes muertos en el Diluvio”. También cita a Fray Pedro, Manuel Climent (1867). Citas posteriores han sido Gonzalo y Tarín (1878) y Amador de Los Ríos, (1891; cap 2, Págs. 53-56). Desde entonces, breves informes del área describen cráneos aislados, vértebras, costillas y ocasionalmente unos pocos huesos conectados (Sendra et al., 1999).

Los frecuentes hallazgos y avisos de restos fósiles de cetáceos por parte de la población llevaron a la Junta de Andalucía a patrocinar, desde 2001, varias excavaciones, las cuales han sido documentadas y descritas en informes oficiales no publicados. Un resumen de 4 intervenciones se expone en Muñiz et al. (en prensa). Más recientemente, en 2009 Esperante et al., se centran en las características tafonómicas y

paleo-ambientales de estos fósiles de una mysticeto (ballena barbada) de las Arenas de Huelva, cerca de Bonares. En Muñiz et al. (2008 y 2009) se analizan marcas de carroñeo sobre restos de vertebrados. Finalmente, se han encontrado restos fósiles de foca (pinnípedos) en la Fm. Arenas de Huelva (Muñiz et al., 2008).

En cuanto a restos de aves sólo se ha citado en Muñiz et al. (2008) el húmero descrito en este trabajo. No existe ninguna publicación que trate la aparición de restos de Tortugas para esta zona y unidades geológicas, y es la primera vez que se cita la aparición de restos de quimeras.

Capítulo 7:

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

CAPÍTULO 7: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

- 1. Clase **CHONDRICHTHYES** Huxley, 1880
- Subclase **SUBTERBRANCHIALIA** Zangerl, 1979
- Superorden **Holocephali** Bonaparte, 1832
- Orden **Chimaeriformes** Obruchev, 1953
- Suborden **Chimeroidei** Patterson, 1965

Las quimeras son peces cartilaginosos marinos con placas dentales en continuo crecimiento en las mandíbulas superior e inferior (Didier, 1995). Los restos de chimaeroideos que suelen quedar preservados son placas dentales aisladas, espinas de la aleta dorsal, y muy raramente como especímenes completos. En ausencia de elementos óseos, las especies de chimaeroideos se diagnostican en base a las características de las placas dentales. Todos los chimaeroideos tienen seis placas dentales: dos pares de placas dentales en la parte superior (dos palatales y dos vomerales más pequeñas en el extremo de la boca) y un par en la parte inferior (mandibulares). La superficie oral (o cara de masticación) de las placas dentales es fácilmente identificable por su textura áspera, que parece estar plagada de áreas con pequeños poros. Estas zonas son regiones de tejido hipermineralizado, más endurecido, comúnmente llamados trituradores. De acuerdo a estudios genéticos (Inoue et al., 2010), los primeros holocéfalos aparecieron en el Silúrico medio, aunque su registro fósil es solo evidente a partir del Jurásico inferior (Ward y Duffin, 1989; Stahl 1999): el grupo alcanzó un pico de diversidad durante el Mesozoico y se redujo durante el Cenozoico, sobreviviendo hasta hoy tan solo seis géneros asignados a tres familias (Didier 1995).

- Superfamilia **Chimaeroidea** Didier, 1995
- Familia **Rhinochimaeridae** (Garman, 1901)
- Subfamilia **Harriottinae** Gill, 1898
- Género **Neoharriotta** Bigelow y Schroeder, 1953

***Neoharriotta* sp.**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Marismas del Rincón-Vías, Formación Arcillas de Gibraleón, Messiniense.

Material: 1 fragmento de una placa palatal.

Descripción: Es una pequeña placa incompleta, con un borde afilado y ondulado en su extremo. La superficie oral está repleta de pequeños trituradores de aspecto circular, dispuestos en líneas paralelas, desde el extremo a la base.

Discusión: Este tipo de trituradores circulares en gran número son característicos del género *Harriotta* y *Neoharriotta*, siendo el ejemplar más parecido a la de *Neoharriotta carri*, figurada en Bullis y Carpenter, (1996). La falta de material de comparación actual restringe la designación específica.

Biocronología: Mioceno sup- actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual *Neoharriotta pinnata*, vive en nuestras costas. Bati-demersal, a una profundidad de 150 - 500 m, usualmente entre 200 - 470 m. Habitan cerca de la parte inferior del talud superior. Se alimenta de cangrejos y peces demersales.

Familia **Chimaeridae** Bonaparte, 1831

Género *Chimaera* Linnaeus, 1758

Chimaera monstrosa Linnaeus, 1758

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos de Huelva-Marismas del Rincón-Vías y Corrales-Santa Clara 2, ambos de la Formación Arcillas de Gibraleón, Messiniense.

Material: 2 placas dentales inferiores (mandibulares).

Descripción: Las piezas son dos placas mandibulares. La placa es gruesa y trapezoidal o sub-romboidal. Es ancha, con la superficie sinfisal presentando un surco central. El borde de corte es afilado, y va desde la cara mandibular exterior hasta la zona apical, con un saliente en la línea de corte localizado en la posición del triturador principal. En la placa más pequeña de las encontradas, en el borde mesial, hacia la zona de la comisura y en el saliente aún más, se aprecian finas estructuras laminares. El triturador principal es grande y de forma ovalada ocupando una posición central y en orientación mesio-distal. La mitad mesial de la cara oral no está esmaltada, y se afila hacia el borde. En esta zona es más visible la estructura porosa del triturador. La mitad distal y la cara ventral están finamente cubiertas de un esmalte liso en el que se aprecian las líneas de crecimiento. En la cara basal se aprecia la zona porosa de unión a la mandíbula.

Biocronología: Mioceno sup. - actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Batidemersal a bentopelágica y oceanódroma. Vive en un rango de profundidad que va de 40 - 1000 m, generalmente entre 300 y 500 m de profundidad. Se encuentra en el talud continental superior. Se alimenta principalmente de invertebrados bentónicos. La espina dorsal única, es cortante, punzante y levemente venenosa.

Género *Hydrolagus* Gill, 1862

Hydrolagus cf. affinis (De Brito Capello, 1868)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Autovía de Gibraleón, Formación Arcillas de Gibraleón.

Material: 1 placa mandibular.

Descripción: Comparte muchos rasgos con *Chimaera*. Los dientes de *Hydrolagus* son de mucho mayor tamaño. La anchura del triturador es mayor, y la línea biselada-

esmaltada de la cara oral está más retrasada hacia la base. El saliente sobre el triturador en el borde de corte esta mucho menos marcado, y no presenta las estructuras laminares.

Discusión: Se comparó con imágenes de un ejemplar actual de *H. collei*. Este placa presenta una gran semejanza con la figurada por Agassiz, (1843, Vol. 3, Tab. 40, Fig. 20- 22) como *Chimaera townsendii* Buckland, 1835. Cvancara y Hoganson (1993) la reasignaron a *Ischyodus*, sin razón aparente y erróneamente a juicio del autor, ya que *Ischyodus* presenta múltiples trituradores. *C. townsendii* aparenta ser un ejemplar de *Hydrolagus*.

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad.

Distribución biogeográfica y hábitat: Batidemersal y epibentónica. Habita el talud continental y las llanuras oceánicas profundas, desde los 300 hasta los más de 3000 m a lo largo de la dorsal Atlántica. Se alimenta de pequeños peces e invertebrados.

Familia **Callorhinchidae** Garman, 1901

Género *Ischyodus* Egerton, 1843

Ischyodus sp.
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimiento de Corrales-Santa Clara 2, Formación Arcillas de Gibraleón, Messiniense.

Material: 1 placa palatal.

Descripción: Es una placa palatal estrecha y puntiaguda. Posee 4 trituradores. Uno grande y ovoidal en la parte posterior de la zona sinfusal. Uno fino delante de este. Un triturador fino y alargado en el centro y junto al grande; y uno muy alargado que ocupa casi todo el borde exterior. La cara ventral en convexa, pero presenta un surco medio muy profundo, salvo en la mitad apical.

Discusión: Esta configuración de trituradores no aparece en las especies actuales, siendo más similar al género *Ischyodus*. Este ejemplar se parece mucho a la placa palatal de *Ischyodus bifurcatus* sp. nov. del Cretácico sup. figurado en Case (1978, Fig. 3). Según el árbol cronológico de los holocéfalos que presenta Dean (1906, Fig. 114), *Ischyodus* alcanza el Mioceno medio, pero en los estratos pliocénicos de Australia aparece *Ischyodus dolloi* Leriche, 1902. (Ward y Grande, 1991; Fitzgerald 2004 y 2005). Este ejemplar en el Mioceno superior podría ser parte de este género.

Biocronología: Mioceno sup.

Distribución biogeográfica y hábitat: Desconocida por ser un género extinto.

Subfamilia **Edaphodontinae** Stahl, 1999

Género *Edaphodon* Buckland, 1838

Edaphodon pliogenicus Carraroli, 1897
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Corrales-Santa Clara 2, Formación Arcillas de Gibraleón, Messiniense.

Material: 2 fragmentos de placas mandibulares y un fragmento de espina de la aleta dorsal.

Descripción: Palatal: Es un fragmento cercano al extremo basal o distal. Presenta dos grandes trituradores a los lados de la cara oral, y uno pequeño y más retrasado entre ambos. La placa es muy gruesa, y presenta una cara sinfisal amplia y plana.

- Fragmento medio de una espina de la aleta dorsal. Está comprimida lateralmente, con una sección sub-oval y algo más estrecha hacia la punta. Su borde anterior es afilado, y el posterior presenta 2 hileras paralelas de denticillos apuntando hacia la base. Estos recuerdan a los agujones de batoideos pero con las dos hileras en el mismo lado. Entre ambas filas de denticillos se crea un surco central. La superficie de la espina muestra surcos longitudinales muy finos.

Discusión: Esta configuración de trituradores no aparece en las especies actuales, siendo más similar al género *Edaphodon*, más grueso que *Ischyodus*. Este ejemplar se parece mucho a la placa palatal de *Edaphodon minor* sp. nov. del Eoceno inf. figurado en Ward (1973, Pág. 325). Según el árbol cronológico de los holocéfalos que presenta Dean (1906, Fig. 114), *Edaphodon* alcanza la base del Mioceno, pero se han hallado ejemplares de *Edaphodon* en el Mio-Plioceno; *Edaphodon antwerpiensis* Leriche 1926 en el Mioceno Belga y *Edaphodon pliogenicus* Carraroli, 1897 en el Plioceno Italiano. El ejemplar estudiado guarda una gran semejanza con esta última especie.

Biocronología: Mioceno sup.

Distribución biogeográfica y hábitat: Desconocida por ser un género extinto.

Subclase **ELASMOBRANCHII** Bonaparte, 1838
Cohorte **Euselachii** Hay, 1902
Subcohorte **Neoselachii** Compagno, 1977
Superorden **Squalomorphii** Compagno, 1973
Orden **Hexanchiformes** Buen, 1926
Suborden **Hexanchoidei** Garman, 1913
Familia **Hexanchidae** Gray, 1851
Género **Notorynchus** (Ayres, 1855)

Notorynchus primigenius (Agassiz, 1843)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 97 dientes.

Descripción: En *Notorynchus*, la dentición exhibe un fuerte conjunto de heterodoncias:

- Dignática: Diferencias entre los dientes de la mandíbula superior e inferior.
- Monognática. Diferencias entre los dientes de una misma mandíbula
- Dimorfismo sexual

La hemimandíbula superior.

- 1 fila **parasinfisal**: En la zona de unión entre las dos hemimandíbulas (sínfisis). Estos dientes pertenecen a una de las dos hemimandíbulas (al contrario que los sinfisarios). Sólo una de las dos lo desarrolla y esta fila dentaria se posiciona en la zona de unión. Tiene una única cúspide o cono principal (acrocono) que está comprimido mesio-distalmente, agudo y recto, y que tiene una raíz alta y gruesa de forma cuadrada.
- En cada hemimandíbula superior le siguen:
- 1 fila **anterior**. Diente parecido al parasinfisal, pero mayor, con una cúspide algo inclinada hacia la comisura de la boca. La corona suele estar un poco curvada hacia la cara lingual. A veces tienen un par de pequeñas cúspides en su base. En individuos grandes, el borde cortante a menudo desaparece en la base de la cúspide, en el lado distal.
 - 6-7 filas **laterales**. Los dientes laterales poseen un acrocono grande y una serie de conos secundarios que van aumentando en número hacia la parte distal. Así en el primer lateral aparece un cono secundario y otro incipiente, en el segundo aparecen 2 y otro incipiente, etc., llegando a tener 3 (raramente 4) los más distales. Estos conos secundarios disminuyen de tamaño desde el acrocono a la cara distal de cada diente. A la misma vez, la relación de tamaño entre el acrocono y los conos secundarios se va igualando mesio-distalmente. Los acroconos van inclinándose hacia la comisura en las filas más distales. En el borde mesial de los dientes, delante de acrocono, aparece una crenulación, que pasa a ser de 1 cúspide en el primer lateral, a una arista o cresta crenulada en los más distales. La raíz es alta, de forma rectangular, con la cara labial plana y la lingual convexa en la zona de paso a la corona. Posee estrías verticales y poros, característicos de una raíz de tipo anaulacorhiza. La raíz va perdiendo altura en los dientes más distales.
 - 10-12 filas **posteriores**. Dientes muy pequeños (milimétricos). Se sitúan en la zona comisural, y se han ido atrofiando, perdiendo totalmente los conos y presentando un aspecto molariforme irregular. Son muy difíciles de encontrar y más aún de reconocer en cuanto a género/especie.

La hemimandíbula inferior.

- 1 fila **sinfisal**: En la zona de unión entre las dos hemimandíbulas (sínfisis) existe una fila de dientes sinfisarios. Son multicuspidados, formando media estrella. Tiene un cono central principal vertical recto, y una serie de 3 o 4 (a veces más) conos secundarios inclinados hacia cada lado. Kent (1994, 17-20) observó que mientras el cono central está erguido en *Hexanchus*, está a menudo carente en *Notorynchus* y todos los conos secundarios pueden inclinarse hacia el mismo lado. Sin embargo, la presencia o la ausencia de la cúspide central no es indicativa de género pues ésta

varía entre individuos. La raíz es alta, de forma cuadrada, plana, y con un ángulo marcado de unos 45° respecto a la corona, hacia la cara labial.

- 6 filas **Antero-laterales**. Los dientes laterales, comprimidos labio-lingualmente, tienen un tamaño entorno a los 2,5 cm mesio-distalmente. Parecidos a los laterales superiores, estos son más largos y con mayor número de conos secundarios. Los dientes tienen un tamaño uniforme, ligeramente decreciente hacia la zona comisural de la boca

En cada diente aparece un acrocono, seguido hacia el borde distal por una serie de 4 a 6 conos secundarios; decrecientes en tamaño progresivamente desde el acrocono. Todos inclinados hacia el borde distal. El acrocono no es mucho mayor que el primer cono secundario. En los primeros laterales, el número de conos secundarios es algo menor, los conos están más verticales y son más robustos que en los laterales más distales.

La base mesial del acrocono presenta una cresta fuertemente aserrada. Esta cresta mesial aumenta el tamaño de sus dentículos desde el margen anterior hasta el acrocono. La cresta, respecto a la línea base de los demás conos, sigue una curvatura descendente, cubriendo una parte del borde mesial de la raíz, llegando hasta el nivel de máximo engrosamiento de la raíz.

La raíz es alta y ancha, de forma rectangular. Es plana o ligeramente cóncava en la cara labial. En la cara lingual, en la mitad superior de la raíz hay un engrosamiento que se extiende por el ancho del diente y en el que aparecen algunos poros. La mitad inferior de la raíz es prácticamente plana y más fina presentando abundantes estrías en su superficie

El borde basal es rectilíneo. Los bordes mesial y distal se estrechan en la mitad superior de la raíz, desde la zona limítrofe con la corona hasta la zona de máximo espesor de la raíz. Desde este punto, la raíz desciende recta en su mitad inferior.

En los primeros dientes laterales, la raíz es casi cuadrada o rectangular, pero el borde distal va disminuyendo en altura en los dientes más distales. Esto va dando a los dientes una forma más troncocónica mesio-distalmente, que unido al menor tamaño de los conos, permite una transición más progresiva hacia los dientes posteriores.

En estos dientes es donde mejor se distingue el dimorfismo sexual. Los machos se distinguen por la mayor altura y tamaño del acrocono, y la orientación relativa a los conos secundarios, estando más erguido el acrocono que en el caso de las hembras.

- 7 filas **posteriores**. En la zona de la comisura de las mandíbulas, hay unas 7 filas de pequeños dientes sin cúspide, de aspecto redondeado e irregular. Son muy difíciles de encontrar y de reconocer.

Discusión: Los Hexanchiformes constituyen un orden poco abundante en la actualidad, y es aún más escaso su registro fósil. Por estos motivos es un grupo no muy bien conocido y existen distintas opiniones respecto a taxonomía y sinonimia. En la actualidad el único representante de *Notorynchus* es *N. cepedianus* (Perón, 1807).

Autores como Purdy et al. (2001 83-84) consideran a *N. primigenius* como un sinónimo de *N. cepedianus* y que las pequeñas variaciones en los dientes (cúspides más erectas en *N. primigenius*) pueden obedecer a dimorfismo sexual. Sin embargo otros como L. Candoni, los distinguen como dos especies diferenciadas, ya que *N.*

primigenius posee en la mandíbula superior un diente postero-lateral, al igual que *Hexanchus*, y del que carece el actual *N. cepedianus*. Es decir, *N. primigenius* sería un paso evolutivo anterior a *N. cepedianus*, en el que los dientes se han ido especializando con el paso del tiempo. *Notorynchus lawleyi* (Fulgosi, 1984) del Plioceno de Italia es probablemente un sinónimo de *Notorynchus primigenius*.

En cuanto a sus ancestros, se piensa (L. Candoni) que *N. primigenius* está emparentado con *N. Kempfi*. Siendo éste último una subespecie del Eoceno, *N. primigenius kempfi*.

Mediante la comparación bibliográfica y al poseer las características descritas, además de no estar presente la especie actual en estas aguas, se han determinado como pertenecientes a la especie *Notorynchus primigenius*.

Biocronología: Oligoceno – Plioceno (Cappetta, 1987).

Distribución biogeográfica y hábitat: *Notorynchus primigenius* se ha encontrado en yacimientos neógenos alrededor de todo el mundo. La única especie actual de este género (*N. cepedianus*) aparece en zonas aisladas subtropicales y templadas de los océanos Índico, Pacífico y Atlántico; sin embargo, no está presente en el Atlántico Norte ni el Mediterráneo, en los que sí es frecuente la especie fósil.

Esta especie habita generalmente en ambientes templados y someros, en aguas costeras entre 1 y 50 metros de profundidad, siendo comunes en bahías y playas incluso en las zonas de rompiente. Las formas adultas suelen moverse a mayor profundidad, hasta 135 metros (Compagno *et al.*, 1984 y 2005). Fondos arenosos. Aparentemente coordinan sus movimientos en las bahías con los ciclos mareales, acercándose en mareas altas y retrocediendo en las bajas. Son grandes depredadores que se alimentan de otros tiburones, rayas, teleósteos, pequeños mamíferos marinos, crustáceos y carroña, especialmente cetáceos (ver Muñoz *et al.* 2009). Estos tiburones son nadadores fuertes y activos. Generalmente bentónicos pueden alimentarse a través de la columna del agua y nadar por la superficie. Pueden alcanzar gran velocidad en sus ataques y ser muy agresivos.

Género *Hexanchus* Rafinesque, 1810

Hexanchus griseus (Bonnaterre, 1780)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (ver tabla 2), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 13 dientes.

Descripción: Los dientes de *Hexanchus* son muy similares y presentan las características descritas para *Notorynchus*, pero con algunas variaciones.

- Mandíbula superior.

Los parasinfisales tienen una raíz más triangular o romboidal (Purdy *et al.*, 2001). Los anteriores son parecidos a los de *Notorynchus*, salvo que no presentan conos ni cresta aserrada delante del acrocono por su borde mesial. Los laterales se van

pareciendo a los inferiores y van disminuyendo gradualmente de altura hasta enlazar con los dientes posteriores.

- **Mandíbula inferior**

El sinfusal tiene una raíz más ancha que *Notorynchus*, y suele ser de mayor tamaño. Los dientes anteriores y laterales poseen el cono principal o acrocono, precedido por una cresta mesial suavemente crenulada, y distalmente entre 6 y 8 conos secundarios, que van decreciendo más gradualmente que en *Notorynchus*. Los dientes suelen ser más anchos mesio-distalmente y menos gruesos que *Notorynchus*. La heterodoncia sexual también es marcada, siendo mayor y estando más erguido el acrocono en los machos, y más tumbado y similar a los secundarios en las hembras.

Los dientes posteriores alcanzan las 13 filas, y su disminución de tamaño es más gradual respecto a los dientes laterales.

Biocronología: Mioceno- actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie *H. griseus* tiene una distribución circunglobal, posiblemente ausente únicamente en las aguas polares. Es una especie de aguas profundas de las plataformas exteriores continentales e insulares y del talud superior.

Su vida se encuentra ligada al fondo aunque son activos nadadores. Durante el día permanecen en el fondo, ascendiendo por las noches para alimentarse.

La distribución cambia con el crecimiento. Habitan aguas frías, y en los juveniles que se mueven en zonas más someras, esto se traduce a que aparezcan en zonas más polares. Conforme crecen, se desplazan a regiones más cálidas, pero descendiendo generalmente por debajo de los 90 metros en los adultos, y pudiendo alcanzar los 2000 metros de profundidad.

Se alimenta de una amplia gama de organismos marinos, incluyendo otros tiburones, rayas, quimeras, peces óseos, calamares, cangrejos, camarones, carroña, e incluso focas. (Compagno, 1984)

La distribución en aguas más profundas de *Hexanchus* que de *Notorynchus*, hace que los restos de la primera especie sean mucho más escasos, al ser los yacimientos generalmente de aguas más someras.

Orden **Squaliformes** Goodrich, 1909
Familia **Squalidae** Bonaparte, 1834
Subfamilia **Squalinae** Bonaparte, 1834
Género **Squalus** Linnaeus, 1758

***Squalus* sp.** Linnaeus, 1758
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros y Corrales Santa Clara 1, Formación Arenas de Huelva.

Material: 8 espinas dorsales, 4 dientes AUG-3, AUG-4, AUG-10, BON-8, y un diente no siglado.

Descripción: Se describe a continuación el diente mayor que a la vez es el más completo y mejor conservado. Se trata de un diente inferior, de mayor tamaño que los superiores y raíz más alta. Son dientes comprimidos en sentido labio-lingual, con una cúspide triangula y ancha que ocupa casi toda la corona, y que se inclina distalmente. El talón distal es corto y alto, con un contorno convexo que desciende verticalmente hasta la raíz. El borde presenta una fina crenulación, más marcada en el borde mesial. En la cara labial de la corona se descuelga un apéndice medio-labial con forma ligeramente campaniforme. En la cara lingual, se observa una lúnula medio lingual más o menos larga. La raíz es comprimida y no muy alta. La cara basal es plana y posee un amplio infundíbulo. La protuberancia lingual de la raíz se encuentra bien marcada (Cappetta, 1987 y García, 2008).

-Espinass de las aletas dorsales: Los tiburones pertenecientes al género *Squalus* poseen 2 aletas dorsales armadas con fuertes espinas, que ascienden desde la base en su borde anterior. (Cappetta, 1987). En *Squalus*, estas espinas están bien desarrolladas, parcialmente huecas y de sección triangular, con la superficie esmaltada excepto en la cara cóncava posterior. Se curvan ligeramente hacia la zona posterior, a la vez que reducen su diámetro hasta el ápice.

Discusión: No se ha podido determinar con más precisión la especie de *Squalus sp.* debido a insuficiencia de caracteres distintivos necesarios para distinguir entre las espinas dorsales de las distintas especies. Ver J-elasmó. Podrían pertenecer a la especie actual *Squalus acanthias*, que es la especie más abundante de este género que aparece en nuestra costa. En cuanto los dientes, se compararon con las especies actuales, y con *S. almeidae* de Antunes y Jonet (1970), no terminando de coincidir completamente. Los ejemplares aquí descritos difieren principalmente en la raíz más redondeada y desarrollada, sobre todo mesialmente. También en la parte distal de la corona. Son semejantes a los identificados como *Squalus sp.* por Balbino (1995).

Biocronología: El género *Squalus* se conoce desde el Cretácico superior y permanece en la Actualidad.

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual *Squalus acanthias* (Linnaeus, 1758), a la que muy posiblemente pertenezcan estas espinas dorsales, es la especie de tiburón más abundante del mundo, y muy frecuente en nuestras costas.

Esta especie habita todo el globo, en aguas frías y templadas, siendo más escaso en las cálidas y tropicales. Es bentopelágica, prefiriendo fondos arenosos de la plataforma y talud superior hasta unos 900 m de profundidad, aunque también se acerca a zonas salobres de estuario y bahías.

Se alimenta principalmente de peces óseos, aunque también come cefalópodos, crustáceos y moluscos.

Familia **Echinorhinidae** Gill, 1862
Género **Echinorhinus** Blainville, 1816

Echinorhinus blakei Agassiz 1856
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Huelva- Casa Colón, Fm. Arcillas de Gibraleón, Messiniense.

Material: 1 diente inferior latero-posterior.

Descripción: Dientes fuertes, relativamente cortos y bajos, de aspecto rectangular, comprimidos labio-lingualmente. Poseen una cúspide principal en el centro de la corona que se inclina distalmente sin llegar a sobrepasar el extremo distal de la corona, ni siquiera sobrepasa el primer cono secundario distal. Posee dos conos secundarios distales, apuntando distalmente y reduciendo su tamaño hacia el borde dista. También posee dos conos secundarios anteriores, en el margen mesial, que apuntan mesialmente con un ángulo muy bajo. Decrecen hacia el extremo de la corona. Entre el segundo cono secundario anterior y la cúspide principal, cada uno con sus márgenes dorsales convexos, se crea una superficie general cóncava. Todo el diente tiene el borde de corte ligeramente aserrado, algo más marcado delante de la cúspide principal.

La raíz es moderadamente alta y ancha (en sentido mesio-distal), de forma rectangular. Es plana o ligeramente cóncava en la cara labial. En la cara lingual, en la mitad superior de la raíz hay un engrosamiento que se extiende por el ancho del diente y en el que aparecen algunos poros, típicos de una raíz anaulacorhiza. Bajo la cúspide principal también aparece un foramen central más o menos bien desarrollado. La mitad inferior de la raíz es prácticamente plana y más fina presentando algunos pliegues y estrías verticales en su superficie. El borde basal es irregular.

Discusión: Se comparó con los dientes de *Echinorhinus* en Herman et al. (1989, Lám. 1), Pfeil (1983), Reinecke, et al. (2011) Pollerspoeck, (2013) J-Elasmo, _Elasmo.com, Garrick (1960). Bigelow y Schroeder (1948). Existen dos especies actuales, *Echinorhinus brucus* (Bonnaterre, 1788) y *Echinorhinus cookei* Pietschmann, 1928.

El diente estudiado guarda mayor parecido con *E. cookei* por tener más y mayores denticulos que *brucus*. La especie fósil más similar a *cookei* es *E. blakei*, que posee la cúspide de mayor tamaño y el borde más aserrado que la actual. Coincide con *Echinorhinus blakei* incluso en las figuras de la descripción original de la especie en Agassiz (1856 figurada en Agassiz, 1857, p. 313, Plate 1, Fig. 7,8)

Biocronología: Se ha registrado a *E. blakei* en el Mioceno superior de Lee Creek, Carolina del Norte, EE.UU, En el norte de Alemania, y el aquí presente, que es el primer diente en la Península Ibérica. Se han encontrado placas dérmicas del género en Cataluña y Baleares.

Distribución biogeográfica y hábitat: *Echinorhinus brucus*, Bonnaterre 1788 el Tiburón de clavos, vive actualmente en Huelva y en las costas de todo el planeta. Es Marino; batidemersal; rango de profundidad de 10 - 900 m, normalmente 350 - 900 m. La especie *Echinorhinus cookei*, a la que más se asemejan los dientes, hoy día solo habita en las costas del pacífico, entre 11 - 1100 m. Ambos se alimentan de peces, otros tiburones, pulpos, cangrejos y calamares.

Orden **Pristiophoriformes** Berg, 1958
Familia **Pristiophoridae** Bleeker, 1859
Género ***Pristiophorus*** Müller y Henle, 1837

Pristiophorus suevicus Jaekel, 1890
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Avda. de Cádiz (Fm. Arcillas de Gibraleón); Cabezo de la Plaza de Toros y Corrales Santa Clara 1, (Fm. Arenas de Huelva).

Material: 6 dientes rostrales.

Descripción: El género *Pristiophorus* posee un ápice rostral, u hocico, muy alargado y aplanado dorso-ventralmente, y de cuyos flancos emerge una hilera de dientes rostrales. Estos dientes son unicuspidados, puntiagudos y afilados, con dos caras planas perfiladas de bordes cortantes lisos. Suelen rondar 1 cm en longitud en la corona, y a veces aparece la raíz cónica y masiva.

Los ejemplares hallados miden 9, 10 y 10 (con la cúspide rota, por lo que rondaría los 11) mm de altura de la corona. En los dos mayores, la base de la corona es lisa, sin pliegues. El menor, más arqueado, presenta ligeros pliegues en su cara más cóncava, como apuntan Antunes y Jonet, (1970, Pág. 215, Fig. 10); y además presenta un estrechamiento momentáneo antes del tercio apical de la corona.

Discusión: Los dientes rostrales son muy parecidos a los de la especie actual *P. lanceolatus*, pero mucho menores. Actualmente las especies de *Pristiophorus* se limitan al Índico-Pacífico, exceptuando la más cercana, *P. schroederi* que se localiza en la zona de las Bahamas. Suelen confundirse con dientes de odontáspidos rotos. El tiburón se asemeja a los Pristidae que son batoideos, y tienen los dientes rostrales mucho mayores y de aspecto más fibroso.

Biocronología: Los restos fósiles neógenos muestran una mayor distribución del género en el pasado. En la zona de Europa, Herman et al. (1975) mencionan *Pristiophorus cf. schroederi* Springer y Bullis, 1960. *P. Suevicus* se aparece en el Mioceno de Alemania (Jaekel, 1890); el Mioceno de Francia (Arambourg, 1965 y Cappeta et al. 1967), y el Mioceno de Portugal (Antunes y Jonet, 1970; y Balbino, 1995). (Keyes, 1982)

Distribución biogeográfica y hábitat: Son peces de aguas profundas. Algunas especies se mueven entre los 30 y los 300 metros, pero otras, como *P. schroederi* lo hace en torno a los 400 a 1000 m en los fondos del borde de la plataforma costera y zona alta del talud continental (Kiraly, Moore y Jasinski, 2003).

Se alimenta principalmente de peces óseos, a los que saca del fondo y atraviesa con un movimiento lateral de su sierra.

Superorden **Squatinomorphii** Compagno, 1973

Orden **Squatiniformes** Buen, 1926

Familia **Squatinidae** Bonaparte, 1838

Género *Squatina* Duméril, 1906

Squatina subserrata Münster 1846

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 34 dientes.

Descripción: Los dientes de *Squatina* tienen un característico aspecto de **L** vistos distalmente, con la parte ascendente en la cara labial. Posee una débil heterodoncia dignática (entre sup e inf.) y monognática (dentro de la misma fila).

En general, los dientes anteriores tienen mayores cúspides y una raíz más cóncava. En posiciones más distales, la cúspide mengua y la raíz se aplanan, dando un aspecto más alargado. (Cappetta, 1987)

La cúspide es delgada y afilada, apuntando a la cara lingual; el esmalte se extiende basalmente, formando un aprón (bulto) en la base de la corona en la cara labial, y posee unos hombros bien desarrollados y alargados. Los bordes de corte son lisos. Perpendicularmente a la corona se desarrolla la raíz.

La raíz tiene una forma subtriangular. La cara superior de la raíz presenta un engrosamiento central en el ángulo con la corona, que puede estar esmaltado. La cara basal de la raíz posee un surco que la divide, casi totalmente, en dos lóbulos (hemiaulacorhiza).

Discusión: El carácter conservador de la dentición de *Squatina* hace muy difícil identificar los dientes aislados. Kent (1994) sugiere que para identificar estos dientes, es necesaria la posición estratigráfica y la localización geográfica. Generalmente a las especies neógenas se les asigna la especie *Squatina subserrata* Münster, 1846.

Biocronología: El género se extiende desde el Jurásico de Europa (Oxfordiense sup. De Alemania) hasta la actualidad. (Cappetta, 1987).

Distribución biogeográfica y hábitat: Las especies de *Squatina* que viven en nuestras aguas actualmente, como *S. squatina*, lo hacen en la plataforma y talud superior, entre los 20 y 500 m de profundidad, pero mayoritariamente entre los 50 a 100 m. Son bentónicos, prefiriendo fondos fangosos o arenosos donde se entierra y oculta casi por completo y caza a sus presas cuando se ponen a su alcance. Se alimentan de una variedad de pequeños peces óseos, crustáceos, cefalópodos, gasterópodos y bivalvos.

Superorden **Galeomorphii** Compagno, 1973

Orden **Orectolobiformes** Applegate, 1972

Orectolobiforme indet.

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Marismas de Rincón-Vías (Fm. Arcillas de Gibraleón), y Cabezo de la Plaza de Toros (Fm. Arenas de Huelva).

Material: 4 dientes.

Descripción: Los dientes son pequeños, el mayor tiene 8 mm de ancho, que recuerdan a los rajiformes. La raíz es baja, bilobulada en su cara basal. En cada lóbulo se distingue una zona anterior más o menos plana y de forma cuadrangular, que recuerda a *Squatina*, que se separa de otra lingual más pequeña y redondeada que recuerda a *Rhinobatos*. El surco que divide los dos lóbulos es profundo y más ancho en la cara labial de la raíz. Este surco se ensancha también en su paso por un foramen central.

La corona esta formada por una superficie amplia que se apoya sobre el borde labial con un aprón o visera, y cuya superficie lisa se va haciendo más vertical lingualmente, hasta aparecer una cúspide central aplanada. Ésta cúspide no tiene discontinuidad respecto a la superficie labial en los dientes más pequeños, pero sí se despega un poco en ambos lados de la cúspide principal en los mayores. La cara labial de la corona es cóncava, y posee una úvula bien desarrollada.

Discusión: Los dientes tienen un gran parecido con el género *Ginglymostoma*, que pertenece a la familia *Ginglymostomatidae*, dentro de este orden. *Ginglymostoma* tiene una cúspide principal más diferenciada del resto de la corona, algunas cúspides laterales, y una raíz con un surco que no la divide totalmente, ni tiene esa protuberancia lingual. *G. cirratum* es la única especie de orectolobiformes, (aparte de *Rhincodon typus*, cuyos dientes son totalmente distintos), que habita las aguas Atlánticas actualmente. Existe una especie fósil, *G. delfortriei* Daimeries, 1889 para el Mioceno de Europa y África. Esta especie tampoco se corresponde totalmente con los dientes aquí presentados.

Comparando con *Orectolobiformes* de otras zonas, los dientes tienen semejanzas con *Chiloscyllium* y *Hemiscyllium* que habitan las aguas Indo-Pacíficas. Estos géneros solamente se dieron en la zona de Europa durante el Cretácico-Eoceno (*Delpitoscyllium Plicatoscyllium*, *Cantioscyllium*). Sin embargo en estos *Ginglymostomatidae* la raíz es hemiaulacorhiza. Un género de la misma época que si es holaulacorhiza, y cuya clasificación oscila entre *Rhinobatoidei incertae sedis* y *Orectolobidae* es *Squatirhina* Casier, 1947 (ver Cappetta, 1987, 142-143) pero también es muy antigua. La identificación de estos dientes es difícil y se deberá seguir investigando.

Orden **Lamniformes** Berg, 1958
Familia **Odontaspidae** Müller y Henle, 1839
Género ***Carcharias*** Rafinesque, 1810

Carcharias cuspidata (Agassiz, 1843)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (ver tabla 2), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 79 dientes.

Descripción: Dientes finos y altos, de hasta 4 cm, con una cúspide principal alargada y aguda, y 1 a 3 pares de pequeñas y afiladas cúspides laterales en la unión de la principal con la raíz.

Los dentículos laterales son pequeños y afilados en los dientes anteriores. Sucede a menudo que el borde de los dentículos laterales se desdobra en otros dientecitos más minúsculos y estos dientes corresponden a los que Agassiz describió como *Lamna denticulata*.

La cúspide principal es alta, con el ápice ligeramente sigmoidal y apuntando hacia la cara lingual. La curvatura sigmoidal de los dientes sinfisarios y de los dientes anteriores es menos pronunciada. Los dientes anteriores son verticales, y se van inclinando hacia la comisura en los más distales. Aunque los dientes superiores tienen una corona algo más ancha, es difícil distinguirlos de los inferiores.

La cara labial de la corona es plana, y la lingual convexa (más abombada que la de *C. acutissima*). Los bordes son cortantes desde la base en los dientes anteriores, contrariamente a lo que se observa en los de *C. acutissima*. Ambas caras de la corona son lisas, lo que los también los distingue de *C. acutissima* que las tiene estriadas.

Los dientes de los individuos jóvenes y los dientes sinfisarios de *C. cuspidata* se distinguen fácilmente de los dientes de *C. acutissima*, aunque éstos tengan el esmalte liso. Su corona es menos cónica, más cilíndrica y más regularmente abombada la cara interna, no presentando jamás en esta cara el aplastamiento característico de los dientes de *C. acutissima*. (Bauzá y Plans, 1973)

La raíz es gruesa, con las dos ramas largas y separadas, aplanándose en la punta. Tiene una protuberancia lingual muy desarrollada, en la que se encuentra un foramen nutricional poco marcado. Las raíces se van aplanando y las ramas se van separando en los dientes más distales.

Discusión: Las características generales lo enmarcan dentro de los Odontaspidae. Los dientes secundarios de pequeño tamaño los distinguen de Odontaspis, y los asigna a *Carcharias*. La cara lingual lisa lo identifica como *C. cuspidatus*.

Biocronología: Oligoceno – Plioceno

Distribución biogeográfica y hábitat: los miembros del género *Carcharias* actuales son tiburones grandes, de hasta unos 3 m. Viven en mares tropicales y templados por todo el globo. Son tiburones costeros, comunes en las zonas de rompiente y bahías, desde 1 m hasta casi 200 de profundidad, aunque suelen vivir entre los 15 y 25 m.

A menudo frecuentan el fondo, pero también nadan cerca de la superficie. Se alimenta de peces óseos, tiburones pequeños, rayas, calamares, cangrejos y langostas (Compagno, 2002).

Carcharias acutissima (Agassiz, 1843)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 201 dientes.

Descripción: Comparte los rasgos morfológicos principales con *C. cuspidata*, pero con las siguientes diferencias.

La cara lingual es convexa, y la labial es plana o algo convexa.

La parte central de la cara lingual a menudo se muestra un aplanamiento. En esta cara, la mayor parte de los dientes poseen numerosas y finas estrías, de forma vertical y generalmente onduladas que pueden sobrepasar la mitad de la corona. También se encuentran ciertos dientes que solamente tienen algunas estrías poco marcadas, y por último, otros que son completamente lisos. Estas estrías suelen estar más marcadas en los juveniles y más atenuadas o casi imperceptibles en los especímenes viejos.

Generalmente los bordes cortantes no alcanzan la base de la corona. Pueden llevar uno o dos pares de dentículos laterales inclinados lingualmente.

La raíz es alta, con los lóbulos bien separados; la protuberancia lingual está fuertemente desarrollada y el foramen nutritivo se abre en un profundo surco. En los

dientes laterales, la cúspide esta inclinada hacia la comisura y es más ancha en la base; los dentículos laterales pueden alcanzar hasta tres pares (Cappetta, 1987).

Discusión: Según Cappetta (1987), la especie *C. acutissima* se refiere a los especímenes del Oligoceno-Mioceno, mientras que los ejemplares del Plioceno, son más difíciles de diferenciar del actual *C. Taurus* (Rafinesque, 1810).

Bauzá y Plans (1973) indican que la especie neógena posee una talla mucho más grande que en el Oligoceno; sus dientes son menos uniformes y están menos estriados en la cara interna de la corona. Todo esto indica que se trata de un cambio progresivo y se traten de distintos momentos de la misma cronoespecie. Dado que nos encontramos en el Mioceno sup. – Plioceno inf., y que los ejemplares de ambas fechas son iguales, se ha optado por atribuirlos todos a la especie *C. acutissima*.

Biocronología: Oligoceno – Plioceno

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual *C. taurus* se distribuye en aguas costeras cálidas y tropicales del Atlántico, Mediterráneo e Índico y Pacífico Occidental; estando ausente en el Pacífico central y el oriental.

Son tiburones demersales, de hábitos costeros, desde la zona del oleaje (<1 m), en los arrecifes de corales, pudiendo llegar hasta los 191 metros de profundidad, pero principalmente habitan entre los 12 y 25 metros. Esta especie ha llegado alcanzar la talla máxima en 430 centímetros (Compagno et al., 2002).

Familia **Lamnidae** Müller y Henle, 1838

Género *Cosmopolitodus* Glikman, 1964

Cosmopolitodus hastalis (Agassiz, 1843)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 219 dientes.

Descripción: Dentro del género *Cosmopolitodus* se encuentra una heterodoncia dignática y monognática bien marcada (Laurito, 1999).

Los dientes de *Cosmopolitodus hastalis* (Agassiz, 1843) pueden ser reconocidos por su corona triangular alta, relativamente plana, sin dentículos laterales y con los bordes lisos y afilados; pudiendo llegar a alcanzar hasta 7 cm. de alto. Todos los dientes presentan las coronas con el esmalte liso.

Los dientes pertenecientes a *C. hastalis* normalmente tienen la cara lingual abombada desde la base al ápice, y a veces esta cara presenta un aplastamiento en ese lado, lo que ha llevado a algunos autores como Purdy et al. (2001), a distinguirlos como *C. xiphodon*. La cara labial es más o menos plana, o algo cóncava.

Los dientes anteriores son simétricos y rectos, y su ápice está débilmente encorvado hacia la cara labial. Los dientes laterales, cada vez más pequeños, van apuntando su ápice más distalmente. La raíz es gruesa y compacta, de aspecto rectangular, con los lóbulos a 180° en los superiores anteriores. En los dientes laterales, los lóbulos se van separando y disminuyendo el ángulo entre ellos.

Los dientes inferiores son más finos y cónicos que los superiores, con una raíz voluminosa que se divide en dos ramas bien diferenciadas y más verticales. En los laterales la raíz se va abriendo, pareciéndose más a los laterales superiores, aunque suelen tener un ángulo más cerrado entre las ramas de la raíz. Son triangulares equiláteros, no se van inclinando apenas, al contrario que los superiores. El surco nutritivo es muy reducido o inexistente.

Discusión: Tienen el borde de corte completo en ambas caras (a diferencia de *paucus* y *oxyrhinchus*). Son más rectos que *paucus* y *oxyrhinchus* mesio-distal y labio-lingualmente.

Como se ha mencionado, hay autores que distinguen entre los *Cosmopolitodus hastalis* estrechos (*C. hastalis*), y los *hastalis* anchos y con la cara lingual aplanada (*C. xiphodon*). Sin embargo, estas variaciones se dan entre distintos individuos, y pueden ser debidas a dimorfismo sexual, o desarrollo ontogénico, como ocurre con los actuales dientes del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*). Normalmente los dientes de los adultos aumentan de altura y de anchura mesio-distalmente, pero apenas aumentan su grosor labio-lingual. Como los bordes de corte permanecen, la zona para ensanchar es la zona central del diente, dando esa cara plana que con respecto al tamaño total del diente, aparenta un rebaje en la corona. Esto origina que los dientes de los adultos sean más planos y anchos relativamente que los juveniles.

Hay una importante discusión entre especialistas respecto a si *C. hastalis* fue el precursor de *C. carcharias*. Hay autores que consideraban que *Carcharomodus escheri* era un estado intermedio entre ambos por presentar crenulación en sus bordes; pero los restos de *escheri* se remontan a mucho antes en el tiempo, por lo que no es posible la coexistencia *hastalis-escheri* si uno sucediese al otro. Recientemente, Kriwet, Mewis y Hampe, (2015) localizaron unos restos muy completos de *escheri*, con dientes asociados cuya morfología y distribución diferían de las de *hastalis/carcharias*, y crearon el nuevo género *Carcharomodus*. Por otra parte, en Sacaco y Aguada de Lomas, ambos en Perú se hallaron ejemplares completos con toda su dentición. Estos dientes eran semejantes a *hastalis*, pero con una serración incipiente en sus bordes. Además, la dentición de Sacaco poseía el 3º diente superior con la inclinación mesial, un rasgo que comparte con *C. carcharias*. Estos dientes transicionales permitieron establecer la conexión entre el antiguo “*Isurus*” *hastalis* y *Carcharodon* durante el Mioceno sup (6–8 Ma) en la costa del Pacífico americano, creando la especie *Carcharodon hubbelli* Ehret et al., 2012. Por este motivo algunos autores como Glikman (1964) renombraron a los *Isurus* relacionados con *Carcharodon carcharias*, como *Cosmopolitodus*. Otros autores, como Ehret et al., (2012) lo emplazan en *Carcharias* debido a su parentesco. Sin embargo, en la zona Atlántica se da registro de *hastalis* hasta el Plioceno medio, y de repente aparecen los *C. carcharias* con el borde totalmente desarrollado, y no hay rastro de los transicionales.

Todo esto parece indicar que *hastalis*, que se distribuía por todo el mundo, fue evolucionando progresivamente hasta *C. carcharias* en las costas del Pacífico, y una vez llegado a sus estadios finales, ya siendo *C. carcharias*, este se expandió al Atlántico durante el Plioceno inferior-medio, sustituyendo rápidamente a *hastalis*, ya que el borde aserrado tenía ventaja sobre el borde liso en su modo de alimentación.

Cosmopolitodus hastalis continuó existiendo cuando ya existía *C. carcharias*; entendiéndose *C. carcharias* como una rama lateral que surge en la línea de *hastalis*, y no como el final de una única línea. Por ello en este trabajo se considera válido el género *Cosmopolitodus*.

Biocronología: Mioceno- plioceno medio

Distribución biogeográfica y hábitat: *C. hastalis* es una especie fósil, pero debido a su semejanza y parentesco con *C. carcharias*, el actual tiburón blanco, se le supone una amplia distribución mundial en aguas templadas y cálidas de todo el mundo, tanto cerca de la costa como en mar abierto. A una profundidad de 0 - 1280 m, normalmente 0 - 250 m. Son grandes tiburones de hasta 6 -8 m de longitud, que se alimentan activamente de peces óseos, tiburones, rayas, focas, delfines y marsopas, aves marinas, carroña, pulpos, calamares, cangrejos y ballenas.

Género Carcharomodus Kriwet, Mewis y Hampe, 2015

Carcharomodus escheri (Agassiz, 1843)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 5 dientes.

Descripción: Los ejemplares hallados tienen la morfología de *Isurus hastalis*, pero de menor tamaño. La única diferencia es que en sus bordes lisos presentan una ligera serración regular de forma ondulante, de muy pequeño tamaño y casi imperceptibles a simple vista. Se nota más en la zona apical en dientes inferiores.

Discusión: Casier (1960) considera a *I. escheri* como una forma de transición entre *C. hastalis* y *Carcharodon carcharias*. (Nolf, 1988). Como se explica abajo, esto no es posible por motivos cronológicos. Además, mientras que *escheri* presenta una serración o crenulación poco marcada y ondulante, en los transicionales *hastalis-carcharias*, los dientes de este borde en sierra están bien desarrollados y diferenciados. El desarrollo del borde aserrado se considera una convergencia evolutiva

Hay que tener cuidado de no confundirlos con dientes de *hastalis* que tengan muescas por golpes en el filo, o de los que han sido bioerosionados, ya que esta bioerosión al llegar al borde liso, le dan un aspecto de sierra pero muy irregular.

Biocronología: Mioceno medio- Plioceno inf.

Distribución biogeográfica y hábitat: Son dientes escasos en el registro fósil que se limitan al Atlántico oriental.

Isurus desori (Sismonda, 1849)

(Lám. 5, figs. 15-22)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 20 dientes.

Descripción: La dentición de *I. desori* muestra una débil heterodoncia dignática, con una cúspide triangular alta y estrecha, algo sigmoidal en los inferiores anteriores. En aspecto general se parecen a los inferiores de *hastalis*. La cara lingual es cóncava, y la labial plana, siendo ambas lisas en su superficie. El filo de corte es liso y llega casi hasta la raíz. La raíz tiene dos lóbulos redondeados, alargados y descendentes en los dientes anteriores tanto inferiores como superiores, y se van haciendo más pequeños y planos, en los dientes laterales.

La corona de los dientes laterales se va haciendo menos puntiaguda y van adquiriendo una morfología más plana y triangular, inclinándose levemente hacia la comisura en los dientes más distales.

La punta de la corona empieza a tener una ligera curvatura hacia el margen mesial. Podría considerarse una morfología intermedia entre *hastalis* y *oxyrinchus*, siéndolo también en tamaño.

Discusión: Se considera la forma fósil del actual *Isurus oxyrinchus*. Los dientes de *I. desori* son difíciles de distinguir de *I. oxyrinchus*. En *I. oxyrinchus* la raíz esta menos desarrollada en relación con la corona, siendo más potente en *I. desori*. Los dientes anteriores superiores de *I. desori* se diferencian de los correspondientes de jóvenes *I. hastalis* en que los primeros presentan una corona sigmoidal (Arambourg, 1927 en Mendiola y López, 2005, García, 2008). Los ejemplares se compararon una mandíbula actual de *I. oxyrinchus*, viéndose las diferencias, por lo que se atribuyeron estos dientes a *I. desori*.

Biocronología: Mioceno-Plioceno inf.

Distribución biogeográfica y hábitat: Comparando con la forma actual, *I. oxyrinchus*, podría distribuirse en mares templados y tropicales de todo el globo. Pueden encontrarse ejemplares tanto cerca de la costa como en mar abierto, entre 0-500 metros de profundidad (Compagno et al., 2002). Podría haber llegado a alcanzar una talla de más de los 4 metros, que es la máxima que tiene *I. oxyrinchus*.

Género *Isurus* Rafinesque, 1810

Isurus oxyrinchus Rafinesque, 1810
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 83 dientes.

Descripción: En el primer inferior anterior, el borde de corte distal solo ocupa el 1/3 superior. En el segundo inferior y primer superior, alcanza hasta 1/2 de la altura de la corona. Los demás tienen todos ambos bordes completos. El ápide tiende a apuntar un poco hacia adelante. El lóbulo mesial de la raíz suele ser más largo que el distal.

Discusión: Los ejemplares se compararon con una mandíbula actual de *Isurus oxyrinchus*, mostrando su gran similitud, tanto en morfología como en tamaño. Se estudió también otra mandíbula de *I. oxyrinchus* de mucho mayor tamaño, y pueden

verse ligeras modificaciones respecto a los juveniles. Los dientes son más grandes, anchos y menos sigmoidales que en los juveniles. En el primer anterior superior el borde de corte distal abarca hasta 3/4. En el segundo casi toca la raíz. En el primer anterior inferior ocupa 2/5 y el ápice está algo girado para alinearse con los siguientes. En el segundo inferior el borde de corte distal llega a 4/5 de la altura de la corona. Todos los demás dientes tienen ambos bordes completos. El segundo, y sobretodo quinto dientes superiores tienen el ápice un poco apuntando hacia arriba, aunque sin llegar al grado de los juveniles de *oxyrinchus*.

Son dientes de *I. oxyrinchus* son mucho finos, inclinados y sigmoidales que en *I. paucus*, especialmente en juveniles. Las puntas de varios dientes superiores apuntan hacia delante, especialmente marcado en el 5º diente superior es propio de *oxyrinchus*, y no de *paucus*, en el que todas apuntan hacia atrás, incluso las de los anteriores. Según las comparaciones de Elasmocom, algunos *oxyrinchus* de gran tamaño tienen dientes laterales en forma de gancho. Además muestra en perfil un tipo intermedio entre *paucus* y *oxyrhinchus* al que llama (*Isurus ? paucus*).

Los dientes de *Isurus oxyrinchus* son muy parecidos a los descritos como *I. desori*, pero más finos y pequeños. Las coronas muestran una clara curvatura en su cúspide hacia el margen mesial. La corona es más estrecha que en *desori*. Las raíces son menos potentes y redondeadas en comparación al tamaño total del diente. La curvatura sigmoidal es más marcada.

Biocronología: Plioceno inf.- Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Al igual que el resto de tiburones pertenecientes a la familia Lamnidae los marrajos mantienen una temperatura corporal superior a la del medio (son homeotermos) lo que les permite realizar una digestión más rápida, triplicar su fuerza muscular o actuar más rápidamente. Es un tiburón pelágico cosmopolita de hábitos oceánicos aunque en ocasiones se acerca a las costas en busca de alimento, llegando a penetrar en playas y puertos. Aunque habita entre 0 y 700 m, suele habitar entre los 100- 150 m de profundidad.

Isurus retroflexus (Agassiz, 1843)
(Lám. 5, figs. 31-33)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 11 dientes.

Descripción: La dentición de *I. retroflexus* es similar a la del actual *I. paucus*. Muestran una tenue heterodoncia dignática. Son dientes triangulares, altos, sin apenas curvatura sigmoidal salvo en los anteriores inferiores, que además presentan una raíz con un torus enormemente desarrollado. Los dientes anteriores tanto superiores como inferiores son finos y altos, con una raíz bifurcada bien desarrollada y casi vertical. Los dientes laterales son más bajos y anchos, con una cúspide que recuerda a *C. hastalis*, pero más estrecha. Ambas caras de la corona son lisas, con la cara labial plana y la lingual cóncava. El borde de corte es liso y desciende hasta la raíz, siendo ya completo desde el primer anterior.

Discusión: Se considera la forma fósil del actual *Isurus paucus*. Se distinguen de *desori* y de *oxyrinchus* por ser mucho más anchos, de aspecto más cilíndrico, manteniendo más el grosor del diente hasta cerca del ápice. Por su borde de corte hasta la base, y por no presentar la curvatura hacia la cara mesial es característica de *oxyrinchus*.

Biocronología: Mioceno – Plioceno inf.

Distribución biogeográfica y hábitat: *I. retroflexus* es una especie fósil, por lo que comparando con la especie actual *I. paucus* puede deducirse que era un tiburón grande, de más de 4 m de máxima, que vivía en los mares tropicales y templados de todo el mundo. Pelágico- oceánico que solía vivir a profundidades de hasta 200 m.

Isurus paucus Guitart-Manday, 1966
(Lám. X, figs. X)

Nombre común: Marrajo carite, marrajo negro o marrajo de aleta larga

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 7 dientes.

Descripción: Los dientes de *Isurus paucus* son muy similares a los de su forma fósil *Isurus retroflexus*, pero tienen un menor tamaño y grosor. Las cúspides son más estrechas, sobre todo las de los dientes superiores. Tiene bordes de corte completos en todos los dientes, incluidos los anteriores. El borde de corte llega a los hombros de la raíz. La raíz de *paucus* es menor en proporción al diente total respecto a los ejemplares de *retroflexus*.

Discusión: Los dientes fueron comparados con un ejemplar actual de *Isurus paucus* y se observó la correspondencia tanto en tamaño como en forma.

Biocronología: Plioceno inf.- Actualidad.

Distribución biogeográfica y hábitat: *I. paucus* es un tiburón grande, de unos 4 m de longitud máxima, que habita los mares tropicales y templados de todo el mundo. Pelágico costero-oceánico que suele vivir a profundidades de hasta 200 m. Depredador de presas variadas, pero sobre todo de grandes peces óseos. Sus costumbres son migratorias y se desplaza siguiendo las corrientes de agua fría con temperaturas menores de 18 °C (Compagno, 1984)

Género *Lamna* Cuvier, 1817

Lamna nassus Bonnaterre, 1788
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 93 dientes.

Descripción: La dentición de *Lamna nasus* es muy homogénea, con una heterogenia monognática muy suave y gradual. Presenta 3 dientes anteriores. El tercero superior se reduce, y el inferior apunta a la sínfisis con su ápice. Los dientes laterales se inclinan ligeramente hacia la comisura, algo más rectos en los inferiores. La corona es compacta, de forma triangular, con ambas caras lisas. La cara labial es plana y la lingual convexa.

Los bordes de corte son lisos, y se extienden hasta la base de la corona. A cada lado muestra una cúspide lateral bien desarrollada y puntiaguda (menos que en *Carcharoides caticus*, con el cual era confundido). Las tres cúspides nacen a la misma altura.

La raíz es gruesa, con un foramen central. Se divide en dos ramas o lóbulos bien diferenciados, con un ángulo más cerrado en los anteriores y más abierto en los demás. La raíz en su cara labial presenta un rebaje respecto a la corona, sobresaliendo ésta y originando un aspecto de escalón, que es clave en su identificación.

Discusión: Sus características lo enmarcan en *Lamna*, y su situación geográfica y temporal en *Lamna nasus*.

Biocronología: Mioceno sup. - Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Actualmente hay dos especies, *Lamna ditropis* Hubbs y Follett, 1947, que habita en el pacífico norte; y *Lamna nasus*, que vive en el Atlántico y en todo el hemisferio sur. Vive en latitudes medias- altas, en aguas frías y templadas. Rango de profundidad 0 - 715 m. Son de un tamaño mediano (hasta 3,5 m). Suelen vivir en alta mar continental, pero también pueden encontrarse alejados o cerca de la costa. Son Pelágicos, por lo general se encuentran a temperaturas de entre 2 °C - 18 °C (Last y Stevens 1994). Se alimenta de pequeñas especies pelágicas (arenque, caballas, sardinas), otros tiburones, y calamares.

Familia **Otodontidae** Glückman, 1964
Género **Carcharocles** Jordan y Hannibal, 1923

Carcharocles megalodon (Agassiz, 1837)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Marismas del Polvorín Norte, (Fm. Arenas de Huelva), Autovía de Gibraleón y Cruce Aljaraque- Cartaya- Gibraleón (Fm. Arcillas de Gibraleón)

Material: 4 dientes.

Descripción: *Carcharocles megalodon* es el gigante de todos los tiburones, con dientes que alcanzan los 15-17 cm.

Sus dientes son muy grandes, altos y triangulares. La cara labial es plana a ligeramente cóncava, mientras que la lingual es convexa. Su espesor aumenta de forma progresiva desde el ápice de la corona hasta la base de la misma. Los dientes de la mandíbula superior poseen una corona más ancha, recta y débilmente inclinada hacia el borde distal y generalmente presentan en su cara labial surcos o pliegues verticales. En los dientes de la mandíbula inferior, la corona es estrecha, ensanchándose bruscamente en la base en los dientes laterales. Los bordes de corte están provistos de una

crenulación uniforme de dientecillos de pequeño tamaño (mucho menores respecto al total del diente que en *Carcharodon carcharias*).

La raíz es alta, robusta y espesa, con un torus muy desarrollado. Sus ramas forman un ángulo generalmente poco abierto, sobre todo en los dientes anteriores.

La base de la corona es paralela al borde basal de cada lóbulo de la raíz, dándole un aspecto en V. Este carácter se acentúa en los dientes anteriores y va siendo cada vez más débil al aproximarse a los extremos distales de la mandíbula.

Entre la base de la corona y la raíz en la cara lingual, se desarrolla una región de contacto en forma de V que suele recibir el nombre de cuello, cinturón o chevron, y que es característico del género.

Discusión: Esta especie se consideraba antecesora del gran tiburón blanco actual, por la similitud de los dientes y por su gran tamaño. Análisis como los de Martin (1996), y el descubrimiento de *Carcharodon hubbelli* de Sacaco, en Perú, desmontaron esta hipótesis (ver *Cosmopolitodus hastalis*). Al diferenciarse del *Carcharodon carcharias*, debía llevar otro nombre. El origen de *megalodon* parece remontarse a *Otodus obliquus*, nombrándose sus descendientes con borde aserrado como *Carcharocles*. Glikman (1964) consideró la pérdida de cúspides laterales de *megalodon* significativa para renombrar a esta especie como *Megaselachus*. Cappetta y otros autores no lo consideraron importante, sino parte del proceso gradual, y designaron a *Megaselachus* como sinónimo de *Carcharocles*.

Biocronología: Mioceno- Plioceno

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie *C. megalodon* es una especie de distribución cosmopolita, dado que aparece prácticamente en todos los depósitos sedimentarios del Cenozoico superior, que contengan dientes de tiburón, alrededor del planeta (Laurito, 1999 en García, 2008).

Gottfried et al. (1996), basándose en la abundante presencia de *C. megalodon* en sedimentos subtropicales y templado-calidos de ambientes de plataforma interna, sugieren para este tiburón, un tipo de ecología muy similar a la del tiburón blanco, *C. carcharias*. El gran tamaño de *C. megalodon* indicaría una voraz actividad predatoria, capaz probablemente de atacar e ingerir entero un delfín *Tursiops* o infligir heridas mortales a presas de grandes dimensiones, comparables a la actual ballena azul (Cigala Fulgosi, 1990 en Marsili, 2006).

Distribución biogeográfica y hábitat:

Orden **Carcharhiniformes** Compagno, 1973
Familia **Scyliorhinidae** Gill, 1862
Subfamilia **Megascyliorhinidae** Cappetta, 1992
Género **Megascyliorhinus** Cappetta y Ward, 1977

Megascyliorhinus miocaenicus (Antunes y Jonet, 1970).
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (ver tabla 2), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 20 dientes.

Descripción: Los dientes son de pequeño tamaño, de hasta 1 cm de altura, son robustos y unicúspides. Los dientes tienen la corona cónica y aguda, inclinada hacia la cara lingual y posee finas estrías en la base. La cara labial es convexa y la lingual cóncava. A los lados de la cúspide emergen dos pequeños dentículos laterales muy reducidos.

La raíz es compacta, gruesa y posee una fuerte protuberancia lingual. Las caras laterales y la lingual son redondeadas; la basal posee un fuerte surco que prácticamente separa la raíz en dos lóbulos. El foramen central se abre en este surco. (Balbino, 1995)

Discusión: Aunque guardan una gran similitud con los ejemplares descritos por Antunes y Jonet, 1970; y Balbino, 1995; se diferencian en algunos detalles. De los 13 dientes, todos poseen dientes laterales muy poco desarrollados y pegados a la cúspide principal. En ninguno se encuentran despegados ni desarrollados. Es extraño que 13 de 13 sean dientes sinfisarios. Tampoco coinciden en la estriación, muy fuerte y con continuidad hasta casi la cúspide, mientras que en los aquí descritos se limitan a la base de la corona, no alcanzando un tercio de la altura hasta el ápice. Además éstos parecen ser de mayor tamaño. Tiene parecido a los dientes, especialmente por los secundarios, a los que Cappetta (1970, lám. 9 Fig. 19 a 23) describe como *Scyliorhinus joneti*, salvo porque este autor indica que tienen el esmalte completamente liso.

Biocronología: Mioceno superior- Plioceno Inferior.

Distribución biogeográfica y hábitat: Debido a que no existen representantes en la actualidad de este género, es difícil poder inferir la distribución biogeográfica y hábitat.

Subfamilia **Premontreinae** Cappetta, 1992

Género **Premontreia** Cappetta, 1992

Subgénero **Oxyscyllium** Noubhani y Cappetta, 1997

Premontreia (Oxyscyllium) cf. dachiardi (Lawley, 1876)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 7 dientes.

Descripción: Los dientes son pequeños. La raíz es masiva, con la cara basal de contorno subcircular y un surco medio estrecho que la divide en dos lóbulos de contorno reniforme (forma de riñón). La corona es corta, rechoncha e inclinada hacia la cara lingual. Las caras interna y externa son muy convexas. En la base de la corona existen un par de dentículos laterales cónicos muy desarrollados. (Balbino, 1995).

Entra las caras labial y lingual de la corona de la cúspide principal, transcurre un borde de corte liso poco desarrollado.

Discusión: Los dientes son similares a los descritos por Balbino (1995). También tienen cierto parecido con *Scyliorhinus distans* (Cappetta, 1970).

Biocronología: Mioceno- Plioceno

Distribución biogeográfica y hábitat: Por la ausencia de formas actuales, no es posible determinar con precisión la distribución biogeográfica y hábitat de estas formas.

Familia **Triakidae** Gray, 1851
Tribu **Galeorhinini** Gill 1862
Género **Galeorhinus** Blainville, 1816

Galeorhinus galeus (Linnaeus, 1758)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros y Bonares-Ambulatorio (Fm. Arenas de Huelva), y Marismas del Rincón-Vías (Fm. Arcillas de Gibraleón)

Material: 4 dientes.

Descripción: Los dientes se caracterizan por poseer una cúspide inclinada hacia la comisura, con el talón distal fuertemente denticulado (hasta 8 denticulos en *G. galeus*, de tamaño decreciente del centro al borde). El borde cortante mesial es largo, ligeramente convexo o sigmoidal, y desprovisto de denticulos, excepto en los dientes anteriores y laterales, donde puede ser aserrado en su base. La corona sobrepasa la raíz en la cara labial, formando un reborde saliente, de borde simple o ligeramente ondulado. Los dientes de las filas laterales pueden presentar nervaduras cortas o poco salientes en la base de los talones. La raíz es pequeña, con la cara basal plana o levemente convexa, con un surco medio bien visible. (Balbino, 1995)

Discusión: Las características de la corona y sobre todo de la raíz, hacen que pueda ser identificado como *Galeorhinus galeus*. Se diferencia principalmente de *Paragaleus* en que tiene un labio o reborde que cubre la raíz por la cara labial. Tiene el borde mesial más convexo, siguiendo una curvatura más o menos continua. En *Galeorhinus*, el borde mesial de raíz sobrepasa al margen de la corona. El ápice de la corona es más ancho y lanceolado que en *Paragaleus*, y suele apuntar distalmente, o en todo caso, sin recurvarse hacia arriba en el extremo.

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Especie bento-pelágica, de aguas templadas de todo el mundo, pero especialmente en el Atlántico europeo. Viven en la plataforma continental y parte alta del talud, hasta profundidades de 1000 m, aunque suelen vivir entre los 2 a 470 m. Se alimenta de peces del fondo, así como de las especies pelágicas, crustáceos, cefalópodos, gusanos y equinodermos.

Género **Mustelus** Linck, 1790

Mustelus sp.
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Lepe-Carretera de El Terrón (Messiniense), y Sección Bonares-casa del Pino, Plioceno inferior.

Material: 4 dientes, CTE-1, CTE-2, BON-7 Y BON-11

Descripción: diente bajo y masivo, de contorno ovalado. Una cresta transversal no muy alta lo surca de lado a lado, formando una zona más alta a modo de cúspide en la zona central. El perímetro de la corona presenta pequeños surcos que le forman un margen denticulado. La cara lingual muestra una úvula globular o triangular bien desarrollada. La raíz se divide en dos lóbulos separados por un surco medio.

Distribución biogeográfica y hábitat: Las especies actuales de *Mustelus* son cosmopolitas, habitan en aguas cálidas y templadas de las zonas costeras poco profundas (Balbino, 1995, García, 2008). *Mustelus asterias*, habitante actual de las costas del SO Ibérico es una especie demersal que vive entre 0 - 350 m, y se alimenta principalmente de crustáceos como cangrejos, gambas y langostas.

Familia **Hemigaleidae** Hasse, 1879

Género **Paragaleus** Budker, 1935

Paragaleus antunesi Balbino y Cappetta 2000

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros (Fm. Arenas de Huelva) y Avda. de Cádiz (Fm. Arcillas de Gibraleón)

Material: 8 dientes.

Descripción: Según Cappetta (1987, en García 2008); los dientes superiores laterales tienen una corona ancha y triangular, con la cúspide principal ligeramente alta e inclinada hacia la comisura. El borde cortante mesial de la corona es largo, cóncavo en la parte inferior y con la cúspide ligeramente convexa. El talón distal es bastante corto y alto. Presenta hasta seis cúspides accesorias cortantes, que van decreciendo su tamaño en dirección a la comisura. La cara labial de la corona sobresale muy ligeramente de la cara labial de la raíz. La raíz no es muy alta o espesa, pero tiene unos lóbulos transversales expandidos. Los dientes anteriores son pequeños con una cúspide recta.

Discusión: La diferencias principales respecto a *Galeorhinus*, son el borde mesial de la corona, que sobrepasa la raíz en *Paragaleus*, mientras que en *Galeorhinus*, tienen la misma distancia, e incluso a veces la raíz sobrepasa al margen de la corona. *Paragaleus* tiene el borde mesial más recto, solo algo convexo en los anteriores. Otra característica es que no tiene labio o reborde que cubra la raíz por la cara labial, que sí se da en *Galeorhinus*. El surco nutricio puede incluso notarse en la corona. En perfil, la raíz es prominente en la cara lingual, pudiendo quedar recostados inclinados al caer sobre esa cara. El ápice de la corona se pellizca y apunta hacia arriba. El borde mesial de la raíz es igual o menor que el lóbulo de la corona en *Paragaleus*.

Biocronología: Mioceno sup. – Plioceno inf.

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual *P. pectoralis* es la única que habita en el Atlántico. Vive en aguas cálidas y templadas de las zonas costeras del oeste de África, en aguas costeras, hasta unos 100 m de profundidad.

Género *Hemipristis* Agassiz, 1843

Hemipristis serra Agassiz, 1843
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Marismas del Rincón- Fosfoyesos, Formación Arenas de Huelva.

Material: 2 dientes. Un diente inferior anterior y un diente superior posterior.

Descripción: Según Bauzá y Plans (1973); los dientes de *Hemipristis serra* varían extraordinariamente de forma y tamaño según el lugar que ocupan en la mandíbula. Los dientes anteriores y laterales de la mandíbula inferior son más densos, más estrechos y más pequeños que los dientes correspondientes de la mandíbula superior. Los dientes laterales de la mandíbula superior comprenden los elementos más grandes de la dentición.

Los dientes anteriores son lanceolados. Su corona es cilíndrico-cónica fuertemente convexa en la cara lingual; abombada en la cara labial, con una curvatura sigmoidal muy señalada.

El borde de corte muestra una crenulación de gran tamaño con dentículos que apuntan al ápice. Su raíz es prominente labialmente, las dos ramas están separadas, son cortas y poco divergentes.

Biocronología: Eoceno – Plioceno.

Distribución biogeográfica y hábitat: El registro fósil muestra una distribución mundial. La única especie actual, *Hemipristis elongatus* (klunzunger, 1871), es un tiburón pequeño a mediano (de 1,2 a 2,3 m) que vive en las costas tropicales de aguas continentales e insulares, a profundidades de 1 a 130 metros. Es una especie que solamente vive en el Indo-Pacífico occidental. Se alimentan de tiburones, rayas, peces óseos y cefalópodos.

Familia **Carcharhinidae** Jordan y Evermann, 1896

Género *Carcharhinus* Blainville, 1816

Los dientes de las distintas especies de *Carcharhinus* comparten la mayoría de caracteres, por lo que salvo en algunos casos, la descripción se centrará en recalcar los rasgos que permiten diferenciar a cada una.

Carcharhinus altimus (Springer, 1950)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 4 dientes.

Descripción: Los dientes superiores anteriores presentan la corona alta y erguida. La cara labial es recta, con una ligera concavidad. La cara lingual es ligeramente convexa. Los bordes de corte son crenulados, algo más gruesos que en *plumbeus*.

La raíz es alta en la cara lingual, y más baja en la labial, con una cara basal ligeramente cóncava. Los lóbulos de la raíz son redondeados en los bordes.

Discusión: Los dientes de *Altimus* son muy parecidos a los de *plumbeus*, pero en los primeros, la crenulación es algo más gruesa, sobre todo en los hombros, son más altos y afilados, y la curvatura del borde distal es más cóncava en los dientes laterales.

Biocronología: Mioceno sup. - Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Habita en aguas calidas y tropicales de todo el mundo. Se encuentran cerca del borde de las plataformas continentales e insulares y las zonas altas del talud. Es raro en aguas poco profundas. Los jóvenes pueden aparecer a unos 25 m de profundidad y los adultos alcanzan hasta los 800 m, aunque normalmente se mueven entre los 80 - 220 m. Se alimenta de peces óseos, otros tiburones, rayas, y sepias.

Carcharhinus brachyurus (Günther, 1870)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 72 dientes.

Descripción: Los dientes superiores tienen una corona triangular estrecha semivertical a oblicua e inclinada distalmente. Los bordes de corte pueden estar fuertemente dentadas o hacerlo finamente, siendo de mayor tamaño los dentículos cerca de los hombros. La corona, unicúspide, es alta, con un borde distal cóncavo, y un mesial convexo con un marcado ángulo a la mitad de la cúspide que provoca que cerca del ápice se vuelva más fina rápidamente. Estos ángulos le confieren al diente un característico aspecto sigmoidal.

Existe cierto grado de dimorfismo sexual en la morfología de los dientes, siendo los de hembras algo más anchos de corona, mientras que los machos son más estrechos y de una forma más sigmoidal, y en los adultos muestran una punta del ápice en forma de gancho.

La cara labial de la corona es plana a ligeramente convexa, mientras que la cara lingual es convexa y tiene un “cuello” en la región de contacto entre la raíz y la corona. La raíz es baja y se caracteriza por un surco transversal marcado en la cara lingual. El margen basal de la raíz es ligeramente cóncavo o arqueado. (Marsili, 2007)

Discusión: Estos dientes, especialmente los de hembra, pueden ser confundidos con *Carcharhinus perezii*. Antunes y Balbino, 2004, y García, 2008, no mencionan esta especie para el Mioceno de Portugal ni el Plioceno de Huelva, respectivamente. En su lugar nombran a *Carcharhinus cf. perezii*.

Las referencias de Antunes son Sánchez-Villagra et al., 2000 y Purdy et al., 2001, que tratan materiales del Atlántico occidental, y es más probable que allí sí aparezca *C. perezii*. Antunes et al, 1999 tratan materiales europeos. Las citas posteriores en Antunes y Balbino, 2004; García ,2008; y Marsili, 2007 se basan en la identificación de 1999.

A pesar del parecido, el ángulo y apariencia más sigmoidal, y la corona más estrecha distinguen a *brachyurus* de *perezii*. *C. perezii* suele tener el borde distal de la corona recto, y al llegar al hombro suele formar en el ángulo una mella o muesca.

Además, mientras que *brachyurus* es común en nuestras aguas, *perezii* solamente se da en la actualidad en la costa Atlántica Americana, especialmente en la zona tropical. El hecho de ser una especie costera hace aún más difícil el que cruzara el océano y se instalase en nuestras costas.

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: *Carcharhinus brachyurus* es un tiburón de mediano a gran tamaño (hasta 3.2m) de aguas templadas a cálidas subtropicales. Vive en el margen continental, desde la costa a mar abierto, hasta profundidades de 360 m. Se alimenta de gran variedad de peces óseos, así como otros tiburones pequeños, rayas, calamares y sepias.

Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 22 dientes.

Descripción: Los dientes de *falciformis* tienen una corona triangular medianamente ancha y alta. Los bordes dentados muestran una muesca en el ángulo formado entre la cúspide y cada hombro, siendo más marcada en el borde mesial. Esta muesca separa una serración más gruesa de los hombros, de una más fina de la cúspide.

Biocronología: Mioceno - Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: El actual *C. falciformis* habita en aguas cálidas a templadas de todo el mundo, y suele encontrarse a profundidades de entre 18 a 500 m. Se alimenta de peces óseos, incluyendo peces gato y al atún (Compagno, 1984).

Carcharhinus leucas (Valenciennes, 1839)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 112 dientes.

Descripción: Los dientes son grandes dentro del género *Carcharhinus*. Los dientes superiores laterales tienen una cúspide grande y triangular, con fuertes bordes de corte regularmente dentados. Este dentado es más grueso en la base de los márgenes laterales y se vuelve más fino hacia el ápice de la cúspide. El margen del lado mesial es recto, ligeramente ondulado, o puede tener una ligera convexidad cerca de la punta de la cúspide. El borde lateral distal cóncavo, continúa hacia abajo en un hombro distal lateral con una crenulación más gruesa. La cara labial de la corona es plana y la cara lingual es convexa. En la cara lingual aparece un cuello delgado; mientras que en la labial, existe una ligera concavidad con un pequeño surco entre el límite de la corona y la raíz. La raíz es alta en la cara labial, con un límite curvo con la corona. La cara lingual de la raíz es alta, con un canal nutritivo con un foramen en la parte media. Los lóbulos de la raíz están bien separados. La cara basal de la raíz es cóncava y ligeramente arqueada. (García, 2008 y Marsili, 2007)

Biocronología: Mioceno sup- actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: *C. leucas* es una especie pelágica de aguas cálidas y templadas cercanas a la costa. Pueden penetrar en estuarios, y cursos fluviales. Tienen gran tolerancia a las condiciones híper e hiposalinas. Vive a profundidad de entre 1 y 30 m, pudiendo alcanzar hasta 150 m (Compagno, 2005). Se alimenta de otros peces óseos, tiburones, pájaros, mamíferos y multitud de invertebrados (Moreno, 1995). (García, 2008)

Carcharhinus obscurus (Le Sueur, 1818)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 152 dientes.

Descripción: Los dientes superiores de *C. obscurus* son más anchos, con raíz más espesa que *C. leucas*. Se identifican por su marcada convexidad en el margen de corte mesial de la cúspide, que causa una evidente proyección distal de su ápice (Purdy et al., 2001), ausente en *C. leucas*. (Marsili, 2007). El borde distal es vertical a casi vertical. La crenulación es más gruesa y menos regular que en *leucas*, haciéndose más gruesa en la mitad del margen.

C. leucas siempre tiene el foramen nutritivo (pequeño agujero en la raíz) más cerca de la parte inferior de la raíz, por debajo de la parte más gruesa. *C. obscurus* suele tenerlo en la zona más gruesa o por encima.

Biocronología: Mioceno sup. - Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Según Compagno (1984), el *C. obscurus* actual es un tiburón común, costero- pelágico, 0 - 400 m, usualmente 200 - 400 m, de aguas templada-cálidas y tropicales. Vive en las plataformas continentales e insulares y en las aguas oceánicas que las rodean. Esta especie se alimenta de peces óseos, tales como atunes, barracudas, jureles, anchoas, tiburones, así como los tiburones sierra, pez ángel, y *Squalus*, y de invertebrados.

Carcharhinus plumbeus (Nardo, 1827)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 11 dientes.

Descripción: Los dientes superiores laterales, tienen una corona alta y triangular, ancha en la base e inclinada hacia la comisura. Los bordes de corte están crenulados (menos que en *C. altimus*). La arista mesial es ligeramente convexa a partir de la separación del talón. La arista distal es casi vertical. En la cara lingual, el límite entre la corona y la raíz es aproximadamente rectilíneo. (García, 2008).

Discusión: Los dientes de *C. plumbeus* son mucho más aplanados labio-lingualmente que *leucas*, y algo más bajos y menos curvados que *altimus*.

Biocronología: Mioceno sup.- Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Los especímenes de *Carcharhinus plumbeus* poseen una distribución cosmopolita, habitando en todos los mares tropicales y cálidos. Son comunes en bahías, desembocaduras de ríos y en general, cerca de la línea de costa. Usualmente se encuentran entre los 20-55 metros de profundidad, aunque se pueden encontrar hasta los 280 m (Compagno, 2005 en García, 2008).

Carcharhinus priscus (Agassiz, 1843)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 44 dientes.

Descripción: Los dientes superiores son triangulares, con una cúspide más o menos estrecha. La corona está inclinada ligeramente hacia la comisura, con borde medial convexo y distal ligeramente cóncavo. La cara labial de la corona es ligeramente convexa y la cara lingual es plana a ligeramente convexa. Los talones son anchos, inclinados y finamente crenulados. Las aristas de corte de la corona están crenuladas siendo ésta algo más gruesa en los hombros, que están bien desarrollados.

La cara lingual de la raíz es masiva, con un surco medio profundo. La cara basal de la raíz es poco arqueada, siendo casi rectilínea en los dientes inferiores. Los lóbulos de la raíz se proyectan lateralmente.

En los dientes inferiores, la corona es más afilada y recta, presentando crenulación cerca de la cúspide, y siendo muy fina o inexistente en los hombros.

Discusión: *C. priscus* ha sido un cajón de sastre en el que se agrupaban todos los dientes de *Carcharhinus* de corona estrecha, tal como sucedía con *C. egertoni* con los

de corona ancha. Con el tiempo, se han ido diferenciando distintas especies, pero siempre sigue quedando la más abundante, que es la que realmente se entiende como *priscus*. La morfología recuerda a los dientes de hembras de *C. brachyurus*, pero sin el ángulo en el borde mesial; y a *C. perezii*, siendo *priscus* más estrecho de corona y presentando un borde distal más curvo y sin la muesca que suele presentar *perezii*. *Priscus* presenta unos talones más alargados que *perezii* y es más característico del Mioceno. Muy posiblemente muchos ejemplares asignados a *C. priscus* en la región europea puedan pertenecer en parte a *C. perezii*, y en parte a *C. brachyurus*.

Biocronología: Mioceno- Plioceno

Distribución biogeográfica y hábitat: *C. priscus* únicamente se registra como fósil por lo que es difícil saber con precisión el ambiente en el que vivía, pero posiblemente podrían ser formas pelágicas de aguas cálidas a templadas (García, 2008). Parece que es más frecuente en la zona europea.

Carcharhinus perezii (Poey, 1876)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Todos los yacimientos de las Fm. Arcillas de Gibraleón y Arenas de Huelva.

Material: 130 dientes

Descripción: Dientes con una cúspide estrecha, muy vertical aunque algo inclinada distalmente, con los bordes de corte serrados regularmente. El borde de corte mesial de la cúspide es convexo a ligeramente cóncavo. Los talones están muy desarrollados y son muy rectos. La raíz es alta, y posee un surco longitudinal lingual superficial.

Discusión: Son dientes muy similares a los de *C. perezii*, pero tienen una crenulación más fina y homogénea, los talones más alargados y más rectilíneos. Además la cúspide es algo más fina y vertical que en *perezii*.

Biocronología: Según Marsili, 2007, *C. perezii* ha sido registrado en los depósitos del Mioceno de la Creek Mine Lee, Carolina del Norte (Purdy et al., 2001), Pollack Farm, Delaware (Purdy 1998), el norte de Venezuela (Sánchez-Villagra et al. 2000) y la cuenca de Alvalade, Portugal (Antunes et al., 1999; Antunes y Balbino, 2004). En los depósitos del Plioceno de Lee Creek Mine, Carolina del Norte (Purdy et al., 2001), y en el Plioceno inferior de Huelva (García 2008, García et al., 2011).

Distribución biogeográfica y hábitat: Según Compagno (1984), *C. perezii* es el tiburón más común asociado con los arrecifes de coral del Mar Caribe, desde Florida a Las Antillas. Vive a una profundidad entre 1 - 65 m, habitualmente 1 - 35 m. Suele moverse cerca del fondo y se alimenta de peces óseos (Fishbase). Este tiburón no está incluido en la fauna de peces actuales del Mediterráneo.

Carcharhinus sp.
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 330 dientes.

Descripción: Por motivos de la elevada similitud entre los dientes inferiores de las especies del género *Carcharhinus*, es difícil precisar a cual corresponden la mayoría de ellos. A estos se le suman dientes incompletos. Hasta el momento, la información es insuficiente para poder realizar una determinación más precisa, por lo que únicamente se han podido asignar al género *Carcharhinus*.

Género *Galeocerdo* Müller y Henle, 1837

Galeocerdo aduncus (Agassiz, 1843)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 5 dientes.

Descripción: Los dientes son anchos y triangulares. La corona posee un borde mesial muy convexo, cuya cúspide está muy inclinada hacia la comisura, excepto en las filas anteriores donde la cúspide es mucho más recta. Este borde mesial posee una fuerte crenulación. La arista distal es corta, rectilínea, siguiendo la orientación desde la cúspide hacia la posición del foramen nutricio. Su crenulación es débil hasta alcanzar, en un ángulo cerrado, el largo hombro distal, donde la crenulación se hace compuesta (crenulación crenulada a su vez), mucho más gruesa que la mesial.

La raíz es espesa en los dientes anteriores y más plana en los dientes laterales. Las ramas de la raíz forman un ángulo más abierto en los dientes laterales. La cara basal de la raíz es cóncava.

Discusión: *G. aduncus* es muy parecido a *G. cuvier*, pero el primero es más pequeño y menos masivo, y la cúspide es más baja, sobre todo en los dientes anteriores. Posee menor grosor y altura de raíz y el borde de corte mesial es ligeramente cóncavo, mucho menos que *G. cuvier*.

Biocronología: Oligoceno inf. – Plioceno.

Distribución biogeográfica y hábitat: *Galeocerdo cuvier* es el pariente más cercano de *G. aduncus*. Suele habitar cerca de la costa e islas, aunque llega hasta profundidades de 0 - 371 m, normalmente 0-140 m. Puede vivir en estuarios, atolones coralinos y en lagunas (Compagno et al., 2005 en García, 2008). Se alimenta de todo lo que caiga a su alcance, como peces óseos y elasmobranquios, desechos y carroña, tortugas y serpientes marinas, aves y mamíferos marinos. Entre los invertebrados, se incluyen cefalópodos, crustáceos y gasterópodos. (Compagno, 1984).

Galeocerdo cuvier PÉRON Y LESUEUR, 1822
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Lepe-Carretera de El Terrón, Messiniense.

Material: 1 diente.

Descripción y Discusión: Diente de gran tamaño, grueso y alto. Es similar a *G. aduncus*, pero *G. cuvier* es mayor, más masivo, con una cúspide muy convexa y alta, con el ápice apuntando hacia arriba, más en forma de S. Tiene una crenulación más fuerte con una subcrenulación mejor desarrollada. El ejemplar está fracturado en 2 mitades y fue pegado para devolverle su estado.

Biocronología: Mioceno sup-Actualidad. Es la especie que vive actualmente. Es muy poco frecuente en la zona de estudio.

Distribución biogeográfica y hábitat: Es una especie marina y salobre, bentopelágica y oceanodroma. Vive a un rango de profundidad de 350 - 800 m, generalmente 0 - 350 m. Generalmente se encuentran cerca de la superficie hasta profundidades de 140 m. Tiene una distribución circunglobal en los mares tropicales y templados. Se mueve cerca del fondo aunque a veces son pelágicos. Hace excursiones en el océano abierto, pero no es una especie verdaderamente oceánica. Se alimenta de forma nocturna de prácticamente todo: otros tiburones, rayas, peces óseos, mamíferos marinos, tortugas, aves marinas, serpientes de mar, calamares, gasterópodos, crustáceos, detritus, incluso de especies de peces tóxicos o blindados.

Género *Rhizoprionodon* Whitley, 1929

Rhizoprionodon acutus Rüppell, 1837
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 8 dientes.

Descripción: Los dientes son pequeños y alargados mesio-distalmente. La corona, unicúspide, es fina y algo inclinada hacia la comisura. Posee amplios hombros o talones, siendo el mesial más largo. El borde de corte mesial se continúa desde el hombro. Este borde suele ser cóncavo o recto en los dientes superiores, y muy cóncavo en los inferiores.

En los superiores la cúspide es más ancha, con el borde mesial y el distal más rectos. En los inferiores, el borde distal asciende de forma algo convexa hasta el ápice. Los ejemplares de este trabajo tienen el borde mesial algo convexo hacia la mitad de la corona. La raíz es fina, plana basalmente y muy comprimida labio-lingualmente. El lóbulo mesial es más largo que el distal.

Discusión: Springer (1964) revisó y dividió el género *Scoliodon* en tres géneros: *Rhizoprionodon*, *Loxodon* y *Scoliodon* en sentido estricto. Los tres tienen los dientes

muy similares, todos con convergencias o paralelismos con algunas especies de *Sphyrna*. Compagno (1984, 1988) incluyó caracteres dentales para diagnosticar a *Rhizoprionodon*, pero con una traba, también aparecen en *Scoliodon* y *Loxodon*. La única excepción es la presencia de crenulación en los dientes de adultos de *Rhizoprionodon*. (Purdy et al., 2001)

Algunos de los aquí presentados poseen esta fina crenulación, y el lóbulo mesial más alargado, pero poseen un borde mesial más bien convexo, que es más típico de algunas especies de *Sphyrna*, aunque también aparece por ejemplo en *Rhizoprionodon lalandii* figurado en (Fernández do REIS, 2005). Puede ser debido a dimorfismo sexual, bien expuesto en Springer (1964), y en el que las hembras tienen una corona más ancha y convexa. Guarda un gran parecido con *Rhizoprionodon taxandriae* (antes *Scoliodon*) (Leriche, 1926; Antunes y Jonet, 1969-1970; Cappetta, 1970), del Mioceno Europeo; y con *Rhizoprionodon sp.* de Antunes y Balbino (2004). Sin embargo *R. taxandriae* necesita una revisión, mientras que *R. fischeuri* parece ser un taxón más sólido.

Biocronología: Mioceno – Plioceno- ¿actualidad?

Distribución biogeográfica y hábitat: La única especie actual que vive en nuestras aguas es *Rhizoprionodon acutus*. Esta especie vive en las costas del pacífico oeste, las costas de todo el índico, y en las costas orientales del atlántico, desde Angola hasta la Península Ibérica. Habita costas cálidas y templadas, desde la zona intermareal hasta una profundidad de 280 m, habituales de 5-200. Se alimenta de pequeños peces óseos.

Familia **Sphyrnidae** Gill, 1872
Género ***Sphyrna*** Rafinesque, 1810

Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibrleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 22 dientes.

Descripción: Son dientes parecidos a *Carcharhinus*. Tienen una corona ancha, e inclinada distalmente. Los bordes de corte son lisos, pudiendo presentar una crenulación muy débil en los adultos en la zona de los hombros. El margen mesial es liso a ligeramente sigmoidal. El margen distal, recto o algo convexo, desciende hasta una mella o indentación distal. Desde esta, el borde toma una forma convexa hasta el extremo distal, con un borde ligeramente ondulado. La cara labial de la corona es plana o débilmente convexa, mientras que la lingual es convexa.

La raíz tiene una cara lingual globular y alta, que se caracteriza por un torus pronunciada, por encima del cual se encuentra en la zona central un profundo surco transversal, que continúa hasta afectar a la cara basal de la raíz. Este surco separa la raíz en dos lóbulos, con un ángulo de 180 °.

Discusión: *S. zygaena* difiere de otras especies de *Sphyrna* de nuestras costas en el mayor tamaño de los dientes, y por la convexidad del margen mesial. (Marsili, 2007)

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: *S. zygaena* es un tiburón cosmopolita, activo y muy común en los entornos costeros y pelágicos dentro de la plataforma continental e insular (Compagno, 1984). Vive en un rango de profundidad que va desde la superficie hasta los 200 m, aunque suele vivir entre los 0 a 20 m.

Superorden **Batomorphii** Cappetta, 1980
Orden **Rajiformes** Berg, 1940
Suborden **Rajoidei** Garman, 1913
Familia **Rhinobatidae** MÜLLER & HENLE, 1837
Subfamilia **Rhinobatinae** Bonaparte, 1835
Género **Rhinobatos** Linck, 1790

***Rhinobatos* sp.**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Cruce de Trigueros, sección Lepe-carretera de El Terrón (ambos messisienses); Sección Bonares- casa del Pino (Plioceno inferior)

Material: 16 dientes. CT-9, CTE-2, CTE-4, BON-11, BON-15 (en esta muestra hay 11 dientes)

Descripción: Dientes de pequeño tamaño, gloulares, con una cresta transversal, bien marcada en la mayoría de casos, cortante y rectilínea que no llega a los ángulos marginales. Los ángulos laterales son obtusos y romos. La visera labial de la corona tiene un contorno algo anguloso en la parte central. El reborde inferior de la visera labial es largo, convexo y más espeso junto al surco de la raíz. La visera lingual de la corona tiene un contorno sinuoso, con los bordes laterales subparalelos, rectilíneos a ligeramente cóncavos (García et al, 2014). El borde posterior presenta una expansión media o úvula, bordeada a cada lado por una úvula más corta, más o menos alargada que en conjunto le dan el típico aspectos de huella tridáctila de ornitópedo. La raíz es baja, estrecha y bilobulada.

Distribución biogeográfica y hábitat: *Rhinobatos* habita actualmente en todos los mares tropicales y cálidos (Cappetta, 1987). La abundancia de sus dientes es indicativa de medios poco profundos (Cappetta y Cavallo, 2006). Actualmente en la costa de huelva podemos encontrar a *Rhinobatos cemiculus* Geoffroy Saint Hilaire, 1817 y a *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758). *R. rhinobatos* es una especie demersal que habita en fondos arenosos y fangosos, desde la zona intermareal hasta unos 100 m. Vive en el Atlántico oriental: desde el sur del Golfo de Vizcaya a Angola, incluyendo el mar Mediterráneo. A veces cerca de los arrecifes rocosos. Natación lenta sobre el fondo o parcialmente enterrado. Se alimenta de invertebrados bentónicos y peces. (Fishbase)

Familia **Rajidae** Bonaparte, 1831
Genero **Raja** Linnaeus, 1758

Raja olisiponensis Jonet 1968
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios. En el muestreo sistemático se han localizado en la sección de Lepe- carretera de El Terrón (Messiniense)

Material: 2 dientes siglados CTE-3 y CTE-4, y 18 dientes no siglados, 3 de ellos unidos en posición de vida AT120410-048.

Descripción: Dientes en mayor proporción de machos, y alguno de hembras. Son dientes con una cúspide alta y afilada, con la corona con esmalte liso. En vista oclusal, se ve la corona más expandida en sentido labio- lingual. La cresta transversal es cortante y está bien marcada, separando las caras labial y lingual de la corona. La cara labial de la corona está muy desarrollada, mientras que la lingual es más pequeña y de perfil cóncavo. En la vista oclusal, el reborde de la visera labial es aproximadamente redondeado, con un mandil más saliente en su parte media. El contorno lingual de la corona es sinuoso. Presenta una úvula en la parte media, muy prominente y redondeada. La raíz posee dos lóbulos con la cara basal plana. Los lóbulos se encuentran separados por un largo canal mediano. En la parte media del canal mediano aparecen forámenes de tamaños variados. (García et al, 2014)

Discusión:

Se compararon los dientes con los de *Raja olisiponensis* de Balbino (1995), García (2008) y García et al., (2014).

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie *Raja olisiponensis* es exclusivamente fósil. Especie demersal de zonas subtropicales y templadas. Según Se trata de los dientes de la especie actual Raja (Rostroraja) alba como *Raja olisiponensis* más similar (tamaño, forma de los lóbulos de la raíz, machos y hembras lateral y anterior tienen una cúspide más o menos alargada , después tiene una corona de contorno corona achatada). Esta sub-género, que incluye una especie, *R. alba*, se informó en el Atlántico y el Mediterráneo, desde 350 hasta 500 m de profundidad (Hermann, 1995).

***Raja* sp.**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 20 dientes.

Descripción: Según Laurito (1999), los Rajidae poseen numerosos dientes aplanados o redondeados, con o sin cúspide aguda.

La dentición de este género está compuesta por muchas filas de dientes estrechas e imbricadas o en filas independientes, dependiendo de las especies (Capetta, 1987). Presenta dimorfismo sexual en la morfología dentaria. Poseen el esmalte liso. Los dientes de los machos poseen una cúspide desarrollada y alta, mientras que los de las hembras tienen las coronas redondeadas. Poseen una úvula bien desarrollada. La cara

labial de la corona se encuentra más desarrollada. La cara lingual es más pequeña y de perfil cóncavo.

La raíz esta levantada y expandida mesio-distalmente, especialmente sobre los dientes cuspidados. Los lóbulos de la raíz son anchos y rectos. Entre los lóbulos de la raíz existe un canal mediano bien marcado, que se ensancha labialmente y posee uno o varios poros centrales. La raíz es muy estrecha al nivel del cuello. (García, 2008)

Distribución biogeográfica y hábitat: Las rayas son peces bentónicos, que habitan en la plataforma continental en mares fríos y templados (Balbino, 1995).

Orden **Myliobatiformes** Compagno, 1973

Familia **Dasyatidae** Jordan, 1888

Género **Dasyatis** Rafinesque, 1810

Dasyatis gr. centroura (Mitchill, 1815)

(Lám. X, figs. X)

Material: 10 dientes no siglados, 8 de la Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior), y 2 de la Fm. Arcillas de Gibrleón (Messiniense).

Descripción: Se recolectaron 8 dientes de hembra y 2 de macho. Son dientes de gran tamaño para los Dasyatideos. La corona es ancha mesio-distalmente. La cresta transversal está presente y separa la cara labial de la lingual. Esta cresta es cortante hasta los ángulos marginales agudos. En vista oclusal, la corona tiene un contorno aproximadamente ovalado a romboidal. Este contorno puede presentar crestas de esmalte en sentido labio-lingual. En la cara labial de la corona existe una depresión medio lingual de forma subcircular, con el fondo prácticamente liso. El contorno de la cara lingual es ligeramente convexo. La visera lingual de la corona se sobrepone a los lóbulos de la raíz, ocultándolos parcialmente. Los dientes laterales son más elongados mesio-distalmente. La raíz inclinada lingualmente. El canal radicular es largo y profundo. La cara basal de los lóbulos es plana a ligeramente ovalada. En la parte central del canal radicular, aparece un foramen (García 2008).

Distribución biogeográfica y hábitat: *Dasyatis centroura* es una especie costera demersal que se encuentran sobre fondos arenosos y fangosos en un rango de profundidad de 3 a 270 m, por lo general entre 15 a 50 m. Se alimenta de invertebrados y peces de fondo. Presente en ambos lados del Océano Atlántico. Atlántico Occidental: Georges Bank al este del Golfo de México, el sur de Brasil hasta Argentina; Atlántico oriental: el sur del Golfo de Vizcaya a Angola, incluyendo el Mar Mediterráneo, Madeira y Canarias (Fishbase).

Dasyatis gr. gigas (Günther, 1870)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Cruce de Trigueros , Lepe-cooperativa la Bella, Lepe- carretera de El Terrón, (Messiniense), y Sección Bonares- Casa del Pino (Plioceno inferior).

Material: 9 dientes en las muestras CT-8, LEPE-2, CTE-1, CTE-2, BON-4, BON-13

Discusión: Se comparó con los ejemplares de Balbino (1995), Antunes, et al. (1999), Balbino y Antunes (2006) y García (2008)

Descripción: Se conservan dientes tanto de macho como de hembra. Los machos tienen una corona alta y comprimida lateralmente. En vista oclusal, el contorno de la corona parece tener una forma aproximada a un corazón (García, 2008) debido a la depresión media de la cara labial. El esmalte del diente es liso. La cresta transversal es puntiaguda. Los ángulos marginales se encuentran bien marcados. En la parte media de la zona labial de la corona, existe un pequeño canal que termina en el reborde inferior de la visera labial. La visera labial presenta una protuberancia media en el borde inferior. El reborde de la visera lingual de la corona es sinuoso y muy convexo en la zona de unión con la raíz. Los lóbulos de la raíz se encuentran inclinados hacia el interior y están bastante desarrollados. Ambos lóbulos se encuentran separados por un amplio canal radicular y están arqueados en los extremos (García, 2008).

Distribución biogeográfica y hábitat: Son bentónicos típicos de aguas costeras poco profundas. Pueden frecuentar estuarios y cursos de agua fluviales.

Dasyatis pastinaca Linnaeus, 1758 o *Dasyatis marmorata* Steindachner, 1892
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección de Cruce de Trigueros, sección Lepe-Cooperativa La Bella (ambos del Messiniense), y sección Bonares- Casa del Pino (Plioceno inferior).

Material: 3 dientes, en CT-1, LEPE-1y BON-8

Descripción: Dientes pequeños, de forma ovalada a romboidal, con una fuerte ornamentación alveolar en la cara labial de la corona. La cresta transversal esta bien marcada. Pueden apreciarse ángulos marginales. El reborde la visera lingual de la corona se sobrepone un poco a la raíz. La raíz, es bilobulada y se encuentra dirigida hacia atrás. El canal radicular presenta un foramen en posición labial. Como es común en el género, los machos tienen una cúspide central más alta y ancha, inclinada lingualmente, y que se encuentra ornamentada prácticamente en su totalidad. La raíz no es muy alta y se encuentra dirigida hacia atrás. Dentro del canal radicular existe un pequeño foramen (García 2008).

Discusión: Debido a la semejanza entre las formas de *D. marmorata* y *D. pastinaca*, se optó por una clasificación en conjunto.

Distribución biogeográfica y hábitat: *D. Pastinaca* es una especie marina costera, que entra en lagunas costeras, bahías poco profundas y estuarios. Demersal, vive en un rango de profundidad de 5 - 200 m, aunque por lo general se encuentra entre 20 - 35 m sobre fondos arenosos y fangosos, a veces cerca de los arrecifes rocosos. Se alimenta de peces de fondo, crustáceos y moluscos. Se distribuye por el Noreste del Océano Atlántico, el Mar Mediterráneo y la costa africana hasta el Senegal. *D. marmorata* es se encuentra entre los 12 y 65 m en del Atlántico oriental y el Mediterráneo: Marruecos, Mauritania al Congo. Se extiende a Sudáfrica Se encuentra en las playas de arena y bahías poco profundas, a veces cerca de los arrecifes rocosos. Se encuentra en zonas de

alta mar más profundas durante la temporada de invierno. Se alimenta de cangrejos, camarones mantis, anfípodos, gusanos y peces (Fishbase).

***Dasyatis* sp.**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 12 dientes.

Descripción: Los dientes son muy parecidos a los de *Raja*, tanto en morfología como en tamaño. La característica principal que separa a este género del de *Raja*, es que en *Dasyatis*, la cara labial de la corona presenta ornamentación, y en *Raja* es lisa. En los machos, la cresta o cúspide está más comprimida mesio-distalmente en *Raja*, mientras que en *Dasyatis* lo es en sentido labio-lingual.

Distribución biogeográfica y hábitat: Las actuales *Dasyatis* son rayas costeras, frecuentan las aguas poco profundas (incluidos estuarios y ríos) y prefieren temperaturas subtropicales y tropicales. Las rayas tienen aguijón/es sobre su cola en forma de látigo. La dentición es de tipo apresamiento-triturador, con las que se alimentan de pequeños peces, crustáceos y moluscos, al igual que *Raja*.

Familia **Gymnuridae** FOWLER, 1934
Género **Gymnura** VAN HASSELT, 1823

Gymnura altavela (Linnaeus, 1758)
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Lepe- carretera de El Terrón, Messiniense

Material: 1 diente CTE-2

Descripción: Diente de pequeño tamaño. La corona es alta y estrecha, y muestra una sola cúspide medial convexa y curvada lingualmente. En los laterales se abren dos protuberancias labiales prominentes, anchas y redondeadas que le dan la típica apariencia de "sombrero de tres picos" a la corona. Esto se ve reforzado por la presencia de un marcado surco labial que va de ápice a raíz. La corona es más estrecha en su base que en los ángulos laterales. Tanto en la cara labial como la lingual de la corona son de esmalte liso. La raíz es baja y más pequeña que la corona, estando algo comprimida en sentido linguo-labial. Está bilobulada, con un surco medio profundo y claramente más amplio en la región anterior.

Discusión: Se comparó con los ejemplares de *Gymnura* en Cappetta (1984). Antunes et al., (1999). Underwood y Schlögl, 2013, Herman, (1984) y Elasmocom.

Distribución biogeográfica y hábitat: Actualmente en la costa de Huelva aparece *Gymnura altavela* (Linnaeus, 1758) (Ictioterm) y *Gymnura micrura* (Bloch y

Schneider, 1801) aparece en aguas más cálidas, en las costas atlánticas tropicales africanas pero no aquí. (Fishbase). *Gymnura altavela* es una especie marina y salobre, demersal, que se mueve en un rango de profundidad de 5-100 m, generalmente sobre fondos de arena y barro entre 50 a 55 m, donde se alimenta de peces, crustáceos, moluscos y plancton. *G. altavela* es una raya de gran tamaño, con hasta 4 m de ancho. Se distribuye por el Atlántico Occidental: el sur de Nueva Inglaterra, Estados Unidos, Brasil a Argentina; y Atlántico oriental: Portugal hasta Angola (incluyendo el Mediterráneo, el Mar Negro, Madeira y las Islas Canarias).

Familia **Myliobatidae** Bonaparte, 1888

Género ***Aetobatus*** Blainville, 1816

***Aetobatus* sp.**

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 13 dientes.

Descripción: La dentición de este género, al igual que el resto de los miliobatoideos es de tipo triturador, caracterizada por un aparato masticatorio consistente en dos placas dentales, una superior y otra inferior, con la que estos animales aplastan las conchas de los moluscos, equinodermos y crustáceos que comen. Cada una de estas placas está formada por una o varias hileras de dientes adosados a modo de adoquines de una acera o camino, sucediéndose las hileras labio-lingualmente. La orientación de estos dientes es diferente a la de los demás grupos, ya que la boca solo tiene apertura frontal. Así, la zona labial quedaría al frente de la foca, y la lingual, hacia el interior del cuerpo.

En este género, las filas laterales se han reducido hasta desaparecer. La fila media (de la zona central de cada hilera) se ensancha progresivamente, constituyendo toda la placa dentaria. La corona es densa y baja, con una sección rectangular. Su cara superior es lisa. La altura de la corona disminuye en dirección hacia los bordes. Bajo la corona, se localiza la raíz, que es de tipo poliaulacorhiza, formada por surcos y láminas de orientación labio-lingual, que le dan un aspecto de peine. La raíz se encuentra muy inclinada lingualmente, sobre todo en la placa inferior. Este género no posee un reborde lingual de esmalte, sino de dentina. Este borde muy fino no muestra un depresión de la corona sobre él como en los otros géneros; por lo que al expandirse la raíz, aparece entre esta y la corona una zona plana de dentina. La placa superior tiene los bordes de la corona bajos y suavemente curvados hacia la cara lingual. En la placa inferior es más acusado, dando a cada diente medio un característico aspecto en V.

Distribución biogeográfica y hábitat: Son animales bento-pelágicos y viven en zonas costeras a poca profundidad (1-60 m) en aguas tropicales y subtropicales.

Género ***Pteromylaeus*** Garman, 1913

***Pteromylaeus* sp.**

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 117 dientes.

Descripción: La dentición de este género esta compuesta por una fila de dientes medios y a cada lado tres filas de dientes laterales cada vez más pequeños. Los dientes medianos presentan un alargamiento mesio-distal y los dientes laterales, un alargamiento labio-lingual.

La corona es alta, de sección cuadrada. La altura de la corona disminuye hacia los bordes, que acaban con una morfología triangular, donde a cada lado encaja un diente lateral hexagonal. La cara lingual de la corona es vertical y se encuentra ornamentada con pequeñas perforaciones. En su parte baja aparece un reborde lingual. La cara labial es vertical y se encuentra ornamentada con pequeñas puntas. En la vista basal de la corona, se puede observar un fino reborde que separa a la corona de la raíz. Desde la cara superior, el diente es muy ancho, y muestra una morfología algo ondulada, con la zona central y los extremos algo desplazados lingualmente.

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Son los restos de batoideo más abundantes. El género *Pteromylaeus*, habita en aguas costeras en regiones templadas, cálidas y tropicales (Balbino, 1995). La actual y común *P. bovinus* vive entre los 10 - 150 m de profundidad.

Género *Myliobatis* Cuvier, 1817

Myliobatis sp. (Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 62 dientes.

Descripción: Los dientes de *Myliobatis* son muy parecidos a los de *Pteromylaeus* en cuanto a características morfológicas, pero difieren en las proporciones. *Myliobatis* es más corto mesio—distalmente. La cara superior de la corona suele ser plana, y es la cara inferior del diente la que se curva dando un aspecto convexo en la raíz. *Myliobatis* no presenta esa doble curvatura de *Pteromylaeus* en vista superior. Los bordes no están desplazados, y no se adelgazan, sino que terminan con un mayor espesor. *Pteromylaeus* suele tener la raíz más extendida lingualmente.

Biocronología: Mioceno sup. – Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: La actual *Myliobatis aquila* es bento-pelágica y vive a una profundidad de 1 - 300 m.

Familia **Rhinopteridae** Jordan y Everman, 1896
Género **Rhinoptera** Cuvier, 1829

Rhinoptera sp.
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 28 dientes.

Descripción: Según Balbino (1995), las placas dentarias de *Rhinoptera* están constituidas por una fila media y varias filas laterales, cuya longitud disminuye hacia los extremos. Los dientes tienen el contorno hexagonal, con excepción de la fila marginal, que son pentagonales. Los dientes medios son largos, aunque son de menor tamaño que los que corresponden a *Myliobatis*. Generalmente, los dientes son simétricos en vista labial. La cara lingual de la corona es vertical. En el límite entre la corona y la raíz existe un reborde que sobresale, sobre todo en los dientes superiores. Los superiores tienen el borde labial superior de la corona rebajado. La cara superior de la corona suele ser plana, y es la raíz la que es cóncava es su cara basal. Las láminas de la raíz apenas sobresalen de la corona. En sentido labio-lingual. En vista de perfil, la raíz se encuentra algo inclinada lingualmente. En vista superior, el diente curva sus extremos hacia la cara labial.

Biocronología: Mioceno sup- Actualidad

Distribución biogeográfica y hábitat: Actualmente habitan en aguas costeras de las regiones tropicales (Cappetta, 1987). Las especies actuales del género poseen un modo de vida bentónico y habitan en la zona litoral/nerítica de las aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Mendiola y López, 2005 en García, 2008). *Rhinoptera marginata* es la más común en nuestras aguas. De 0-25 m de profundidad aprox.

Batoideos indeterminados.

Aguijones caudales
(Lám. X, figs. X)

Localidad: En todos los yacimientos aparecen fragmentos. Son más abundantes en las Arenas de Huelva por ser un medio más somero.

Material: 86 fragmentos de aguijones.

Descripción: Varios géneros de batoideos disponen en la base de su cola de uno o varios aguijones venenosos que son lanzados como defensa. Estos aguijones son agudos y alargados, comprimidos dorso-ventralmente, con una hilera de púas a cada lado que apuntan hacia la base y se van haciendo más finas en el ápice del aguijón. La cara

ventral es ósea, engrosada centralmente. La cara dorsal está esmaltada, y presenta surcos por los que discurren los canales del veneno.

Orden **Pristiformes** sensu McEachran y Aschiliman, 2004
Familia **Pristidae** Bonaparte, 1835
Género ***Pristis*** Linck, 1790

***Pristis* sp.**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimiento de Corrales –Santa Clara 1, Fm Arenas de Huelva, plioceno inferior.

Material: 1 diente rostral incompleto. AT111202-027

Descripción: Un diente rostral alargado (23 mm conservados), estrecho (6 mm máxima anchura) y muy aplastado dorso-ventralmente (grosor máximo en la base 3 mm). Las caras dorsal y ventral presentan estrías finas y longitudinales, más marcadas hacia la base. No se conserva el ápice. El borde anterior es ligeramente convexo y el posterior más rectilíneo. El borde anterior presenta una finísima crenulación ondulante, mientras que la posterior es más lisa pero aún algo sinuosa hacia el ápice, y algo más afilada.

Discusión: Actualmente tres especies de *Pristis* habitan en aguas del Atlántico: *Pristis pectinata*, *Pristis perotteti*, y *Pristis pristis*. Son peces de agua marina y salobre. *Pristis pectinata* vive a una profundidad de 0 - 10 m., mientras que *P. perotteti* entre 1 - 122 m. Se alimentan de peces y otros animales de fondo.

Ictiorodulitos: Además de todo esto, aparecen varios tipos de escamas placoideas sin determinar y numerosas vértebras.
(Lám. X, figs. X)

SISTEMÁTICA DE OSTEÍCTIOS

Se ha seguido la clasificación de Betancur et al. (2014), que combina los últimos datos morfológicos y genéticos. Versión actualizada a 31 Julio de 2014.

Megaclase **Osteichthyes** Huxley, 1880
Superclase **Actinopterygii** Klein, 1885
Clase **Actinopteri** Cope, 1871
Subclase **Neopterygii** Regan, 1923
Infraclase **Teleostei** Müller, 1846
Megacohorte **Elopocephalai** sensu Arratia (1999)

Supercohorta **Elopocephala**
Cohorte **Elopomorpha** (Greenwood et al. 1966)
Order **Anguilliformes** Greenwood et al. 1966
Familia **Congridae** Kaup, 1856
Género **Bathycongrus** Ogilby, 1898

Bathycongrus cf. nagymarosyi Nolf y Brzobohaty, 1994
(Lám. 10, fig. 3)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca, Unidades 1 y 2, Messiniense.

Material: 1 otolito, CART-5 (15)

Descripción: Los otolitos de este género son de pequeño tamaño, ovales a pentagonales, con el contorno inferior redondeado y uniforme, contorno dorsal con la porción anterior convexa, a veces recta y porciones superior y posterior casi rectas con contactos angulosos. El *sulcus*, de tipo mesial se localiza en la zona central cercano a la parte ventral, algo desplazado hacia el lado anterior. Los *culliculum* no se diferencian.

Discusión: Coincide con la ilustración del género *Rhechias* Jordan, 1921, en Laurito (1996, Lam 1). El género *Rhechias* no es válido en la actualidad, siendo sustituido por *Bathycongrus* (Marinespecies.org). El ejemplar es muy similar a *Bathycongrus nagymarosyi* ilustrado en Lin et al., (2015), o en Schwarzhans (2010).

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual más cercana, *Bathycongrus bertini* (Poll, 1953), vive en aguas templadas-cálidas del Atlántico oriental, desde Mauritania a Angola. Marina batidemersal; rango de profundidad 200 - 400 m. Son depredadores puros y se alimentan principalmente de cefalópodos y pequeños crustáceos.

Género *Rhynchoconger* Jordan y Hubbs, 1925

Rhynchoconger pantanelli (Bassoli y Schubert, 1906)
(Lám. 11, figs. 2)

Localidad: Sección Cartaya- Alfonsoeca, Unidades 1 y 2, Messiniense.

Material: 1 otolito, CART-5 (10)

Descripción: Otolito de forma ovalada, con bordes dorsal y ventral lisos y convexos, con el contorno ventral más curvo mientras que el contorno dorsal es más plano. El borde anterior es redondeado y el posterior un poco más agudo. El surco acústico es superficial y tiene una abertura paraostial. El ostio y la cauda apenas se diferencian. Existe una pequeña excisura que separa el rostro del antirrostró. En el área dorsal presenta una depresión, que en este caso además está más erosionada. El otolito está algo desgastado, por lo que apenas se aprecian las cristas superior e inferior.

Discusión: El otolito se ha comparado con los ilustrados en Laurito (1996), Girone, (2006), y García (2008).

Biocronología: *Rhynchoconger pantanelli* se ha registrado en el área mediterránea desde el Mioceno superior hasta el Plioceno superior de Italia y Francia (Nolf y Steurbaut, 1983; Nolf et al., 1998; Nolf y Brzobohatý, 2004; Girone et al., 2006). También se ha encontrado en el Mioceno inferior y medio de Aquitania y el Mioceno medio de Rumanía y Austria (Steurbaut, 1984). En España se ha localizado en el Mioceno medio de Penedès, Cataluña (Hoedemakers y Batllori, 2005), en el Plioceno inferior de Papiol, Barcelona (Nolf et al., 1998), y en el plioceno de Huelva (García, 2008). *R. pantanelli* está extinta hoy día.

Distribución biogeográfica y hábitat: El género *Rhynchoconger* está ausente en el Mediterráneo, pero se encuentra en todos los océanos. Viven en aguas profundas, tropicales y semi-templadas, son bentónicos de plataforma y del talud (150-450 m), aunque algunas especies viven en aguas más someras.(Fishbase)

Supercohorta **Clupeocephala**
Cohorte **Euteleosteomorpha**
Subcohorta **Neoteleostei**
Infracohorte **Eurypterygia**
Sección **Ctenosquamata**
Subsección **Myctophata**
Orden **Myctophiformes** Regan, 1911
Familia **Myctophidae** Gill, 1893
Género ***Diaphus*** Eigenmann y Eigenmann, 1890

Diaphus aff. brachycephalus (Taning, 1928)
(Lám. 10, fig. 1)

Localidad:

Material: 22 otolitos

Descripción: Otolito con forma discoidal algo oblonga. Los márgenes dorsal y ventral son convexos, en tanto que el dorsal es ligeramente irregular y el ventral es más sinuoso, redondeado y marginado posteriormente. El margen posterior es redondeado. En el margen anterior presenta una cisura mayor moderada, poco profunda y con ángulo amplio. El antirrostró es pequeño y con una punta redondeada. El rostro es corto, sólo algo mayor que el antirrostró, moderadamente amplio y agudo con la punta redondeada. Presenta un surco de arco poco profundo cerca del margen ventral, así como una depresión dorsal poco profunda y ovalada cerca de la cauda. El surco acústico es poco profundo y está dispuesto subhorizontalmente, con una ligera orientación de la cauda hacia el borde dorsal. El tipo de abertura del surco acústico es ostial. El surco es heterosulcoide, con el ostio y la cauda bien diferenciados. La cauda es corta, peor definida posteriormente y está algo desplazada hacia el dorso respecto el ostio. Presenta un colliculum oval oblongo y un pseudocolliculum, cerca de la crista inferior, tan largo

como el colliculum. El ostio es alargado, unas 2 veces el tamaño de la cauda, con un colliculum grande, bajo y rectangular. Estructura collicular heteromorfa. Collum ausente. La crista inferior está mal desarrollada a lo largo de todo el surco. La crista superior es de perfil bajo desde el ostio a la cauda media, y está peor desarrollada posteriormente. El otolito es de perfil moderadamente grueso, con la cara interna lisa y la cara externa convexa.

Discusión: Los ejemplares hallados son similares a los determinados por García (2002) como *D. aff. D. brachycephalus*. También coinciden con Toscano *et al.*, (2009)

Distribución biogeográfica y hábitat: El género *Diaphus* está constituido por pequeños peces marinos que habitan las zonas mesopelágicas. Presentan boca y ojos grandes, aleta adiposa y órganos luminosos o fotóforos repartidos por su cuerpo (figura 2, derecha). *Diaphus brachycephalus* alcanza un tamaño máximo de 6 cm. Se distribuye por todo el globo entre los 42°N y 33°S, a profundidades entre 175-550 m durante el día, y cerca de la superficie durante la noche. Estas migraciones diarias son motivadas por la búsqueda de alimento (copépodos, quetognatos anfípodos y eufasiáceos), a la vez que ellos mismos juegan un importante papel en la cadena trófica como alimento de cetáceos o escómbridos (Corbera, 2000). Estos depredadores pueden excretar los otolitos de sus presas en ambientes neríticos (Nolf y Stringer, 1992).

Diaphus splendidus (Brauer, 1904)
(Lám. 10, fig. 1)

Localidad:

Material: 19 otolitos

Descripción: Otolito con forma ovalada oblonga. Los márgenes dorsal y ventral son convexos, sinuosos a irregulares, siendo el ventral más redondeado. El margen posterior es amplio y redondeado, con el ángulo postero-dorsal ligeramente en forma de S. En el margen anterior presenta una cisura mayor moderadamente amplia, poco profunda y aguda. El antirrostro es pequeño, estrecho y con una punta redondeada. El rostro es grande, amplio y agudo con la punta redondeada. El surco acústico es poco profundo y está dispuesto subhorizontalmente, con una ligera orientación de la cauda hacia el borde dorsal. El tipo de abertura del surco acústico es ostial. El surco es heterosulcoide, con el ostio y la cauda bien diferenciados. La cauda es corta y está algo desplazada hacia el dorso respecto el ostio. Presenta un colliculum oblongo y un pseudocolliculum, cerca de la crista inferior, tan largo como el colliculum. El ostio es alargado, unas 2 veces mayor que la cauda, con un colliculum grande, bajo y oblongo. Estructura collicular heteromorfa. Collum ausente. La crista inferior está mal desarrollada a lo largo de todo el surco. La crista superior es de perfil bajo desde el ostio a la cauda media, y está peor desarrollada posteriormente. El otolito es de perfil grueso, con la cara interna lisa y la cara externa convexa.

Discusión: En comparación, los otolitos de *D. splendidus* presentan un perfil más alargado y un margen ventral menos convexo que otros miembros del género. Los ejemplares hallados son similares a los determinados como *D. splendidus* por García,

(2008). Se han comparado también con los ilustrados por Girone (2006), AFORO, NMITA y Tuset (2008).

Bioestratigrafía: Especies afines a *D. splendidus* se han registrado desde el Mioceno en Italia, así como en el Plioceno inferior de Cataluña (Nolf y Cavallo, 1994; Nolf *et al.*, 1998; Girone *et al.*, 2006) y Andalucía (García, 2008, Toscano *et al.*, 2009)

Distribución biogeográfica y hábitat: *Diaphus splendidus* es una especie algo mayor que *D. brachycephalus*, (hasta 9 cm) y tiene una distribución biogeográfica similar (43°N-27°S), llegando a observarse hasta a 750 m de profundidad durante el día (Hulley, 1990).

Diaphus sp.
(Lám. 10, fig. 1)

Localidad:

Material: 15 otolitos

Discusión: otolitos que por su grado de erosión y desgaste o por tratarse de fragmentos, solo pueden ser asignados al género *diaphus*, sin ser posible precisar más su identificación.

Bioestratigrafía: *Diaphus* es muy abundante entre los peces mesopelágicos. Desde el Eoceno inferior, sus otolitos han sido encontrados en casi todos los sedimentos de aguas profundas y en ambientes neríticos con influencia oceánica, por lo que son útiles para realizar correlaciones estratigráficas (Nolf, 1985). En estos ambientes, es uno de los géneros dominantes hasta el Plioceno superior (Brzobohaty y Nolf, 1996) y aún sigue siendo abundante en la actualidad.

Distribución biogeográfica y hábitat: El género *Diaphus* esta formado por pequeños peces marinos que habitan la zona mesopelágica. Se distribuye por todo el globo entre los 42 °N y 33 °S, a profundidades entre 175-550 m durante el día, y cerca de la superficie durante la noche. (Hulley, 1990).

Género *Lampanyctus* Bonaparte 1840
cf. *Lampanyctus*
(Lám. 10, fig. 4)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca, Unidad 1 y 2, y Sección Lepe- Cooperativa La Bella, Unidad 5, ambas del Messiniense.

Material: 2 otolitos, LEPE-1 (5) y CART-1 (22)

Descripción: Otolito alto, elongado verticalmente, de contorno ovalado a sub cuadrangular, pero con los márgenes dorsal y mesial redondeados y enteros. El surco acústico es de tipo heterosulcoide, ostial, y se localiza en su zona media, dividiéndolo visualmente en una mitad superior y otra inferior. El surco acústico o *sulcus* es amplio y

bien marcado, distinguiéndose las porciones ostial y caudal, siendo la caudal la más corta. No se aprecian los colliculos. La superficie interior es plana, algo rugosa; la cara exterior es curvada y lisa.

Discusión: Se compararon estos otolitos con los de *Lampanyctus cupriarius* de la base de datos del NMITA, y con *Lampanyctus macdonaldi* en Campana, (2003, pág. 113)

Distribución biogeográfica y hábitat: *Lampanyctus* es un género de peces distribuidos por gran parte de los mares y océanos del planeta. Son llamados peces linterna y linternillas por su uso de la bioluminiscencia. Son marinos, epipelágicos a batipelágicos que viven en aguas profundas (300 -1200 m) de día y ascienden durante la noche. Se alimentan de zooplankton, y constituyen un alimento para muchos depredadores, constituyendo un elemento muy importante en la base de la cadena trófica marina.

Subsección **Acanthomorphata**

División **Paracanthomorphacea** sensu Grande et al. (2013)

Serie **Zeiogadaria** (= Zeiogadiformes sensu Li et al. (2009))

Subserie Gadariae

Orden **Gadiformes** Goodrich, 1909

Suborden **Gadoidei** Goodrich, 1909

Familia **Gadidae** Rafinesque, 1810

Subfamilia **Gadinae** Rafinesque, 1810

Género **Gadiculus** Guichenot, 1850

Gadiculus labiatus (Schubert, 1905)

(Lám. 10, fig. 4)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca, Unidades 1 y 2, Messiniense; y Sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior

Material: 4 otolitos: CART-1 (12), BON-12 (4), BON-13 (5) y BON-13 (17).

Descripción: Las sagittas son pequeñas, de contorno elipsoidal. Los bordes dorsal y ventral son convexos y asimétricos. El borde dorsal es lobulado, y el ventral sinuoso. El surco acústico es más o menos profundo, aproximadamente horizontal, de tipo pseudo-ostiocaudal y con una constricción poco marcada. Pueden distinguirse el ostio y la cauda, que son ovalados. Una pequeña y poco marcada excisura separa a rostro y antirrostro, ambos redondeados. No se aprecia relieve en la crista superior ni inferior, aunque puede deberse al ligero grado de erosión de los otolitos. Por debajo de la crista inferior aparece un pseudo-colliculum medial casi tangente a los colliculos. El surco ventral está cerca del borde ventral, recorriendo todo el borde ventral.

Discusión: Se comparo las figuras de otolitos de *G. labiatus* de los trabajos de Girone et al. (2006, Fig. 3.4) y García (2002, 2008).

Biocronología: Se ha registrado *G. labiatus* en el Burdigaliense y Languiense del Paleocañón de Saubrigues, Aquitania meridional de Francia (Nolf y Brzobohaty, 2002);

Mioceno inferior de las arenas de Edegem, Bélgica y Mioceno medio de las arenas de Zondershot, Bélgica (Nolf, 1985); Langhiense inferior de Piemonte, Italia (Sturbaut, 1983); Mioceno, Zancliense, Piacenciense, Gelasiense y Pleistoceno de las secciones de Vrica y Torrente Stirone, Italia (Girone *et al.*, 2006); Zancliense y Piacenciense del sureste de Francia (Nolf y Cappetta, 1988) y en el Plioceno inferior de Monticello de Alba, Piemonte, Italia (Nolf y Cavallo, 1994). En España se ha registrado en el Plioceno de Figueras, Cataluña (Nolf y Martinell, 1980) y Plioceno inferior de Papiol (Nolf *et al.*, 1998) y en el Plioceno inferior de Huelva (García, 2008). *G. labiatus* es una especie extinta hoy día.

Distribución biogeográfica y hábitat: Ver paleoecología en este mismo apartado para *Gadiculus argenteus*.

Gadiculus argenteus (Schubert, 1905)
(Lám. 10, fig. 4)

Localidad: Sección Cartaya- Alfonseca, Unidad 1, Messiniense.

Material: 1 otolito. CART-1 (7)

Descripción y discusión: Los otolitos de *G. argenteus* son muy similares a los de *G. labiatus*. Se diferencian en que *G. labiatus* tiene los bordes más lisos que en *G. argenteus*, cuyos bordes tienden a ser más crenulados. Como comenta García (2008), “se observo que en la cara interna los otolitos de *G. argenteus* existen estrías radiales, en los otolitos *G. labiatus* estudiados no se perciben”. El otolito aquí estudiado si presenta esas estrías radiales, perteneciendo por tanto a *Gadiculus argenteus*. Dentro de esta especie, los otolitos de *G. argenteus thori* y *G. argenteus argenteus* pueden distinguirse bien en peces adultos, sin embargo, en otolitos de pequeño y medio tamaño estas características no están tan claras. Por consiguiente, se asignan como *G. argenteus* (Girone *et al.*, 2006).

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie actual *G. argenteus* esta dividida en dos subespecies *Gadiculus argenteus argenteus* Guichenot, 1850 y *Gadiculus argenteus thori* Schmidt, 1914. La especie *G. argenteus argenteus* es batipelágica, viviendo sobre la plataforma continental a profundidades de 100-1000 m. Es una especie propia del Noreste del Atlántico, no migratoria. Se encuentra en el Mediterráneo occidental y en el Atlántico alrededor del Estrecho de Gibraltar y al sur por la costa marroquí. *G. argenteus thori* se distribuye desde el Golfo de Vizcaya hasta el oeste de las Islas Británicas y a lo largo de la costa escandinava hasta el Cabo Norte (Girone *et al.*, 2006). Se agrupan en gran número sobre fondos de barro, arena fangosa, grava y fondos rocosos. Se alimenta de pequeños crustáceos y algunos gusanos. Son depredados por otros peces (Cohen *et al.*, 1990).

Familia **Melanonidae**
Género **Melanonus** Günther, 1878

cf. *Melanonus zugmayeri* Norman, 1930
(Lám. 10, fig. 4)

Localidad: Sección Cartaya –Alfonseca, Unidad 1 y 2, Messiniense.

Material: 2 otolitos, CART-1(16) y CART-3(2)

Descripción: Otolitos de forma entre ovalada y romboidal, más estrecho en el margen ventral. Tanto el margen ventral como dorsal están suavemente lobulados, algo más liso en el dorsal. El surco acústico es mesial, pequeño y centrado. El estado de desgaste no permite apreciar con claridad los culliculos, pero parecen ser homomorfos.

Discusión: El otolito de *Melanonus* es muy parecido al de *Gadiculus labiatus*, pero se diferencia en *Gadiculus* está más desarrollado antero-ventralmente y *Melanonus* tiene su mayor altura dorso-ventral en la zona media de su ancho. Los márgenes anterior y posterior son más simétricos en *Melanonus*, y sus colliculos están más juntos y son más pequeños. Fue comparado con *Melanonus zugmayeri* (Campana, 2004, Pag. 67).

Distribución biogeográfica y hábitat: Especie marina oceanódroma, meso- y batipelágica con un rango de profundidad de 991 - 3000 m. La otra especie actual de este género, *Melanonus gracilis* Günther, 1878, habita entre los 150 - 3613 m. *M. zugmayeri* se distribuye por los océanos Atlántico, Indico y Pacífico, en aguas tropicales y templadas, siendo más raro en las aguas templadas del noroeste de Atlántico (Fishbase).

División **Euacanthomorpha** sensu Johnson y Patterson (1993)

Subdivisión **Percomorphaceae**

Serie **Ophidiaria**

Orden **Ophidiiformes** Berg 1937

Suborden **Ophidioidei** Berg, 1937

Familia **Ophidiidae** Rafinesque, 1810

Género **Ophidion** Linnaeus, 1758

Ophidion rochei (Müller, 1845)

(Lám. 10, fig. 3)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros, Formación Arenas de Huelva.

Material: 2 otolitos

Descripción: otolitos masivos de forma ovalada, con la altura máxima cerca de la zona media hacia la ostial. El margen ventral es convexo, siguiendo una suave curvatura lisa. El margen dorsal también es liso y convexo, pero acercándose al margen anterior muestra un ángulo anterodorsal que hace a esta esquina algo más cuadrada. La cara anterior está ligeramente redondeada, mientras que la posterior es algo más aguda. Presentan un surco acústico superficial, largo y ancho, de tipo heterosulcoide y con una

fin de abertura paraostial hacia la cara anterior. La región central del surco se encuentra más ensanchada. El relieve es escaso con crestas poco desarrolladas.

Discusión: Se comparó con los otolitos de *Ophidion* en Nolf (1978), Nolf y Martinell (1980), Nolf y Capetttta (1988), Veen y Hoedemakers (2005), Lanckneus y Nolf (1979) y García (2008)

Distribución biogeográfica y hábitat: *Ophidion rochei* es una especie marina bentónica demersal, con un rango de profundidad de 1-150 m. Vive en aguas subtropicales y templadas, en el Mediterráneo occidental y septentrional, y en el Mar negro. Habitan dentro de la plataforma continental. (García, 2008 y Fishbase).

***Ophidion* sp.**
(Lám. 10, fig. 3)

Localidad:

Material:

Descripción y discusión: Otolitos similares a los de *Ophidion rochei*, pero con un grado de desgaste que no permite asignarlos a nivel de especie pero sí de género.

Distribución biogeográfica y hábitat: Ver en *Ophidion rochei*.

Serie **Gobiaria** (see also Thacker (2009) and Chakrabarty et al. (2012))

Orden **Gobiiformes**

Suborden **Gobioidei**

Familia **Gobiidae** Bonaparte, 1832

Género ***Lesueurigobius*** Whitley, 1950

Lesueurigobius friesii (Malm, 1847)

(Lám. 11, figs. 2)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca (Messiniense); Sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros, y Sección Bonares-Casa del Pino, ambas de la Formación Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: 3 otolitos: 1 no siglado, BON-11 (6), BON-14 (7)

Descripción. Otolito (saggita) de pequeño tamaño como es propio de los Gobiidae. Tiene forma cuadrada, con los márgenes anterior y posterior cóncavos en su zona media, el dorsal convexo y lobulado y el ventral casi plano y liso. El surco acústico es pequeño y mesial. No se aprecian los collículos por lo que sería de tipo homomorfo con colliculum indiferenciados. Se aprecia el iugun subcaudal. El rostro, antirrostro y excisura no están indiferenciados. Se aprecia depresión dorsal. Existe un surco más o

menos circular que rodea el borde dorsal y ventral del otolito. La cara externa presenta estrías radiales de los lóbulos en el margen dorsal.

Distribución biogeográfica y hábitat: *L. friesii* es una especie marina demersal criptobentónica, excavando en la arena fangosa o barro; a menudo asociada con el crustáceo *Nephrops norvegicus*. Vive en un rango de profundidad de 10 - 130 m. Se distribuye por aguas subtropicales en el Atlántico oriental, desde Dinamarca a Mauritania y desde la Península Ibérica y por el perímetro del Mar Mediterráneo hasta el Mar Negro. Se alimentan de poliquetos, pequeños crustáceos y moluscos (Fishbase).

Lesueurigobius sp.

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca (Messiniense) y Sección Bonares-Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: 4 otolitos: CART-1 (3), CART-1 (6), BON-14 (5), BON-16 (14)

Descripción: Otolitos similares a los de *Lesueurigobius*, pero con un grado de desgaste que no permite asignarlos a nivel de especie pero sí de género.

Distribución biogeográfica y hábitat: Ver *Lesueurigobius friessi*.

Género *Gobius* Linnaeus, 1758

Gobius vicinalis Koken, 1.891
(Lám. 11, figs. 1)

Localidad: Sección Huelva- Cabezo de la Plaza de Toros, sección Bonares-Casa del Pino y sección Bonares-Ambulatorio, todas de la Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: 6 otolitos: BON-13 (13) y 5 otolitos no siglados.

Descripción: Otolito pequeño de forma cuadrada. En los márgenes anterior y posterior posee una pequeña hendidura en la zona media, más marcado en el margen posterior. El dorsal convexo y posee un fuerte relieve lobulado que continúa hasta la cara anterior. Muchos de estos lóbulos son compuestos, es decir, un lóbulo que se subdivide en dos. El margen ventral es casi plano y liso. El surco acústico es pequeño y mesial, y está algo inclinado, más bajo en el margen anterior. No se aprecian los colículos por lo que sería de tipo homomorfo con colliculum indiferenciados. Se aprecia el iugum subcaudal. El rostro, antirrostro y excisura no están indiferenciados. Se aprecia depresión dorsal. Existe un surco más o menos circular que rodea el borde dorsal y ventral del otolito. La cara externa presenta estrías radiales muy marcadas de los lóbulos compuestos en los márgenes dorsal y anterior, y en menor medida en el posterior, dejando una zona circular plana en la mitad central ventral.

Discusión: Pueden ser confundidos con los otolitos de *Lesueurigobius friesii*, pero en *Gobius vicinalis* el relieve es mucho más marcado y posee una expansión postdorsal mayor.

Distribución biogeográfica y hábitat: Viven cerca de la costa, en aguas marinas y salobres. Las especies actuales de la región tienen un rango de profundidad medio de 10-30 m, aunque algunas especies llegan hasta los 80-90 m. Se alimentan de crustáceos (anfípodos, isópodos, pequeños cangrejos) y poliquetos, los juveniles comen copépodos harpacticoides, anfípodos, poliquetos y ácaros. (Fishabase)

Gobius mustus Schwarzhans, 2014
(Lám. 11, figs. 2)

Localidad: Sección Cartaya- Alfonsoseca (Messiniense), y sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 7 otolitos (saggitas): CART-1 (4), CART-2 (3), CART-2 (8), CART-2 (15) BON-14 (9), BON-16 (1) y BON-16 (27).

Descripción: Otolito pequeño y de aspecto cuadrado. Muestra una débil proyección preventral y una proyección postdorsal bien desarrollada, lo que le da un aspecto general cizallado o romboide. Ángulo predorsal bien desarrollado y ángulo postventral amplio y redondeado. El margen ventral en casi recto y liso. El margen dorsal también es liso y muestra su mayor altura postmediana, donde hace un ángulo obtuso y da paso a la proyección postdorsal. Los márgenes anterior y posterior son casi verticales, con una ligera muesca o entrante a la altura del surco. El surco acústico es de tipo mesial, situado en posición central e inclinado anteriormente unos 15-20°. El ostium es un poco más alto que la cauda. Entre ambos, en la zona ventral y algo desplazado bajo la cauda presenta un iugum subcaudal pequeño y corto. En la zona dorsal se desarrolla una amplia y profunda depresión dorsal. Los surcos ventral y dorsal rodean casi por completo al otolito, dejando un pequeño saliente entre la depresión dorsal y la proyección postdorsal.

Discusión: Los ejemplares aquí descrito muestran un gran parecido a los de *Gobius mustus*, descritos por primera vez en Schwarzhans (2014, Plate 8, figs 4-16).

Gobius mustus se asemeja a los otolitos del reciente *G. auratus* Risso, 1810, y a *G. fallax* Sarato 1889 en su forma general y la proyección postdorsal, pero ambos difieren en el presencia de una proyección preventral y *G. fallax*, además por ser un poco más alargado. En el registro fósil unas cuantas especies se asemejan *G. mustus*, como *G. multipinnatus* (H.von Meyer, 1852) aunque este tiene una proyección preventral más aguda y una postdorsal más prominente hacia el exterior (Schwarzhans 2014).

Distribución biogeográfica y hábitat: Especie fósil. Ver este mismo apartado para *Gobius vicinalis* más arriba.

Gobius sp 2 de Schwarzhans, 2010
(Lám. 11, figs. 2)

Localidad: Sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 1 otolito. BON-14 (4)

Descripción: Otolito pequeño y de aspecto cuadrado. Muestra una débil proyección preventral que forma casi un ángulo recto. La proyección postdorsal bien desarrollada, de líneas rectas en vez de curvas. El ángulo predorsal es alto, formando una esquina casi en ángulo recto entre los márgenes anterior y dorsal. El ángulo postventral es alto, bien desarrollado posteriormente y anguloso. El margen ventral está muy ligeramente curvado, casi recto y liso. El margen dorsal es de lobulado a sinuoso, mostrando su mayor altura postmediana, donde hace un pequeño escalón descendente que da paso a la proyección postdorsal. El margen posterior casi vertical. El surco acústico es de tipo mesial, situado en posición central e inclinado anteriormente unos 15-20°. Bajo la primera mitad de la cauda presenta un iugum subcaudal pequeño y corto. En la zona dorsal se desarrolla una amplia y profunda depresión dorsal. Los surcos ventral y dorsal rodean casi por completo al otolito.

Discusión: El otolito descrito es muy similar al descrito como *Gobius sp. 2* en Schwarzhans (2010). Tiene cierto parecido con *G. tenuisulcus*, descrito por primera vez en Schwarzhans 2010, en los ángulos predorsal y postventral, y en su margen dorsal lobulado. La proyección posterodorsal sin embargo no es tan redondeada, sino más angulosa y parecida a la de *G. multipinnatus* (H.V. Meyer, 1852). Se diferencia de ambos por la ausencia de proyección dorsoventral. Estas características son también las que Schwarzhans (2010) indica para *Gobius sp. 2*. Estos otolitos están aquí refiguradas por razones de comparación.

Gobiidae indet.
(Lám. 11, figs. 3)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca (Messiniense), Sección Huelva- Cabezo de la Plaza de Toros, y sección Bonares- Casa del Pino, estas dos últimas pertenecientes a la Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 6 otolitos: CART-10 (4), BON-6 (7), BON-13 (18), BON-16 (25), más 2 otolitos no referenciados.

Descripción: Otolitos atribuibles a la familia Gobiidae, pero con un grado de desgaste que no permite asignarlos a nivel de género o especie.

Serie **Pelagiaria** (= Stromateoidei sensu Li et al. (2009); = Pelagia sensu Miya et al. (2013))

Orden **Scombriformes**
Familia **Scombridae** Rafinesque, 1815

Género *Thunnus* South 1845

***Thunnus* sp.**
(Lám. 12, figs. 2)

Localidad: Yacimiento de la Avenida de Cádiz, Huelva capital. Fm. Arcillas de Gibraleón.

Material: 2 vértebras caudales

Descripción: Vértebras de gran tamaño de tipo anficélicas (ambas caras cóncavas). No conservas apófisis, solamente el centrum, ligeramente aplastado. La mayor tiene 45 mm de largo, 59 mm de ancho y 47 de altura dorso-ventral.

Discusión: Similares a las mostradas por Purdy et al. (2001, Fig. 76) y Elasmocom, todas ellas pertenecientes al yacimiento de la mina Lee Creek (Aurora, Carolina del Norte, USA) (Mioceno-Plioceno). También se han comparado con vértebras actuales de Godsil (1954) y Godsil y Holmberg (1950).

Distribución biogeográfica y hábitat: El actual Atún rojo de nuestras costas (*Thunnus thynnus*) es una especie pelágica-oceánica y oceanódroma que vive a una profundidad de 0-1000 m, normalmente 0-100 m. Puede tolerar una amplia gama de temperaturas. Se alimentan de pequeños cardúmenes de peces (anchoa, paparda, merluza) o de calamares y cangrejos.

Familia **Trichiuridae** Rafinesque, 1810
Subfamilia **Trichiurinae** Rafinesque-Schmaltz, 1815
Género ***Trichiurus*** Linnaeus, 1758

***Trichiurus* sp.**
(Lám. 11, figs. 12)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 19 dientes anteriores anteriores y 1 dentario derecho AT140125-070.

Descripción: Los dientes de esta especie son delgados y altos, curvados distalmente. En sección el diente tiene forma ovada, afilándose en el borde mesial, en el que forma una quilla bien desarrollada con un borde de corte finamente crenulado, que va casi desde la base mesial del diente hasta el ápice. El borde distal es redondeado y liso, sin filo, pero cerca del ápice sobresale una quilla arponada o barbada que se continúa hasta el ápice, donde se uno con el borde de corte mesial. La zona del ápice constituye por tanto, un símil con la punta de una lanza o arpón que facilita el agarre de la presa una vez ensartada. El perímetro de la base del diente presenta una serie de pequeñas estrías verticales, a veces solo visibles en vista basal en la zona de anclaje a las mandíbulas. Los dientes tipo cuchillo, largos y arponados de *Trichiurus* se encuentran en la parte

anterior del dentario y el premaxilar, siendo los dientes laterales más cortos y gruesos, careciendo la mayoría de ellos de arpones apicales, siendo más lanceolados y rectos.

El dentario es grande, unos 65 mm a pesar de faltar la parte distal del mismo, aproximadamente 1/6 parte. Es de morfología rectangular, con un borde dorsal (encia) relativamente recto. La zona sinfisal es muy vertical y recta. En el margen ventral, tras una primera fosa que contrae hacia arriba el margen ventral, aparece una expansión o aleta ventral corta que desaparece rápidamente volviendo a la línea ventral que continúa recta por el proceso ventral hacia la parte distal del dentario. En esta zona, por encima del proceso ventral encontramos una fosa de Meckel bien desarrollada, ancha en su vértice. Sobre ella se extiende el proceso ascendente o coronoide del dentario. Ambos procesos articulan con el proceso anterior del angular, que se introduce en la fosa de Meckel. En vista oclusal, el dentario es muy recto, comprimido labio-lingualmente, incluso en la zona sinfisal. El margen dorsal posee una sola fila dentaria, en la que se conservan 8 pequeños dientes lanceolados de borde de corte liso.

Discusión: Muchas familias de peces depredadores tienen largos dientes tipo cuchillo, pero los dientes aquí descritos se asemejan más a los de la familia Trichiuridae. La familia Alepisauridae tiene varias especies con dientes como cuchillos, pero sus dientes son huecos, no sólidos como los nuestros ejemplares. Los dientes en las familias Sphyrnidae, Anotopteridae, y Gempylidae son parecidos a los dientes estudiados, pero la mayoría de especies de estas familias carecen de dientes con arpones apicales. Los individuos juveniles del género *Promethichthys* (Familia Gempylidae), ocasionalmente pueden presentar dientes arponados apicales, pero los arpones o rebarbas por lo general no están tan bien desarrolladas, y no están presentes en los ejemplares adultos. (Long, 1991).

La mayoría de los géneros de la familia Trichiuridae poseen largos dientes de tipo sable, pero sin el arpón apical, excepto los géneros del Eoceno *Trichiurides* Winkler 1874 y *Eutrichiurides* Casier 1944, y los actuales *Lepidopus*, *Lepturacanthus*, y *Trichiurus*. En *Lepidopus* y *Lepturacanthus* no está muy desarrollada la quilla o arpón apical, por tanto, el género más cercano es *Trichiurus*.

Se compararon los dientes en estudio con los mostrados en Elasmocom, Long, (1991) y Monsch, K.A. (2000), así como directamente con unas mandíbulas de *T. lepturus* de la colección de la Universidad de Évora, Portugal. Los dientes atribuidos a *Trichiurus miocenicus* (Delfortrie, 1876) en Jonet (1975) muestra una zona apical con el gancho mucho más desarrollado y parecido a Trichiurides.

Distribución biogeográfica y hábitat: De las nueve especies actuales que existen de *Trichiurus*, la única especie que vive en el Atlántico es *Trichiurus lepturus*, conocida como pez sable. Esta especie es bento-pelágica; anfídroma de aguas marinas y salobres a una profundidad de 0 - 589 m, usualmente 100 - 350 m. Generalmente sobre fondos fangosos de aguas costeras poco profundas. A menudo entran en los estuarios. Los juveniles se alimentan principalmente de eufáusidos, pequeños crustáceos planctónicos y peces pelágicos pequeños, los adultos se alimentan principalmente de peces y ocasionalmente de calamares y crustáceos (Fishbase). Habita en la costa de Huelva (Ictioterm).

Serie **Carangaria** (= Carangimorpha sensu Li et al. (2009))

Órdenes incertae sedis in Carangaria

Familia **Sphyraenidae**

Género *Sphyraena* Walbaum, 1792

Sphyraena barracuda (Edwards 1771)

(Lám. 11, figs. 11)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 4 dientes (+ los de Migue)

Descripción: Dientes de forma ojival, comprimido labio-lingualmente y algo inclinados lingualmente. Los dientes laterales son simétricos, mientras que los anteriores están más curvados distalmente, más parecidos a los del género *Trichiurus*, incluyendo el ápice arponado pero con un menor desarrollo. En sección el diente tiene una morfología fusiforme. En ambos márgenes o bordes de corte presenta una fina crenulación desde la base hasta el ápice del diente. En los dientes anteriores especialmente, se observa una estriación vertical que va desde la base del diente hasta la mitad del mismo.

Distribución biogeográfica y hábitat: La barracuda es una especie de aguas costeras marinas y salobres de todo el mundo. Vive entre los 1 - 100 m, aunque suele encontrarse cerca de la superficie, entre los 3 - 30 m. Se alimenta de peces, cefalópodos y algunas veces de camarones (Fishbase). Habita en la costa de Huelva (Ictiobase).

Orden Istiophoriformes

Familia **Istiophoridae** Jordan y Evermann, 1896

Género *Makaira* Lacepède, 1802

Makaira nigricans Lacepède, 1802

(Lám. 12, figs. 1)

Localidad: La vértebra procede del yacimiento de Huelva-Marismas de El Polvorín Sur, Fm. Arcillas de Gibraleón, Messiniense. El rostro procede del yacimiento de Bonares- Ambulatorio, en la zona de la cantera de arena, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 1 vértebra caudal y un fragmento apical del rostro o premaxilar (aguja o pincho de la mandíbula superior).

Descripción: -Rostrum: se trata de una estructura larga y afilada producto de la fusión de ambos premaxilares. Solamente se conservan 92 mm de la zona apical. En sección, el ápice es semicircular, aplanándose dorso-ventralmente al ir retrocediendo hacia el cráneo hasta una morfología elíptica. En vista ventral, la superficie del rostrum está cubierta por completo de pequeños dentículos de 1-2 mm por toda la superficie. En la cara dorsal, los dentículos se encuentran en la zona del ápice y en los laterales, estando ausentes en la línea media dorsal cuando nos acercamos al cráneo. En sección muestra dos canales interiores del rostrum bien desarrollados, uno al lado del otro en lo que sería cada hueso premaxilar.

-**Vértebra:** vértebra anficélica alargada (3,8 mm de centrum) y estrecha y cilíndrica (19 mm de diámetro). Las zygapófisis están muy desarrolladas y se extienden anterior y posteriormente. Se conservan las bases de las espinas neural (dorso) y hemal (ventral), lo que la distingue como vértebra caudal. Estas superficies de arranque de las espinas están muy desarrolladas, ocupando prácticamente toda la longitud del centrum y dando a la vértebra un aspecto cuadrado en vista lateral. A la vez, los arcos neural y hemal son pequeños. En vértebras caudales anteriores, la zona ventral es muy curva y asciende en la zona anterior ventral. En las caudales finales la zona hemal es más recta y cuadrada, como en el ejemplar de estudio. Se descartan también las finales preurales e hypurales. (Fig X)

Discusión: Se comparó el rostrum en estudio con los figurados en Elasmocom, Fierstine (1990, 1998, 1999, 2006, 2008); Fierstine y Welton (1983); Fierstine et al. (2001), pertenecientes al Mio-Plioceno. Los únicos peces con rostros en forma de espada o punta de tamaño tan grande son los pertenecientes a las familias Xiphiidae y a Istiophoridae. Los Xiphiidae, tal como indica su nombre común, peces espada, poseen un rostro de mayor tamaño, muy aplanado dorso-ventralmente y liso. Se comparó con un ejemplar actual de *Xiphias gladius* recogido de la costa del Golfo de Cádiz. Dentro de la familia Istiophoridae (marlines), encontramos los géneros *Istiophorus*, *Tetrapturus* y *Makaira*. En las dos primeras el rostro es más cilíndrico, y en la tercera, *Makaira*, tenemos la morfología intermedia, de aspecto elíptico, que coincide con el rostro aquí descrito.

La vértebra caudal alargada y de ese tamaño es propia de la familia de los peces espada y vela. Siguiendo la figura 18 de Nakamura (1985) podemos descartar a la familia Xiphiidae por ser más cuadradas y comprimidas. En la figura 41 del mismo trabajo podemos observar las columnas vertebrales de distintas especies de estas familias. Es difícil distinguir dentro de los géneros *Istiophorus*, *Tetrapturus* y *Makaira*. Combinando datos morfológicos, del tamaño de los ejemplares y de su distribución geográfica se descartan algunas especies y se dejan las que están presentes en la región oceánica. Concretando más y comparando con el listado de especies que habitan hoy día las costas plasmadas en el inventario de las lonjas actuales para Huelva y toda la zona del Golfo de Cádiz, se ve que el género que mejor se aproxima es *Makaira*. En la actualidad solo existen dos especies del género *Makaira*: *M. mazara* (Jordan y Snyder, 1901) en el Indo-Pacífico; y *M. nigricans* Lacepède, 1802 en el Atlántico.

Por tanto, ambas piezas pertenecen al género *Makaira*. No se conocen especies fósiles de este género en la zona, por lo que se asignan a la misma especie actual, *Makaira nigricans*.

Distribución biogeográfica y hábitat: La Aguja Azul del Atlántico (*M. nigricans*), vive únicamente en el océano Atlántico, en aguas tropicales y templadas. Son grandes peces, de hasta 5 m de longitud, oceanódromos oceánicos, de hábitos pelágicos a una profundidad que va de los 0 - 200 m. Se alimenta principalmente de peces, pero también se alimenta de pulpos y calamares.

Orden **Pleuronectiformes** sedis mutabilis

Comúnmente conocidos como peces planos, se caracterizan por estar adaptados a la vida bentónica. El cuerpo está muy comprimido y es asimétrico al apoyarse sobre uno de sus lados. Son casi exclusivamente marinos, aunque algunas especies tropicales viven en agua dulce. Habitan preferentemente en fondos blandos de arena y fango.

Suborden **Pleuronectoidei** Bleeker, 1859
Familia **Bothidae** Jordan, 1923
Género *Arnoglossus* Bleeker, 1862

Arnoglossus kokeni (Bassoli y Schubert, 1906)
(Lám. 31, figs. 6-8)

Localidad: Sección Cartaya-Alfonseca (Messiniense), y sección Bonares-Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 5 otolitos: CART-2 (18), BON-11 (11), BON-16 (16), BON-16 (11), BON-16 (19).

Descripción: Otolitos pequeños y gruesos, de forma entre rectangular y elíptica. El margen dorsal es ligeramente redondeado. El margen ventral es amplio y también ligeramente curvado, estando más expandido en la zona posteroventral. El margen posterior es recto a ligeramente curvado. El margen anterior es suave, y se distinguen bien el rostro corto y redondeado, la excisura y antirostro. Todos los bordes son lisos. El surco acústico es heterosulcoide, recto y medio, ligeramente ascendente, con una apertura de tipo ostial. El ostio y la cauda son poco profundos. La cauda es más corta y más estrecha que el ostio. Existe una ligera constricción del surco, que separa la región ostial de la caudal. Presenta un colículum heteromorfo diferenciado. Ambos coliculos son elipsoidales, aunque el colículo ostial es de mayor tamaño que el caudal. Las depresiones dorsal y ventral son lanceoladas y más profundas en el área posterodorsal y posteroventral. Crestas bien desarrolladas alrededor de la cauda y la parte posterior del ostium. Depresión circumsulcal incompleta, ancha, que se extiende alrededor de los dos tercios posteriores del surco.

Discusión: Se comparo con las figuras de *A. kokeni* mostradas por Nolf y Girone (2000), Hoedemakers y Batllori (2005), y García (2008).

Distribución biogeográfica y hábitat: *A. Kokeni* es una especie extinta. El género *Arnoglossus* presenta actualmente varias especies en las aguas de la zona de estudio; moviéndose todas en un rango de profundidad que va de los 10 a los 200 m, aunque algunas especies alcanzan los 430 m. Como su cuerpo aplanado indica, son peces bentónicos que se entierran en fondos arenosos y fangosos. Se alimentan de gusanos, moluscos y crustáceos pequeños.

Serie **Eupercaria**
Ordenes incertae sedis en Eupercaria
Familia **Cepolidae** Bonaparte, 1832
Género *Cepola* Linnaeus, 1764

Cepola macrophthalma (Linnaeus, 1758)
(Lám. 11, figs. 5)

Localidad: Sección Huelva- Cabezo de la Plaza de Toros y sección Bonares- Casa del Pino, ambas de la Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: BON-6 (2), BON-7 (1), BON-11 (7), BON-13 (8), BON-14 (1), BON-14 (2) y 1 otolito no siglado.

Descripción: Otolito grueso, de forma ovalada. Los bordes anterior y posterior terminan en punta, las cuales se unen en una curva continua por el margen ventral. El borde dorsal es algo convexo, casi recto y de relieve irregular. Los demás márgenes son sinuosos. El rostro es muy prominente y redondeado y está a la misma altura que el ángulo del margen posterior. El antirrostró es pequeño y la excisura apenas está marcada. El surco acústico es de tipo ostial, heterosulcoide y sinuoso, con el ostio y la cauda bastante deprimidos y no alineados. El colículo es de tipo heteromorfo. El ostio es más largo que la cauda. Entre ambos aparece una fuerte constricción en la que se aprecia un colum que divide al surco acústico en dos. Las crestas superior e inferior están bien desarrolladas. La depresión dorsal es elipsoidal y profunda. En la zona ventral existe un surco paralelo al margen.

Discusión: Se ha comparado con los otolitos de su sinónimo ya no válido, *Cepola rubescens* (Linnaeus, 1766) en el trabajo de García (2008), y con los de *Cepola macrophthalma* de Schwarzhans (2010) y la base de datos de AFORO.

Distribución biogeográfica y hábitat: *Cepola macrophthalma* es una especie bentónica que habita dentro de la plataforma continental en fondos arenosos y limosos entre 15 y 400 metros de profundidad, aunque es más frecuente entre 40-100 m. Vive en madrigueras verticales, pero se puede encontrar nadando en la columna de agua. Vive individualmente o en grupos. Se alimenta principalmente de pequeños crustáceos y quetognatos. Se distribuye por el Atlántico oriental, desde las Islas Británicas hasta el norte de Senegal, incluyendo el Mediterráneo (Fishbase).

Familia **Sciaenidae** Gill 1861

Género *Umbrina* Cuvier 1817

Umbrina cirrosa (Linnaeus, 1758)

(Lám. 11, figs. 6)

Localidad: Sección Bonares-Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior

Material: 1 otolito no siglado.

Descripción: Otolito grande y moderadamente grueso, de forma subcircular a ovalada. El margen dorsal es ligeramente redondeado e irregular. Posee una cresta o proyección medio-dorsal propia de juveniles según Schwarzhans (2010). Los márgenes ventral, anterior y posterior son convexos, lisos y con una curvatura casi continua entre ellos. Surco acústico ostial, heterosulcoide, de tipo Sciaenido, con un gran ostium subrectangular, ligeramente expandido postventralmente y deprimido en su borde dorsal al tocar el margen del propio otolito, que es cóncavo en esta zona. La cauda es larga y fina curvada hacia abajo en ángulo de 90 ° y con su punta curvada anteriormente, con el tramo horizontal más corto que el descendente. Existe una diferenciación ostio-caudal por una constricción dorso-ventral.

Discusión: Se ha comparado con los otolitos neógenos de *Umbrina cirrhosa* de Schwarzhans (2010); *Umbrina coroides* (Cuvier, 1830) de la base de datos del NMITA, y con los otolitos actuales de *U. canariensis*, *U. cirrosa*, *U. ronchus*, y *U. xanti* en la base de datos de AFORO.

Distribución biogeográfica y hábitat: Demersal en aguas marinas y salobres de entre 0 - 100 m. Se encuentra sobre fondos rocosos y arenosos en aguas costeras del área mediterránea y las aguas atlánticas próximas, desde el Golfo de Vizcaya al sur de Marruecos. Los juveniles frecuentan los estuarios. Se alimentan de invertebrados del fondo. (Fishbase)

Orden **Labriformes** sensu stricto
Familia **Labridae** CUVIER, 1817
Género ***Tautoga*** Linnaeus 1758

Tautoga onitis (Linnaeus, 1758)
(Lám. 11, figs. 14)

Localidad: Sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 1 diente

Descripción: Diente grande para un osteictio, unicúspide, tipo canino con algo de incisivo. Puede dividirse en dos, una mitad superior de esmalte blanco y otra inferior, más cilíndrica de color marrón. Entre ambas existe una pequeña constricción, siendo la mitad superior más ancha. El ápice es algo más aplanado labiolingualmente y algo curvado distalmente. El todo el borde anterior presenta una faceta de desgaste, efecto del uso contra material duro, o por ser zona sinfisal en la que estaría pegada a otro diente formando una especie de pico bi-dentado. La zona basal muestra una zona subcircular bordeada en su perímetro por una pared estriada interiormente.

Discusión: Se ha comparado con dientes actuales de pez ballesta (*Balistes capriscus* Gmelin, 1789) siendo muy distintos. Se asemeja a la dentición de algunos lábridos, pero con la que guarda un mayor parecido tanto en morfología, tamaño e incluso coloración es con la de *Tautoga onitis* (Linnaeus, 1758), descrita en Purdy *et al* (2001) y fotografiados con más detalle en Elasmocom, ambos pertenecientes al Neógeno de la Mina Lee Creek, en Carolina del Norte, Estados Unidos, localizada casi en la misma latitud que Huelva al otro lado del Atlántico.

Distribución biogeográfica y hábitat: La única especie actual en el atlántico es *T. onitis* y se limita al atlántico norte occidental, en las costas americanas. Vive en zonas costeras de aguas marinas y salobres, con un rango de profundidad de 1 a 75 m. La dieta de *Tautoga* se compone principalmente de mejillones, otros moluscos y crustáceos. Bigelow y Schroeder (1953) proporcionan una visión detallada de sus hábitos de alimentación que también incluye: dólares de arena (equinodermos), anfípodos, isópodos, langostas, cangrejos ermitaños, percebes y gusanos marinos - otros peces no aparecen en su dieta.

Género *Labrodon* Gervais 1857

Labrodon pavimentatum Gervais, 1857

(Lám. 11, figs. 10)

Localidad: Sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros. Fm, Arenas de Huelva, nivel de glauconita, Plioceno inferior.

Material: 1 placa faríngea inferior compuesta por numerosos dientes superpuestos.

Descripción: Placa faríngea lingual que en planta presenta una morfología de triángulo obtusángulo, con un borde posterior (distal) recto y un ángulo en la anterior de unos 100° donde se afila y alarga un pequeño tramo hacia la zona sinfisaria. La superficie oclusal es relativamente plana, un poco abombado en su porción media, inclinándose en este punto ligeramente hacia los bordes anterolaterales o la posición de los dentarios. La cara posterior es alta y plana, formando una pared posterior. Toda la placa está formada por un mosaico de dientes molariformes dispuestos en capas. Los dientes varían su forma según la zona en la que se encuentren. La zona posterior está formada por una última fila de dientes más alargados mesio-distalmente (o anteroposteriormente), y con forma ligeramente trapezoidal o de teja árabe, que van disminuyendo su talla y elongación desde la posición central hasta los bordes. La mayoría de estos dientes están desgastados en su extremo posterior, por lo que en vista posterior los dientes adquieren una forma arqueada. Esta hilera está formada por unas 3- 4 capas en la vertical. Los dientes de cada columna están regularmente apilados unos sobre otros. Cada columna intercala a la de al lado. Hacia los laterales tienden a converger hacia la hilera central. Las superficies perimetrales y apicales de la placa faríngea están tapizadas de dientes semicirculares de pequeño tamaño, especialmente en la zona apical anterior. En la zona central de la superficie de masticación los dientes son semicirculares pero de un mayor tamaño, y los tres dientes centrales suelen disponerse de forma más o menos triangular, rasgo que distingue a *L.pavimentatus* de su congénere *L. multidentis* (Leriche, 1957 y Menesini, 1968). En detalle, pueden observarse desgastes y estrias en la superficie de los dientes centrales y posteriores, producto de sus hábitos trituradores. En la cara inferior de la placa puede observarse la cara basal de algunos dientes de remplazo, presentando estos una cavidad pulpar poco profunda.

Discusión: Se comparó con los ejemplares de *Labrodon* de Sacco (1916), Cocchi (1964), Bauza y Plans (1973), Betancort (2012), Laurito et al. (2014), López Ortiz y De La Fuente (2015). El género *Labrodon* se caracteriza por presentar dos placas faríngeas superiores y una inferior de forma triangular totalmente cubierto de dientes molariformes. Los demás lábridos actuales, como *Labrus* y *Symphodus* presentan dientes solo en su cara superior.

Biocronología: El género *Labrodon*, apareció en el Eoceno inferior y tuvo su máximo apogeo en el Mioceno, donde se registra el mayor número de especies. Durante el Plioceno fue disminuyendo su número hasta su extinción. Se ha registrado en el Oligoceno Inferior de la cuenca de París y de Italia (Monte Bolea, Verona); Mioceno de Australia; Mioceno Inferior de la Patagonia Argentina y Costa Rica; la especie *Labrodon pavimentatum* Gervais, 1857, se registra frecuentemente en los depósitos de

edad Mio-Plioceno de Europa tanto en las costas del Mediterráneo como del Atlántico. Las especies *L. pavimentatus* y *L. multidens* se registran en yacimientos de España desde el Burdigaliense al Plioceno inferior, especialmente en las costas de Baleares, Cataluña, Comunidad Valenciana y Murcia. También se da en el Mio-Plioceno de las Islas Canarias.

Distribución biogeográfica y hábitat: Género exclusivamente fósil, por lo que no se conoce su paleoecología. De forma general, los Labridos se caracterizan por ser peces de pequeño tamaño, forma más o menos alargada, comprimidos lateralmente, boca pequeña y protractil. Suelen encontrarse en la zona infralitoral. La dentición indica una dieta trituradora, muy posiblemente basada en crustáceos y moluscos. Es un representante de la denominada fauna mediterránea arcaica que estaba adaptada a temperaturas subtropicales. Esta desapareció más tarde, en el tránsito Plioceno-Pleistoceno con el enfriamiento generalizado de la región Mediterránea.

Subfamilia **Trigonodontinae** Arambourg, 1927
Género ***Trigonodon*** Sismonda, 1847

Trigonodon jugleri (Münster, 1846)
(Figs. 1-9)

Localidad: Sección Lepe- Valleforero, Unidad 5, Messiniense

Material: 1 diente incisivo.

Descripción: Un diente incisivo tipo cincel, más ancho que alto (longitud de 24 mm.; altura de 8 mm., y grosor máximo de 7 mm), ligeramente curvado siguiendo el perfil mandibular y una base fuertemente desarrollada. En la zona sinfusal, donde solaparía con el otro incisivo formando un “pico”, el diente presenta su mayor altura y grosor, disminuyendo ambas distalmente. La cara exterior del diente es convexa y en su mitad inferior muestra una serie de pliegues verticales ondulados y suaves en el esmalte. La cara interior es cóncava y lisa. No se conserva el extremo distal de la cara interior, y también se ha perdido por disolución la dentina, dejando al diente hueco. El borde de corte es afilado, algo desgastado y el cual estaría exponiendo parte de la dentina ahora desaparecida.

Discusión: Los dientes de *Trigonodon* son similares a los de *Diplodus jomnitanus* (Valenciennes), pero son fácilmente diferenciables por su tamaño y por ser estos últimos más altos, inflados y redondeados (Schultz y Bellwood, 2004).

Históricamente las distintas piezas dentales de *Trigonodon jugleri* han sido asignadas a distintas especies fósiles, ya que solamente se habían encontrado piezas aisladas. Los dientes mandibulares se asignaban a *Trigonodon oweni* (Sismonda, 1846), y las placas faríngeas a *Asima jugleri* (Münster, 1846; por s.d. Schultz, 1978), descritas en muchos otros casos como *Radamas jugleri* (Münster, 1843), *Scarus miocenicus* (Michelotti, 1861), *Taurinichthys sacheri* (Sauvage, 1875), *Stylodus lebescontei* (Sauvage, 1880) o como *Taurinichthys villaltai* (Bauzá Rullán, 1948). (Andrés Díaz, 2007). Schultz y Bellwood (2004), tras localizar un dentario casi completo asignado a *Trigonodon oweni* (dentario + diente incisivo + fragmento de uno pequeño en el extremo), pudieron

relacionarlo con la especie actual *Pseudodax moluccanus* (Valenciennes, 1840), que muestra esta misma distribución, presentando en la mandíbula superior dos incisivos prominentes y sobre la inferior otros dos incisivos de menor tamaño junto a los cuales aparecen un segundo par de dientes más pequeños a modo de colmillo de jabalí. La estrecha similitud entre las dos especies, permitió poner en contexto al material fósil. *Trigonodon Oweni* representa un miembro extinto de pez tipo *Pseudodax*. Ya sobre la pista, se compararon los dientes del pez actual con los atribuidos a *Asima jugleri* y se vio que coincidían. Por tanto, se reunificaron todas éstas especies bajo una denominación común, *Trigonodon jugleri* (Münster, 1846). La similitud de los dientes mandibulares y faríngeos de *Trigonodon jugleri* con los de *Pseudodax moluccanus* establece un claro vínculo entre los dos taxones. La diferencia de tamaños de los elementos no tiene ningún significado taxonómico.

Distribución paleobiogeográfica: El género *Trigonodon* y la especie *Trigonodon jugleri* (Münster, 1846) han sido comúnmente registrados en el Mioceno de Portugal, España, Francia, Italia, Eslovaquia y Austria. Los registros más antiguos corresponden al Mioceno Inferior de Italia y Austria (Schultz y Bellwood, 2004). También se ha localizado en Costa Rica (Laurito et al., 2014). En España, fue citada por Bauzá Rullán (1948) para el Mioceno de las Baleares (como *Taurinichthys villaltai*) y también han sido citados diversos dientes para el Plioceno del Bajo Llobregat y el Pla de Barcelona, así como en Yecla (Murcia), (Andrés Díaz, 2007) y el Tortoniense de Granada (Guillermo Díaz *com. pers.*).

Distribución biogeográfica y hábitat: Según Schultz y Bellwood, (2004), dadas las similitudes dentales, es probable que *Trigonodon* compartiera un modo de vida similar al reciente *Pseudodax moluccanus*, que vive principalmente en los arrecifes de coral y fondos duros asociados (1-40 m de profundidad). *Pseudodax* se alimenta de una amplia variedad de invertebrados bentónicos sésiles y de algas. *Pseudodax moluccanus* está ampliamente distribuido en aguas tropical y subtropicales de los Océanos Índico y Pacífico (desde el Mar Rojo a Sudáfrica, el sur de Japón y la Polinesia), y probablemente *Trigonodon jugleri* compartiera una distribución tropical o subtropical. Una de las características más notables de *Trigonodon* es la gran diferencia de tamaño con su pariente actual. El ejemplar de *Pseudodax* estudiado por Schultz y Bellwood (2004) medía 193 mm y su diente alcanza una longitud de 2,5 mm. Para su ejemplar de *Trigonodon* de 16,5 mm, asumiendo isometría, supondrían 1273,8 mm, es decir, casi 1,3 metros de longitud en *Trigonodon*. Nuestro diente, con 24 mm, supondría un enorme *Trigonodon* de 1852,8 mm, es decir 1,85 metros.

Orden **Spariformes** sensu Akazaki (1962) and Johnson (1981)

Familia **Sparidae** Bonaparte, 1832

Género *Diplodus* Rafinesque, 1810

Diplodus sargus (Linnaeus, 1758)

(Lám. 10, figs. 9-11)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Fm. Arcillas de Gibraleón y Fm. Arenas de Huelva. Messiniense y Plioceno inferior respectivamente.

Material: 46 dientes incisivos.

Descripción: Dientes incisivos de pequeño tamaño, más altos que anchos, de base cilíndrica que va aplanándose hacia el ápice. El borde de corte es biselado y afilado, y horizontal, siendo más alto en el lado mesial en los dientes más laterales. La cara anterior es convexa y la interior cóncava, Ambas caras lisas. En dientes con la zona basal más alargada, esta suele estar elongada mediodistalmente, es decir, a 90° de la pala superior, que se ensancha lateralmente. Los dientes incisivos solamente están en el borde anterior de las mandíbulas. En zonas más distales este género posee dientes redondeados molariformes de pequeño tamaño.

Distribución biogeográfica y hábitat: Epipelágico y oceanódromo. En aguas marinas y salobres, con un rango de profundidad de 0 - 50 m. Al igual que otros espáridos, es muy activo y frecuenta la zona de rompiente.

Género *Dentex* Cuvier, 1814

Dentex aff. macrophthalmus (Bloch, 1791)
(Lám. 10, fig. 8)

Localidad: Sección cartaya-Alfonseca (Messiniense) y Bonares-Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 2 otolitos (Saggitas): CART-1 (29) y 1 otolito no siglado de gran tamaño.

Descripción: Otolito grande, grueso, bien conservado, de forma ovalada a romboidal. El margen dorsal es convexo, alto, irregular con grandes indentaciones. El margen posterior es corto, redondeado e irregular pero en menor grado. El margen ventral es muy convexo, con una curvatura continua que alcanza su zona más baja en la mediana, algo sinuosa en su mitad posterior. El margen anterior es convexo en su mitad inferior, que coincide con la mitad del ostio. La mitad superior del margen es ligeramente cóncava. El surco acústico, situado a media altura, es de tipo heterosulcoide con apertura ostial. El ostio es corto y ancho de forma ovalada. La cauda es más estrecha y alargada y en su extremo posterior flexa ventralmente acercándose mucho al margen posterior. El borde superior de la cauda es irregular. Cullum ausente. El rostro es redondeado y prominente. La depresión dorsal es ovalada. Existe un surco ventral que va paralelo al borde. Las crestas superior e inferior están bien desarrolladas y elevadas.

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie *D. macrophthalmus* habita en la zona litoral y sublitoral, bentopelágica, en un rango de 30-500 m de profundidad, pero suele encontrarse entre 50 y 150 m. Es una especie oceanódroma que se encuentra en las costas del Atlántico oriental (desde Portugal hasta Namibia, incluyendo Cabo Verde y las Islas Canarias) y en el mar Mediterráneo. (Fishbase)

Dentex aff. maroccanus (Valenciennes, 1830)

(Lám. 10, fig. 8)

Localidad: Sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 1 otolito BON-6 (1).

Descripción: Otolito grande, grueso, bien conservado, de forma ovalada a romboidal. El margen dorsal es convexo, alto, irregular y algo lobulado en su extremo posterior. El margen posterior es puntiagudo, irregular a lobulado. El margen ventral es convexo, con una curvatura continua que alcanza su zona más baja en la mediana, algo sinuosa en su mitad posterior. El margen anterior es convexo en su mitad inferior. Irregular con dos grandes lóbulos en la zona superior. El surco acústico, situado a media altura, es de tipo heterosulcoide con apertura ostial. El ostio es corto y ancho de forma ovalada. La cauda es más estrecha y alargada y en su extremo posterior flexa muy suavemente hacia la zona ventral acercándose mucho al margen posterior. Cullum ausente. El rostro es redondeado. El ostio sobresale, creando dos excisuras, en sus contactos con el rostro y antirostro respectivamente. La depresión dorsal es fina y ondulada, situada sobre la crista superior y paralela a ella. Existe un surco ventral muy suave que va paralelo al borde. Las cristas superior e inferior están bien desarrolladas, siendo la inferior más alcha y elevada.

Discusión: La saggita es muy parecida a la de *Dentex macrophthalmus*, pero se diferencia en que *D. maroccanus* es más alargado, menos grueso, el relieve dorsal es menos abrupto y más sinuoso, la cauda es más recta, y el ostio sobresale anteriormente.

Distribución biogeográfica y hábitat: Especie marina, demersal, vive en aguas subtropicales en el Atlántico oriental: Golfo de Vizcaya (en ocasiones más al norte) y el suroeste del Mediterráneo hasta el Estrecho de Gibraltar y el Golfo de Guinea, posiblemente incluso más al sur. Rango de profundidad de 20-500 m. Habitan varios tipos de fondo, pero prefiere grava o escombros. Se alimentan principalmente de crustáceos y peces, pero también de moluscos.

***Dentex* sp.**

(Lám. 10, fig. 8)

Localidad: Practicamente en todos los yacimientos de las Formaciones Arcillas de Gibraleón (Messiniense) y Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: Varias decenas de dientes caniniformes.

Descripción: Dientes unicúspides de tipo canino, cónicos. Los dientes se curvan lingualmente. Generalmente esta curvatura es mayor en la mitad de la altura del diente. En vista basal, se aprecia un anillo grueso alrededor de la zona pulpar con un estriado radial en la zona de anclaje a la mandíbula. Los mayores ejemplares alcanzan los 2 cm. la superficie del diente presenta finas líneas verticales que se entrecruzan con las líneas de crecimiento.

Discusión: Los dientes guardan gran similitud con los caninos de las especies de *Dentex* actuales, pero resulta casi imposible poder determinar a nivel de especie debido al parecido de estos dientes en todas ellas. Debido a esto muchos autores nombran a los ejemplares del Neógeno como *Dentex fossilis* Jonet, 1975. Sin embargo, en opinión propia, si se conoce el género pero no se puede llegar a la especie debe dejarse como sp. y no asignarlos a una nueva especie, máxime cuando hay otras especies de este género identificadas mediante otolitos, siendo alguna de ellas probablemente las dueñas de estos dientes. Estos dientes se diferencian de los del género *Pagrus*, en que estos últimos poseen dientes que se comprimen y se inclinan rápidamente en la zona alta cercana al ápice, mientras que en *Dentex* tanto la curvatura como el grosor van menguando de forma gradual. Esta característica diferenciación en el extremo apical de *Pagrus* suele además ir unida a que independientemente de la coloración que tome el diente es su fosilización, suelen tener el ápice blanquecino. Se compararon con mandíbulas de ejemplares actuales en (Côte Bleue).

Distribución biogeográfica y hábitat: Ante la imposibilidad de determinar la especie en base a sus dientes, estas pueden ser atribuidas a las especies identificadas mediante los otolitos. Ver más arriba las características paleoecológicas de *D. macrophthalmus* y *Dentex aff. Maroccanus*.

Género **Pagellus** Valenciennes, 1830

Pagellus bellottii Steindachner, 1882
(Lám. 10, fig. 2)

Localidad: Bonares-Ambulatorio, Formación Arenas de Huelva.

Material: 3 otolitos no siglados

Descripción: otolito de mediano tamaño, de forma elíptica a pentagonal. El margen dorsal es irregular, con un pico dorsal y otro dorsoposterior bien desarrollados. El margen ventral es convexo un poco angulado al centro, y de borde sinuoso. El margen posterior es picado pero redondeado y con bordes sinuosos a crenulados. La cara anterior es convexa, con un rostro alargado. El surco acústico es heterosulcoide, ostial y se encuentra en la zona media. El ostium es elíptico a rectangular, y más corto que la cauda. La cauda es tubular, asciende en su borde dorsal hacia la zona posterior y después toda la cauda gira ventralmente.

Discusión: Este otolito en principio fue asignado a *Pagellus erythrinus* (Toscano, 2010) ya que muestra un gran parecido con las figuras de García (2008 y citas respectivas). Sin embargo, cuando se compara con ejemplares actuales en los que no hay duda en su identificación, parece aproximarse más a *P. bellottii*. *P. bellottii* tiene un relieve en sus márgenes más irregular en la zona dorsal y más sinuoso en la zona posterior y posteroventral; mientras que en *P. erythrinus* son más crenulados o lobulados. El ángulo posterodorsal está más desarrollado en todos los estadios de crecimiento en *P. bellottii*. Los ejemplares de mayor tamaño de *P. erythrinus* tienden a desarrollar márgenes dentados o serrados, mientras que los de *P. bellottii* son más lisos.

http://www.cmima.csic.es/aforo/relatedImages_en.jsp?genus=Pagellus&species=bellottii

http://www.cmima.csic.es/aforo/relatedImages_en.jsp?genus=Pagellus&species=erythrinus

Distribución biogeográfica y hábitat: La especie es litoral demersal y alcanza profundidades de hasta 250 m, aunque usualmente se encuentra entre los 10-50 m. Esta especie vive principalmente en sobre fondos blandos arenosos y a veces rocosos sobre todo por encima de los 100 m. Se distribuye por aguas subtropicales del Atlántico oriental: Estrecho de Gibraltar hasta Angola, incluyendo el Mediterráneo suroccidental y las Islas Canarias. Es omnívora con una dieta predominantemente carnívora (incluyendo crustáceos, cefalópodos, peces pequeños, anfioxos y gusanos). (Fishbase)

Pagellus cf acarne (Risso, 1827)
(Lám. 10, fig. 2)

Localidad: Sección Bonares-Ambulatorio, Fm. Arenas de Huelva. Plioceno inferior.

Material: 1 otolitos BON-14 (3)

Descripción: otolito de mediano tamaño, de forma elíptica a pentagonal. Todos los bordes son lobulados con indentaciones profundas. El borde ventral es convexo angulado al centro. El borde posterior es recto a ligeramente convexo. La cara anterior es convexa, con un rostro alargado. El antirrostro es medianamente prominente y alto, y la excisura es profunda y afilada. El surco acústico es heterosulcoide, ostial y se encuentra en la zona media. El ostium es elíptico y más corto que la cauda. La cauda es tubular, y en su zona posterior toda la cadua gira ventralmente. La zona dorsal presenta estrías radiales. La depresión dorsal es alargada y fina. Las crestas superior e inferior no se aprecian por el desgaste del ejemplar.

Distribución biogeográfica y hábitat: Especie marina bentopelágica y oceanodroma. Vive en un rango de profundidad que alcanza los 500 m, pero por lo general se encuentra entre 40 a 100 m. Se distribuye por aguas subtropicales del Atlántico oriental y el Mediterráneo: mar Cantábrico a Senegal, Madeira, Islas Canarias, Cabo Verde, Azores.; rara en las islas británicas, pero registrada en ocasiones cerca de Dinamarca. Los adultos habitan distintos tipos de fondos, especialmente los lechos de algas y arena. Los jóvenes se mueven más cerca de la orilla. Es un pez omnívoro, pero prefieren los gusanos, moluscos y crustáceos pequeños.

Pagellus sp.
(Lám. 10, fig. 2)

Localidad: Yacimiento de Corrales Santa Clara 2 y Sección Huelva-Plaza de Toros, ambos de la Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: Dos maxilares AT111015-033, AT140901-026

Descripción: Dos maxilares sin dientes pero con la marcas de su ordenamiento.

Discusión: Se compararon con un ejemplar actual de *P. erythrinus* recogido en la costa onubense. El patrón de dientes molariformes posteriores y la zona anterior con dientes finos y alargados se aproxima mucho a la de los maxilares fósiles.

Distribución biogeográfica y hábitat: Ver características paleoecológicas en las especies de *Pagellus* descritas arriba.

Género *Pagrus* Cuvier, 1817

Pagrus cf. pagrus. (Linnaeus, 1758)
(Lám. 10, fig. 15)

Localidad: Yacimientos varios (ver tabla 2), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: 31 dientes y 1 dentario.

Descripción: -**Dientes unicúspides, cónicos**, de tipo canino y base circular. Los dientes se curvan lingualmente. Generalmente esta curvatura es mayor cerca del ápice del diente. El diente tiene un grosor casi constante en su mitad inferior, después se gira distalmente reduciendo el diámetro, y ya en el ápice reduce rápidamente dando una punta cónica pero muy baja y roma. Este extremo apical suele tener tonos blanquecinos, independientemente de la coloración que tome el diente es su fosilización. En vista basal, se aprecia un anillo grueso alrededor de la zona pulpar con un estriado radial en la zona de anclaje a la mandíbula. Los mayores ejemplares alcanzan los 13 mm. La superficie del diente es lisa y brillante, aunque a veces presenta finas líneas verticales.

-El dentario no presenta dientes pero sí las marcas de anclaje. El patrón de dientes molariformes posteriores y la zona anterior con dientes de tipo canino se aproxima mucho a la de los maxilares de las especies actuales.

Discusión: Los dientes guardan gran similitud con los caninos de las especies de *Dentex*. Ver diferencias en la discusión de *Dentex* sp. Se compararon con mandíbulas de ejemplares actuales en (Côte Bleue).

Distribución biogeográfica y hábitat: Pez marino, bentopelágico, oceanódromo, se registra en fondos duros o arenosos desde los 5 hasta 250 m de profundidad, por lo general 10 a 80 m. Los jóvenes se encuentran con frecuencia en las praderas de pasto marino en la plataforma continental. Se alimenta de crustáceos, peces y moluscos. Distribución subtropical en el Atlántico oriental: Estrecho de Gibraltar a 15 ° N, incluyendo Madeira y las Islas Canarias; Mediterráneo y el norte de las Islas Británicas. Atlántico Occidental: Nueva York, EE.UU. y el norte del Golfo de México hasta Argentina, incluyendo la costa continental del Mar Caribe.

Género *Sparus* Linnaeus, 1758

Sparus cinctus (Agassiz, 1843)

(Lám. 10, figs. 5)

Localidad: Sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 2 molares

Descripción: Se conservan dos molares 11 y 8 mm de diámetro respectivamente. Cada diente es una hemiesfera lisa, se base perfectamente circular. En su cara basal se observa la cavidad pulpar cóncava que llega hasta el borde uniéndose a la superficie externa. Es decir, no existe un muro perimetral, sino la simple unión fina entre las dos superficies interna y externa.

Discusión: Estos molares hemiesféricos son característicos de esta especie neógena.

Sparus neogenus Aramboug, 1927 / *aurata* Linnaeus, 1758
(Lám. 10, figs. 5)

Localidad: Sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros y Bonares-Ambulatorio, Fm. Arenas de Huelva.

Material: 4 dientes incisivos, una decena de intermedios, varios cientos de molares y 5 fragmentos mandibulares.

Descripción: -Incisivos: Dientes pequeños, tipo cincel, cilíndricos, con el ápice agudo y comprimido de forma antero-posterior, dándole a la parte superior un aspecto triangular. Este carácter los distingue de los dientes de sargus. La parte basal se hace más cuadrada, comprimida lateralmente.

Intermedios: Dientes de base circular que ascienden ligeramente antes de formar una punta roma. Es un tipo intermedio entre un molar y un canino.

-Molares: Se pueden distinguir dos tipos, unos molares pequeños de base circular; y otros de mayor tamaño y de forma ovalada a subcuadrangular, y a veces de riñón. Presentan una constricción cerca de la base. La altura del diente varía de unos ejemplares a otros, pero la cara oclusal siempre es plana o ligeramente curvada. La mayoría de los dientes presenta en este reborde por encima de la base unas estrias verticales de pequeño tamaño que pueden ser casi imperceptible o tener el aspecto de pequeños pliegues. Del mismo modo, la mayoría de los dientes en su cara basal presentan una superficie cóncava pulpar y un muro perimetral con estrias radiales que facilitan la unión a la mandíbula.

-El dentario presenta las marcas de anclaje de los dientes y se ha podido comparar con ejemplares actuales. Posee el característico diente molariforme alargado en la parte posterior lingual. En la zona posterior, labial y anterior los molares son más pequeños y redondos. En el extremo anterior se emplazan los incisivos.

Discusión: Se comparó con ejemplares actuales recojidos en la costa, con los pertenecientes a la colección de la Universidad de Évora y con fotografías (Côte Bleue, Osteobase, entre otros). En primer lugar hay que precisar que el molar alargado no es exclusivo de este género, ya que también está presente en, al menos, otro miembro de la familia, como es *Rhabdosargus haffara* (Forsskal, 1775).

<http://osteobase.mnhn.fr/region.php?lang=en&idStructure=6&idTaxon=305>. Por otra parte la diferenciación entre la especie fósil *Sparus neogenus* Arambourg, 1927 y la actual *Sparus aurata* Linnaeus, 1758 es complicada. Tal como describen Mas y Fiol (2002), en algunos de los molares con forma de riñón aplanado encontrados se pueden ver bien marcados los pliegues radiales en la periferia de la corona, característica diferencial que distingue a *Sparus neogenus* Arambourg, 1927 (= *Chrysophrys* Agassiz Sismondi, 1846). Estos pliegues son más evidentes en los ejemplares del Mioceno que en los del Plioceno. Teniendo en cuenta que en el actual *Sparus aurata* Linnaeus (1758) se pueden insinuar de manera muy difusa (Bauza, 1949a; Bauza et al., 1963; Bauza y Plans, 1973; Mañé et al., 1995), parece lógico pensar en que son cronoespecies y es un rago que ha ido variando, desapareciendo con el tiempo. Teniendo todos los estadios es difícil e ilógico diferenciar ambas especies.

Por otra parte hay que indicar que la disposición dental va variando con la edad del pez. En el caso de *Sparus aurata* actuales, se han podido observar dos morfologías distintas, una típica con un solo molar alargado y grande junto a dientes redondeados más pequeños, y otra en la que existen varios molares alargados que se van haciendo progresivamente más pequeños hacia la zona anterior, rodeados de los dientes redondos más pequeños. Parece que esta última configuración sea propia de individuos juveniles ya que se da en mandíbulas de menor tamaño. También se ha podido observar la mandíbula de un ejemplar que presentaba las dos morfologías, una a cada lado de la mandíbula, y tanto en las inferiores como las superiores. El autor desconoce el motivo de esta variación (ontogenica, hibridación, etc). <http://betterknowafish.com/2013/05/12/dorade-royale-sparus-aurata/>

Distribución biogeográfica y hábitat: Epibentónico. Se encuentra en praderas de pastos marinos y fondos arenosos, así como en la zona de rompiente, normalmente a profundidades de 1- 30 m pero los adultos pueden llegar a una profundidad de 150 metros. Un pez sedentario. A menudo aparecen en aguas salobres costeras y en estuarios. Principalmente carnívoro, herbívoros de forma esporádica. Se alimentan de crustáceos, incluyendo mejillones y ostras.

Género *Boops* Cuvier 1814

Boops boops (Linneo, 1758)
(Lám. 11, figs. 4)

Localidad: Sección Gibraleón-Autovía,(Messiniense), sección Lepe-carretera de El Terrón,(Messiniense), Sección Bonares- Casa del Pino,(Plioceno inferior).

Material: 5 dientes: AUG-7a (1), CTE-1 (1), CTE-4 (1), BON-4 (1), BON-6 (1)

Descripción: El género *Boops* no posee dientes molariformes, solamente incisivos dispuestos en una sola hilera. Los dientes son todos muy similares, pequeños, convexos con una curvatura lingual, con una raíz fina, alargada y comprimida lateralmente; y una zona superior plana y ensanchada. En la cara externa, en la zona del ángulo entre corona y raíz encontramos una pequeña depresión o surco a modo de pliegue. Cada diente tiene un borde superior afilado y dentado a modo de cincel dentado, valga la redundancia. Estos dentículos pueden variar de 3 a 5. Observando un ejemplar actual podemos ver que en el premaxilar encontramos dientes de 5 puntas en la parte anterior; y de 4 puntas

en la posterior, con la misma altura todas ellas. En el dentario encontramos en la posición más distal un diente de 5 puntas y hacia la zona anterior dientes de 3 puntas. Los dientes inferiores son más triangulares, con la cúspide central más alta y desarrollada que las demás. Según Jonet (1975), los dientes más cercanos a la sínfisis poseen solo dos puntas. En la mandíbula actual estudiada no se conservan estos dientes. Los pequeños dientes fósiles recolectados son absolutamente similares a los dientes de tipo moderno, con 3 y 4 puntas, siendo inferiores los de 3 y superiores los de 4.

Distribución biogeográfica y hábitat: Como comenta López Ortiz (2012), da la sensación de *Boops* posee dientes preparados para raspar, simil a la función de un cincel dentado que se utiliza para tallar piedra. Es una especie marina, demersal y oceanodroma. Vive en todo tipo de sustratos (arena, barro, rocas o herbazales) hasta los 350 metros de profundidad a pesar de que es más abundante en los primeros 100 metros. La boga es un pez gregario que forma numerosos cardúmenes. Es omnívoro, alimentándose de algas que raspa de las rocas, crustáceos y plancton. Se encuentra en las costas del Atlántico oriental (desde Noruega hasta Angola, incluyendo las Islas Canarias, Cabo Verde y Santo Tomé y Príncipe), del Mar Mediterráneo y del Mar Negro. (Fishbase)

Género **Spondyliosoma** Cantor, 1849

Spondyliosoma cantharus (Linnaeus, 1758)

(Lám. 11, figs. 4)

Localidad: Sección Lepe- Cooperativa la Bella (Unidad 5, Messiniense) y sección Huelva-Cabezo de la Plaza de Toros, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 2 otolitos, LEPE-1 (1) y un ejemplar no siglado.

Descripción: otolito de forma elíptica, con todos sus márgenes serrados. El margen ventral es convexo, el margen posterior forma una punta redondeada, y el margen dorsal es relativamente recto. En el margen anterior se observa un rostro corto y alto, aplanado en su cara anterior. El antirrostró es largo y afilado, y justo bajo el hay una excisura muy marcada y profunda. El surco acústico es de tipo ostial, heterosulcoide. El ostium es ovalado y corto, y la cauda es tubular, con una flexión dorsal en su zona media, y terminando cerca del margen posteroventral.

Distribución biogeográfica y hábitat: Bentopelágico, oceanódromo. Vive entre los 5-300 m de profundidad, sobre praderas marinas y fondos rocosos y arenosos. Omnívoro, alimentándose de algas y pequeños invertebrados, especialmente de crustáceos. Se distribuye por el Atlántico oriental: Escandinavia hasta el norte de Namibia, incluyendo el Estrecho de Gibraltar, el Mediterráneo y el Mar Negro, Madeira, Canarias y Cabo Verde.

Sparidae indet.

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: varias decenas de dientes molariformes y dientes intermedios, y fragmentos mandibulares parciales. También algunos de los otolitos no identificables por su desgaste.

Orden **Lophiiformes** Garman, 1899
Suborden **Lophioidei** Garman, 1899
Familia **Lophiidae** Rafinesque, 1810
Género **Lophius** Linnaeus 1758

Lophius cf. piscatorius (Linnaeus, 1758)
(Lám. 10, figs. 12-13)

Localidad: Yacimientos varios (*ver tabla 2*), Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva. Messiniense y Plioceno inferior respectivamente.

Material: 3 fragmentos de premaxilar; y 2 de dentario, uno parcial y otro casi completo.

Descripción: El dentario es grande, unos 58 mm a pesar de faltar la parte distal del mismo. Es de morfología rectangular, con un borde dorsal (encia) suavemente cóncava. La zona sinfisal es muy vertical con el extremo superior más prominente. El margen ventral es recto, aparalelo al margen dorsal, sin expansiones ni fosetas. No se observa la fosa de Meckel, por lo que falta un buen tramo de la parte distal del dentario, lo que constituiría un dentario muy fino, estrecho y algo arqueado típico de la gran boca de *Lophius*. En vista oclusal, el dentario está curvado ligeramente, con una curvatura más marcada hacia el área sinfisal y haciéndose más rectilíneo distalmente. El margen dorsal posee una fila dentaria interior con grandes dientes (por la marca de su base) y una o dos filas exteriores de dientes más pequeños. Se conservan numerosos dientes cónicos afilados de pequeño tamaño y disposición irregular, y en la zona más distal conservada un diente más comprimido en sentido labio-lingual y de base más ancha en sentido longitudinal al dentario. Todos los dientes poseen en su mitad o tercio inferior una serie de estrias verticales muy marcadas. Todo el dentario, especialmente su margen exterior o labial, está surcado de estrias longitudinales.

Discusión: se comparó con los ejemplares de *Lophius cf. L. americanus* Valenciennes, 1837 mostrados en Purdy et al. (2001, figura 66) y Elasmocom.

Distribución biogeográfica y hábitat: El rape es una especie bati-demersal marina; con un rango de profundidad de 20 - 1000 m. Se alimenta principalmente de peces de fondo. Permanece semienterrado en el fondo esperando a sus presas, a las que atrae mediante sus antenas de pesca. Se alimenta principalmente de peces.

Orden **Tetraodontiformes** Berg, 1955
Suborden **Tetraodontoidei**

Familia **Tetraodontidae** Bonaparte, 1832
Género **Sphoeroides** Lacepède , 1798

***Sphoeroides* sp.**
(Lám. 11, figs. 13)

Localidad: Yacimiento de Marismas de El Rincón-Vías y yacimiento de Corrales Santa Clara 2 (Fm. Arcillas de Gibraleón, Messiniense); y yacimiento de Corrales Santa Clara 1 (Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior).

Material: 2 premaxilares AT130112-025 y uno no siglado; y 3 dentarios AT111015-019, AT111121-009 y uno no siglado

Descripción: Los huesos mandibulares la familia han dando lugar a cuatro piezas formadas por dientes laminares; carácter que da nombre a la familia Tetraodontidae (4 dientes). Tanto premaxilares como dentario son fuertes y robustos, y se disponen formando un pico, dos arriba y dos abajo. La cara esterna está cubierta de esmalte en el que se aprecian líneas de crecimiento horizontales, más altas en la zona anterior, bajando y haciéndose paralelas al borde oclusal. Poseen una gran zona sinfisaria con numerosas laminillas horizontales en la zona de unión, que refuerzan aún más el acople de las mandíbulas de ambos lados. Los dientes o picos se superponen a modo de cizalla, quedando los superiores por fuera, como queda marcado en la parte dorsal de los dentarios. La cara interior o lingual no posee esmalte, y está formada por el propio hueso mandibular.

Discusión: muy similar a los ejemplares de *Sphoeroides hyperostosis* de Purdy et al. (2001, figura 81) y Elasmo.com. Y con el actual *Sphoeroides annulatus* del Pacífico (Osteobase). Está citado por bastantes autores como Tetrodon. En la península se ha registrado en el neógeno de Portugal y el levante Mediterráneo español.

Distribución biogeográfica y hábitat: Una especie actual de nuestras costas es *Sphoeroides pachygaster* (Müller i Troschel, 1848) (= *Tetrodon pachygaster* Muller i Troschel, 1848), *uno de los pocos representantes de la familia Tetraodontidae presente en aguas Ibéricas*. Son Bentopelágicos, con un rango de profundidad desde 50 hasta 480 m, por lo general 50 a 250 m. Habitan en fondos de arena, barro y rocosos. También habitual en cuevas, aberturas, paredes verticales y bloques de rocas. Los jóvenes son pelágicos. Se alimentan principalmente de calamares. Su distribución es circumglobal, en aguas tropicales y templadas. (Mas y Fiol, 2002 y Fishbase).

Género **Tetrodon** Linnaeus, 1758

Tetrodon lecointrae Leriche, 1957
(Lám. 11, figs. 9)

Localidad: Sección Huelva- Cabezo de la Plaza de Toros, Fm. Arenas de Huelva, plioceno inferior.

Material: 1 premaxilar.

Descripción: Difiere de *Sphoeroides* por su forma más fina y alargada, por sus laminillas esmaltadas más delgadas y horizontales, y por sus dimensiones mucho más pequeñas. No se conserva zona ósea que no esté cubierta por el esmalte.

Distribución biogeográfica y hábitat: El género *Tetrodon*, al igual que *Sphoeroides*, se caracterizan por la facultad de absorber agua e hincharse, erizando las púas de su cuerpo, cuando se sienten en peligro. Suelen vivir en aguas tropicales y subtropicales, cerca de la costa.

Orden **Pempheriformes** sedis mutabilis
Familia **Acropomatidae** Gill (1891).
Género **Parascombrops** Alcock (1889)

cf. *Parascombrops mutinensis* (Bassoli, 1906)
(Lám. 11, figs. 8)

Localidad: Sección Cartaya- Alfonsoseca, Messiniense, y Sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 3 otolitos. CART-2 (7), CART- 4 (18) y BON-16 (5).

Descripción: Otolito de forma ovaladoa, fino, con un margen dorsal ligeramente convexo y ligeramente sinuoso. El margen ventral es redondeado y de sinuoso a lobulado en su parte posterior. El margen posterior es amplio y redondeado, con borde crenado o sinuoso. El margen anterior posee un rostro bien desarrollado, no agudo, la exisura es pequeña y el antirrostro es muy pequeño. El surco acústico es ostial heterosulcoide. El ostium es ovalado, dirigido y más elevado en la zona anterior. La cauda es rectilínea, delgada, con una curvatura ventral cerca de su extremo posterior. Las cristas están poco desarrolladas. Posee una depresión dorsal poco profunda, no hay depresión ventral.

Discusión: Se comparó con los otolitos de *Parascombrops mutinensis* mostrados en Girone (2006, Lám. 3.7) y Girone et al. (2006, Fig. 6).

Distribución biogeográfica y hábitat: Es una especie extinta. Sus restos de han localizado en medios costeros y aguas profundas. Era una especie neotónica omnívora.

Orden **Perciformes** (= Serraniformes sensu Lautredou et al. (2013); Li et al.(2009)
Suborden **Serranoidei** sedis mutabilis
Familia **Serranidae** Johnson 1983
Subfamilia **Epinephelinae** Johnson 1983
Género *Epinephelus* Bloch, 1793

Epinephelus sp.
(Lám. 11, figs. 8)

Localidad: Autovía de Gibraleón, Formación Arcillas de Gibraleón.

Material: 1 dentario derecho.

Descripción: El dentario es grande, unos X mm estando prácticamente completo a excepción de un fragmento de proceso ventral, y sin dientes pero con sus alveolos bien marcados. Es de morfología rectangular a triangular, con una costricción cerca del extremo mesial. El borde dorsal (zona de los dientes) relativamente recto en toda su extensión salvo una pequeña elevación cerca de la terminación de la fosa en su cara exterior. La zona sinfisal es bi-globular, con dos zonas una encima de la otra de forma redondeada. La zona de unión es vertical y recta. En el margen ventral, tras la zona de costricción, continúa de forma ligeramente convexa hacia la parte distal del dentario. En esta zona, por encima del proceso ventral encontramos una fosa de Meckel bien desarrollada, ancha en su vértice. Sobre ella se extiende el proceso ascendente o coronoide del dentario. Ambos procesos articulan con el proceso anterior del angular, que se introduce en la fosa de Meckel. En vista oclusal, el dentario es muy recto, comprimido labio-lingualmente, curvándose en la zona sinfisal. El margen dorsal posee dos filas dentarias, pasando a una en su extremo distal. En la zona más cercana a la sínfisis se observan los alveolos para dos grandes colmillos o caninos.

Distribución biogeográfica y hábitat: Un ejemplar actual de nuestras costas, *Epinephelus aeneus*, es una especie demersal y oceanodroma que vive en un rango de profundidad de 20 a 200 m, usualmente de x m. Se distribuye por el Atlántico oriental: a lo largo de la costa occidental de África hasta el sur de Angola, incluyendo el sur del Mediterráneo. Los adultos se encuentran fondos rocoso o de barro y arena; los juveniles frecuentan las lagunas costeras y estuarios. En aguas africanas occidentales, la dieta está formada de peces (58%), estomatópodos (21%), cangrejos (10%) y los cefalópodos (10%). (Fishbase)

OSTEÍCTIOS INDETERMINADOS

cf. Myoxocephalus verrucosus (T. H. Bean, 1881).
(Lám. 12, figs. 5)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros, Formación Arenas de Huelva.

Material: Varios restos corporales de un solo individuo, incluyendo 1 otolito.

Descripción: Otolito de forma reniforme, curvado dorsalmente. El margen dorsal es irregular y presenta grandes indentaciones. Los márgenes anterior y posterior son redondeados y de lisos a ligeramente sinuosos en su zona ventral. El margen ventral es cóncavo, curvándose hacia arriba. Su ornamentación es sinuosa. El surco acústico es de tipo mesial, homosulcoide, con ostio y cauda indiferenciables, y separados por un canal

estrecho. En la vista posterior del otolito se observa una fina crenulación en el margen dorsal.

Discusión. Es un otolito muy raro y ha sido difícil su identificación, siendo esta tentativa. Con el género y especie que presenta mayor afinidad es con *Myoxocephalus verrucosus* (Nolf, 1985) un miembro de la familia Cottidae, pero sin llegar a ser igual.

Mandíbula sp1
(Lám. 12, figs. 10)

Localidad: Avda. de Cádiz, Formación Arcillas de Gibraleón.

Material: 1 dentario con multitud de dientes cónicos de muy pequeño tamaño

Mandíbula sp2
(Lám. 12, figs. 10)

Localidad: Avda. de Cádiz, Formación Arcillas de Gibraleón.

Material: 4 dentarios con los alveolos para multitud de dientes cónicos de muy pequeño tamaño

Opérculo branquial
(Lám. 12, figs. 4)

Localidad: Marismas del Rincón- Fosfoyesos, Formación Arenas de Huelva.

Material: 1 opérculo

Vértebras
(Lám. 12, figs. 9)

Localidad: Yacimientos varios, Fm. Arcillas de Gibraleón y Fm. Arenas de Huelva.

Material: cientos de vértebras (se incluyen las de condricios y osteictios)

Radios de aletas
(Lám. 12, figs. 6)

Localidad: Yacimientos varios, Formación Arcillas de Gibraleón y Formación Arenas de Huelva.

Material: cientos de radios de aletas.

Huesos con hiperostosis
(Lám. 12, figs. 10)

Localidad: Avda. de Cádiz, Formación Arcillas de Gibraleón.

Material: 24 huesos indeterminados

Descripción: Huesos densos, de forma reniforme, semienrollados con simetría bilateral, algo deprimido en la zona central en ambas caras. Un extremo forma un gancho redondeado y el otro posee dos lóbulos paralelos a modo de posible superficie articular.

Discusión: Estos huesos se han encontrado en sedimentos neógenos en multitud de países, y sin haber sido identificados durante años.

Sistemática de los Reptiles

El estudio taxonómico detallado de unos 50 restos esqueléticos de tortugas (Tab. I) hallados en dos formaciones neógenas de la Depresión del Guadalquivir ha permitido atribuirlos a tortugas marinas de la familia Cheloniidae. Dos húmeros y muy posiblemente un conjunto parcial de caparazón han podido identificarse con mayor precisión, atribuyéndolos a la especie *Syllomus aegyptiacus* Lydeker, 1889, una especie cosmopolita del Neógeno superior. Estos hallazgos, además de constituir los primeros restos de tortugas encontrados en la región, suponen la primera referencia de tortugas marinas (familia Cheloniidae) en depósitos messinienses y pliocenos de la Península Ibérica. Se enumeran a continuación las características morfológicas de los restos y su relevancia para la clasificación taxonómica.

RESTO \ FM.	A.G.	A.H.
P. neurales	2	3
P. pleurales	13	14
P. periferales	3	3
Hyoplastrón	1	-
Húmeros	1	1
Fémur	1	-
Falanges	3	2
Ulnar	-	1
Fíbula	1	-
Cjt. caparazón	-	1

TABLA 1. Distribución de los elementos esqueléticos hallados en las Fm Arcillas de Gibraleón y Arenas de Huelva.

Superclase **Tetrapoda** Goodrich, 1930
 Serie **Amniota** Haeckel, 1866
 Clase **Sauropsida** Goodrich, 1916
 Subclase **Anapsida** Osborn, 1903
 Orden **Testudines** Linné, 1758

Las Tortugas o Testudinos se subdividen en cuatro subórdenes. Dos de ellos están extintos: Paracryptodira (ahora considerado un grupo muy antiguo de Cryptodira)

extinto en el Eoceno, y Proganochelydia, extinto en el Triásico superior. Los otros dos son Cryptodira y Pleurodira, que representan a todas las tortugas actuales.

Suborden **Cryptodira** Cope, 1868

Las tortugas del suborden Pleurodira se limitan al hemisferio sur, en gran parte de Australia, Sudamérica y África. Incluye tres familias representadas actualmente: Chelidae, tortugas continentales de Sudamérica, y Pelomedusidae y Podocnemididae, de la parte afro-sudamericana y que son nadadoras de agua dulce. Pueden ser descartadas.

El otro suborden es Cryptodira, que incluye a la mayoría de las tortugas marinas y terrestres.

Superfamilia **Cheloniodea** Baur, 1893

Las placas periferales estudiadas muestran la oquedad en la que se inserta el extremo de las costillas de las placas pleurales, indicando la presencia de fontanelas. En las tortugas terrestres (Testudinidae), este rasgo se da en las formas inmaduras, cerrándose progresivamente hasta llegar a la madurez (Jiménez- Fuentes, 1985). Además, el plastrón presenta expansiones y digitaciones. Este carácter no se encuentra en tortugas terrestres, que poseen un plastrón completo. Todo ello nos indica una tortuga acuática. El conjunto del espaldar muestra escasa curvatura y pertenecería a un caparazón aplanado. Esta característica descartaría a las tortugas terrestres y a la mayoría de tortugas fluvio-lacustres. No obstante existen géneros fluviales muy comunes como Trionyx, que tienen caparazones aplanados. Como los Trionychidae carecen de escudos córneos sobre las placas óseas, éstas no presentan los surcos que los separarían. Estos surcos, que sí se dan en las tortugas marinas, aparecen en las placas estudiadas. Las falanges son aplanadas y alargadas, al igual que el ulnar (en la muñeca). Estos rasgos son propios de aletas de tortugas marinas. La aleta se forma mediante el aplanamiento y ampliación de los huesos de la muñeca y el alargamiento de las falanges de los dedos. En las tortugas marinas, el movimiento principal de la aleta durante la natación no es hacia delante y atrás como en las que caminan, sino de arriba a abajo. Esto provoca que los húmeros de los Cheloniideos tengan una forma distintiva aplanada, sobre todo distalmente; con la cabeza ligeramente desplazada unos 20° del eje del hueso y un proceso medial ampliado que se extiende más allá de la cabeza del húmero. Distal a la cabeza y casi diagonalmente opuesto hay un proceso lateral en forma de U bien desarrollado (cresta deltoides). Estas expansiones óseas sirven de anclaje para los potentes músculos de las aletas para la natación (Wyneken, 2001). Estos caracteres se han observado en los elementos hallados.

Por todo ello, los restos pertenecerían a la superfamilia Cheloniodea (Bauer, 1893), que aparece en el Mesozoico medio. Con la extinción finicretácica desaparecen casi todas las familias. Cheloniidae y Dermochelyidae, sobreviven hasta el presente. Todas las tortugas marinas neógenas y actuales pertenecen a estas dos familias.

Familia **Cheloniidae** Opperl, 1811

La superfamilia Cheloniodea incluye a dos familias actuales, Cheloniidae y Dermochelyidae. No todos los caparazones de las tortugas marinas son iguales. La familia Dermochelyidae (cuyo único representante actual es la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*) posee un caparazón libre, formado por cientos de micropalacas óseas y cartílago a modo de puzzle, que le dan una consistencia resistente pero flexible.

Puede ser descartada en cuanto a caparazón por este motivo. El húmero de *Dermochelys* es también muy distinto a los fósiles hallados. Descartada la familia Dermochelyidae, podemos deducir que debió pertenecer a la familia Cheloniidae, a la que se asignan todos los géneros de tortugas marinas actuales a excepción de *Dermochelys*.

Subfamilia **Cheloniinae** Opper, 1811
Syllomus aegyptiacus Lydeker, 1899
(Lám. 13, figs. 5-6)

Localidad: Corrales Santa Clara 1 y 2, (Fm. Arenas de Huelva y Fm. Arcillas de Gibraleón); y Autovía de Gibraleón (Fm. Arcillas de Gibraleón)

Material: Conjunto parcial de del caparazón superior (espaldar), incluyendo placas pleurales y neurales; y dos húmeros parciales.

Descripción y Discusión:

El conjunto de placas neurales y pleurales del caparazón (Fig. 3, 22-23) muestra una gran semejanza tanto en morfología como en tamaño, curvatura y relieve con las de *Syllomus aegyptiacus* Lydeker, 1899, figuradas por Weems (1974; láminas 1-2). *S. aegyptiacus* posee hasta tres quillas dorsales longitudinales en la porción anterior de su caparazón, con una medial sobre las placas neurales y otras dos paralelas sobre las pleurales (Weems 1974, fig. 4). Del conjunto hallado, la placa neural más distal (parcial) tiene una superficie aplanada, mientras que en la inmediatamente anterior comienza a emerger la quilla o cresta medial. No obstante, su extensión resulta insuficiente para una identificación exacta.

Para aproximar la identificación a nivel específico, los dos húmeros hallados, uno parcial y otro completo, fueron comparados con un ejemplar actual de tortuga boba (*Caretta caretta*), mostrando cierta similitud pero sin llegar a ser iguales. El húmero completo (a falta del proceso medial) es exacto al de *Syllomus aegyptiacus* Lydekker, 1899 figurado en Zug (2001, pág. 206, fig.1 C y E), y al de Hasegawa et al. (2005, Lam. 4), y muy parecido a los mostrados en Weems (1974, Lám. 3, fig. 1) y al figurado en Hay (1908, pág. 212, Fig. 269) bajo el sinónimo de "*Syllomus crispatus*" (Cope, 1896). El húmero parcial (mitad superior) también concuerda morfológicamente, especialmente en su cresta deltoides. (Fig. 3).

Distribución biogeográfica y hábitat: *Syllomus aegyptiacus* fue un Cheloniideo muy común que habitó los mares de todo el mundo durante el Mioceno y Plioceno. Se ha citado su presencia en Egipto (Moody, 1997), las costas tanto atlánticas como pacíficas de Estados Unidos (Cope, 1896; Weems, 1974; Zug, 2001, etc.), así como en Japón (Hasegawa et al, 2005).

Podemos comparla con la tortuga boba (*Caretta caretta*), una especie de tortuga marina actual y ampliamente distribuida mundialmente (especialmente abundante en el mar Mediterráneo). Esta tortuga se caracteriza por sus costumbres solitarias, un carácter no demasiado pelágico y su alimentación carnívora, especialmente de crustáceos, poríferos, moluscos, cefalópodos, equinodermos y demás invertebrados bentónicos. Suelen vivir a poca profundidad, aunque puede alcanzar varios cientos de metros.

Las tortugas marinas son reptiles y por lo tanto son animales ectotermos, es decir, su temperatura corporal se ve afectada por las condiciones del medio. Regulan su temperatura alterando su comportamiento, realizando inmersiones a gran profundidad para enfriar se o nadando a mayor velocidad para que la actividad muscular aumente su

temperatura. Las tortugas marinas también escogen las corrientes de aguas frías o calientes con el mismo objetivo.

Cheloniidae indeterminado

(Lám. 13, figs. 5-6)

Localidad: Bonares-Casa del Pino y Cabezo de la Plaza de Toros en la Fm. Arenas de Huelva.

Material: Fragmentados aislados del caparazón y falanges.

Descripción y Discusión: Varios fragmentos aislados de placas pleurales y periferales de tamaño, grosor y ornamentación similar a las descritas para *Syllomus aegyptiacus*, pero que debido a su carácter aislado, no es posible concretar más allá de pertenecer a las tortugas marinas.

Sistemática de las aves

Subclase **Avialae** Gauthier, 1986

Infraclase **Aves** (Linnaeus, 1758)

Parvclase **Neornithes** Gadow, 1893

Cohorte **Neognathae** Pycraft, 1900

Subcohorte **Neoaves** Sibley et al., 1988

División **Terrestroornithes** B.C. Livezey y R.L. Zusi, 2007

Subdivisión **Telmatorae** Lowe, 1931

Superorden **Charadriimorphae** Huxley, 1867

Orden **Charadriiformes** (Huxley, 1867)

Suborden **Lari** Sharpe, 1891

?Laromorphae De Pietri et al, 2011

(Lám.X, figs. X)

Localidad: Cabezo de la Plaza de Toros, Huelva capital. Fm. Arenas de Huelva, nivel de glauconita. Plioceno inferior.

Material: 1 húmero izquierdo.

Descripción: Se trata de un húmero izquierdo al que le falta el extremo proximal. La longitud máxima conservada es de 51 mm y el grosor distal máximo es de 8,8 mm. El proceso supracondilar dorsal es muy pronunciado y se proyecta cranealmente con bordes rectos (cresta supracondilar). El surco humerotricipitalis es ancho y conecta con la fosa del olécranon.

En su superficie se aprecian marcas de bioerosión (Muñiz et al., 2008). Este aspecto será tratado en el apartado de tafonomía.

Discusión: En una primera aproximación, Antonio Sánchez Marco, especialista en aves fósiles, indicó que pertenecía al Orden Charadriiformes, y que se asemejaba a un posible Págallo (*Stercorarius*). Así consta en Muñiz et al., (2008) y Toscano (2010).

Cierto es que en las fotografías utilizadas, no se apreciaba bien la profundidad de la fosa braquial.

Los Charadriiformes se distinguen por dos caracteres óseos presentes en sus húmeros, como el *canalis n. coracobrachialis cranialis* (o canal coracobraquial, presente en la parte proximal del húmero, aquí no conservado), y por la característica forma de su proceso supracondilar dorsal, muy pronunciado (Ballmann 2004), el cual sí es visible en nuestro ejemplar. Pertenece por tanto a los miembros del Orden Charadriiformes.

Intentando precisar su identificación taxonómica, se comparó dicho húmero con otros presentes en la bibliografía y con algunos esqueletos recogidos de la costa actual de Huelva, además de con bases de datos con modelos digitales 3D.

Es cierto que el húmero fósil aquí descrito tiene un gran parecido a los húmeros actuales de pájalo, *Stercorarius antarcticus lonnbergi* y *S. maccormicki* de Acosta Hospitaleche et al., (2009, Fig.13; y 2010, Fig 3); y al fragmento distal de *Stercorarius* sp. del Paleolítico medio de Inglaterra de Stewart y Jacobi (2015, Fig. 4-j), pero se observan ciertas diferencias. En primer lugar, los húmeros de *Stercorarius* son de un tamaño mayor al aquí descrito. La figura D del suplemento de Stewart y Jacobi (2015, Fig. 4-j) muestra un gráfico con el tamaño del extremo distal del húmero de diversos ejemplares de *S. antarcticus lonnbergi* y *S. maccormicki*. Las medidas del aquí descrito son mucho más pequeñas (bd=8,8 y X=12 milímetros) y quedan algo por debajo de la recta de regresión, saliendo incluso del gráfico. En segundo lugar, el proceso supracondilar dorsal es más pequeño y agudo en *Stercorarius*. De hecho, un comentario sobre esta característica en Stewart y Jacobi (2015), que a ellos les servía para descartar y quedarse con *Stercorarius*, “*El espécimen no es de un gran Sternidae porque el processus supracondylaris dorsalis es mucho más extenso en una dirección proximal y en general, mayor en Sterna que en el fósil.*”; hizo que apuntásemos en sentido contrario, hacia el grupo de los *Sternidae* (charranes). En tercer lugar, la fosa braquial es menos profunda en *Stercorarius*.

También tiene cierto parecido con el grupo de las Pardelas, con *Puffinus griseus* en Sánchez Marco (2003, Fig. 1-D); con *Puffinus puffinus* en Figueiredo (2010, Estampa I-1); o *P. olsoni* y *P. puffinus* en Ramirez et al., (2010). Sin embargo, este género posee un húmero más largo, con la diáfisis más alargada en proporción al tamaño total. Además, la fosa del olécranon es más profunda que en nuestro ejemplar.

Otro género con el que guarda cierta similitud es con *Calidris* (Pavia, 2013, Fig.2), pero si comparamos el patrón de fosetas en el extremo distal en vista dorsal, bajo el proceso supracondilar dorsal, podemos ver que los patrones no son similares, por lo que puede ser descartado, del mismo modo que *Gallinago*, *Glareola*, *Philomachus*, *Limicola*, *Tringa* y *Charadrius* (Ballmann, 2004, Fig.1) por el mismo motivo. Es más corto que *Scolopacimilis* y *Elorius*, dos géneros del Mioceno (De Pietri y Mayr, 2012).

En comparación directa con húmeros actuales de gaviotas (*Larus hyperboreus* y *Larus ridibundus*), pudo apreciarse que el hueso fósil era mucho más pequeño, con un proceso supracondilar dorsal más desarrollado en proporción a su tamaño, y una diáfisis o eje más alargado en las gaviotas actuales; si bien es muy similar es el extremo distal a húmero de *Larus ridibundus*. Por otra parte, coincidiendo con el comentario de Stewart y Jacobi (2015) arriba mencionado, tiene un gran parecido al húmero de *Sterna paradisaea* (Charrán antártico) (<http://specimens.iri.isu.edu>) especialmente en la faceta para el ligamento colateral ventral, o a *Sterna hirundo*, aunque el fósil es un poco más alargado en su diáfisis. Es más pequeño que *Sterna bergii*. Es más corto en su diáfisis que los grandes charranes como *Thalasseus maximus*. (<http://aves3d.org>)

De Pietri et al., (2011) hacen una revisión del Suborden Lari, creando un nuevo grupo, Laromorphae, que comprende gaviotas, charranes y golondrinas de mar. Incluye a las

familias Laridae, Sternidae, Rynchopidae, *Gygis*, *Anous* y los extintos Laricolidae, pero excluyendo a Stercorariidae. El relieve de la faceta para el ligamento colateral ventral más suave, en *Rynchops* (Mayr, 2011, Fig. 5) permite descartarlo. En cuanto a *Gygis* tiene un único representante actual, propio de zona tropical, y *Anous* no está presente en Europa (<http://www.hbw.com/>). Tiene un gran parecido en su proceso supracondilar dorsal con *Laricola*, pero el hueso en estudio es más grueso y más corto en su diáfisis. *Laricola* es proporcionalmente más largo y fino.

Según De Pietri (pers. com.), el ejemplar podría representar una etapa evolutiva temprana del grupo basal de las gaviotas o el de los charranes (Laridae y Sternidae).

Con todo ello, se ha llegado a la conclusión de que el húmero fósil aquí descrito tiene caracteres intermedios entre gaviotas y charranes, y aunque necesita un estudio más especializado, puede englobarse en el Suborden Lari, con indicios de encontrarse dentro de Laromorpha.

Distribución biogeográfica y hábitat: El Orden Charadriiformes, al que actualmente se le reconocen unas 366 especies, está constituido por aves con una amplia distribución mundial y cuyos representantes más conocidos son las gaviotas, de la familia Laridae. Viven en zonas costeras.

Se trata del primer ejemplar del Plioceno encontrado en toda la comunidad andaluza relacionado con la familia de las actuales gaviotas.

Sistemática de Mamíferos Marinos

---MISTICETOS ---

Aunque los restos fósiles de cetáceos son muy abundantes en el Neógeno español, existen pocas referencias bibliográficas al respecto. El registro se ciñe básicamente a pequeños restos craneales, vertebrales y apendiculares del suborden Mysticeti (ballenas barbadas), si bien han aparecido ejemplares casi completos de forma ocasional. En este sentido, los depósitos marinos neógenos de la zona occidental de la Cuenca del Guadalquivir son muy ricos en restos de este grupo (ver referencias en Esperante *et al.*, 2009, Tab. I; Muñiz *et al.*, 2006, 2008, 2009).

Orden **Cetacea** Brisson, 1762

Suborden **Mysticeti** Flower, 1864

Los misticetos (Mysticeti), conocidos comúnmente como cetáceos barbados, son un suborden del orden Cetacea. Se caracterizan por la presencia de las barbas en lugar de dientes, como ocurre en el otro suborden de cetáceos, los odontocetos.

Superfamilia **Balaenopteroidea** (Gray, 1868)

Familia **Balaenopteridae** Gray, 1864

Subfamilia **Balaenopterinae** (Gray, 1864)

Género ***Balaenoptera*** Lacépède, 1804

cf. Balaenoptera physalus (Linnaeus, 1758)

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimiento de Marismas de El Polvorín Norte, sedimento procedente del Cabezo de la Joya, pertenecientes a las arenas de la Fm. Arenas de Huelva. (Plioceno inferior)

Material: 1 bulla timpánica derecha.

Descripción: Bulla grande, 8,8 cm de longitud antero-posterior, 5,6 cm de ancho dorsoventral. En vista ventral se observa una cresta principal ancha, con un margen medial elevado. El lóbulo anterior es globular, muy desarrollado anterolateralmente, más que la actual *Balaenoptera physalus*, casi sobrepasando anteriormente la cresta antero-lateral. El perfil involucral es plano en el lóbulo anterior pero algo convexo en el posterior. En vista dorsal, el surco lateral es profundo y orientado transversalmente. No se conserva el extremo del proceso sigmoide. El proceso cónico es alto, ancho, redondeado y arqueado. La apertura de Eustaquio algo más redonda que la de la actual *B. physalus*, más ovoidal. En vista medial la cresta involucral está retraída del margen medial. La cresta involucral es paralela a la cresta principal en toda la bulla. La apertura de Eustaquio está rellena de sedimento, y no se aprecian bien las paredes ni la superficie involucral adyacente. En vista lateral se observa una depresión longitudinal paralela a la cresta principal bien marcada. El lóbulo anterior es muy globular.

Distribución biogeográfica y hábitat: El rorcual común (*Balaenoptera physalus*), es el segundo animal más grande existente en el planeta, solo superado por el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*). Puede llegar a alcanzar una longitud de 27 metros. Como muchas de las grandes ballenas, el rorcual común es una especie con una distribución cosmopolita. Puede verse en los principales océanos, desde las aguas polares a las tropicales y en aguas litorales y oceánicas. La especie está ausente solamente de las aguas próximas a los bloques de hielo de ambos polos y de áreas relativamente pequeñas y alejadas de los grandes océanos, como el mar Rojo, el golfo Pérsico, el este del mar Mediterráneo y el mar Báltico. La mayor densidad de población se encuentra en aguas templadas y frías. En aguas más cálidas y en las regiones ecuatoriales su población disminuye considerablemente. Prefiere las aguas profundas, de gran productividad biológica, más allá de las plataformas continentales o zonas donde la caída de la plataforma continental tiene una pendiente muy pronunciada y evita las aguas poco profundas. El rorcual común es un animal filtrador que se alimenta principalmente de pequeños peces que se agrupan en cardúmenes, de calamares, de crustáceos como los misidáceos y de kril. Son más gregarios que otros rorcuales y por lo general viven en grupos de seis a diez individuos, aunque en las zonas de alimentación sea posible observar hasta 100 ejemplares juntos. Se sumerge habitualmente hasta unos 250 metros de profundidad.

Género *Megaptera* Gray, 1846

cf. Megaptera

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Excavación en calle Jesús de la Pasión, nº 3. Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: El material hallado en la excavación fue descrito en el Anuario Arqueológico de Andalucía (Muñiz et al., 2006). Como solamente se ha revisado la bulla timpánica izquierda, se reproduce aquí dicho inventario.

Elementos craneales (Lámina V):

-**Neurocráneo:** se trata de piezas incompletas, fragmentadas, indeterminadas pertenecientes a diferentes zonas del neurocráneo.

-**Periótico (Lám. V, Fig. 1):** en vista ventral se reconoce el promontorio (cochlea) que engloba al canal cochlear, este es liso en su parte superior y se observan rugosidades o estrías en su zona inferior. El proceso lateral es liso y de morfología triangular terminado de manera roma.

-**Timpánico (Lám. V, Fig. 2):** bulla conservada excepcionalmente, de contorno oblongo más alargado (9,5 cm) que ancho (5 cm) con el margen ventral convexo y cara lateral cóncava. El involucro es ancho y presenta estrías. El canal de eustaquio es profundo y más amplio en el margen anterior que en el posterior donde se estrecha. El pedicelo posterior, los procesos mamelar, cónico y sigmoide están muy bien diferenciados.

-**Mandíbula:** fragmento (40 cm) correspondiente a la hemimandíbula o mandíbula inferior.

Elementos postcraneales (Lámina VI):

-**Vértebra lumbar (Lám. VI, Fig. 1):** se han recolectado del orden de 16 vértebras con diferentes estados de conservación. En su mayoría son cuerpos vertebrales variables en longitud (de 30 a 15 cm), no se conservan los arcos neurales y únicamente dos vértebras presentan los procesos transversales, aparentemente horizontales y muy fragmentados. Entre algunas vértebras se observan las epífisis intervertebrales en conexión.

-**Costilla:** numerosos fragmentos correspondientes a las costillas.

-**Falange (Lám. VI, Fig. 2):** tiene una longitud de 7,5 cm, expandida desde el centro hacia los extremos, diáfisis abiertas y elipsoidales en sección transversal.

-**cf. Cubito:** relativamente largo (50 cm) y fino. La superficie articular distal es de morfología cuadrangular.

Descripción: Bulla timpánica izquierda excepcionalmente conservada, con la superficie ventral muy convexa y carece de la depresión longitudinal inmediatamente adyacente a la cresta principal. En vista medial, la cresta principal es muy redondeada y es paralela a la cresta involucral en toda su longitud. El lóbulo posterior está inflado dorsal y ventralmente. El involucro es ancho y presenta estrías suaves. La superficie del involucro adyacente a la abertura de Eustaquio es más estrecha y ligeramente convexa. La apertura de Eustaquio es relativamente grande y profunda, aunque en la especie actual es más redondeada. La cavidad timpánica es amplia y profunda. El pedículo posterior no se conserva, los procesos mamelar, cónico y sigmoide están muy bien diferenciados. El proceso sigmoide tiene un margen posterior casi recto, con un labio timpánico espeso. El proceso cónico es relativamente corto en altura y de forma semitriangular. El proceso sigmoide se coloca posterior a la línea media, algo más que en la actual *Megaptera novaeangliae*.

Discusión: De los elementos óseos encontrados, el complejo Timpánico-Periótico se ofrece como el elemento más diagnóstico para conjeturar sobre la clasificación taxonómica de este ejemplar. El estriado en el involucro y el contorno más alargado que ancho permite asignarla a la familia Balaenopteridae Gray (Gondar, 1966, Angolín y Lucero, 2004). Por otra parte, la cochlea (que engloba al canal coclear) tiene las

características afines al género *Balaenoptera*: liso en su parte superior, con rugosidades o estrías en su zona inferior, un proceso lateral también liso y de morfología triangular terminado de manera roma.

Su forma es globosa en el lóbulo posterior y la superficie ventral muy convexa, la cresta principal es paralela a la involucral de escaso relieve y redondeada, sin surco, y su proceso sigmoide bien definido y de margen posterior casi recto la enmarcan en *Megaptera*. Es muy similar a la actual *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) mostrada en Ekdale et al. (2011), pero con el proceso sigmoide más bajo y de mayor tamaño, y la apertura de eustaquio algo menos redondeada. Los restos de *Megaptera* fósiles son muy escasos y parciales. Podría tratarse del ancestro de la especie actual.

Consideraciones Tafonómicas: (Muñiz et al., 2006). Nuestro espécimen está incompleto (se estima que corresponde a >10% del esqueleto total). Los huesos están ferruginizados, muy porosos y en general con una conservación pesima, aunque algunos, como la bulla timpánica y falange estén conservados de manera excepcional. Únicamente parte de las vértebras lumbares están parcialmente articuladas, el resto está inconexo y disperso arealmente sin guardar una posición original relativa.

Una vez se depositó el cuerpo en el fondo con la parte ventral hacia abajo (deducido por la posición relativa de las vértebras lumbares con la zona del arco neural expuesta hacia arriba) se produjo la pérdida de las partes blandas bajo condiciones aeróbicas, quedando a merced de la actividad de carroñeros principalmente vertebrados, como demuestra la presencia de dientes de seláceos (*Carcharinus*, *Carcharias*, *Isurus* y *Cosmopolitodus*).

En nuestro caso, las arenas pardo-amarillentas del tramo superior de la Formación Arenas de Huelva, se corresponden desde el punto de vista paleoambiental con una reactivación energética a posteriori de una pulsación de tipo transgresivo (arenas glauconíticas inferiores), inicio de un nuevo ciclo regresivo que caracteriza un medio marino litoral más energético y más somero (Mayoral, 1989). En términos batimétricos se correspondería con una zona submareal, afectada por corrientes y oleaje, y en consecuencia, condiciones de dinámica sedimentaria muy activa con repercusión directa sobre la formación y/o destrucción de los restos fósiles.

Según datos de campo, la orientación del eje axial del esqueleto es de N35W. Igualmente, se observa una orientación preferente en los huesos con un eje mayor (costillas, cf. cubito, mandíbula y falange) entre N60W y N80W, coincidente con la dirección relativa de dispersión N40-70W de los huesos craneales (fragmentos neurocráneo, periódico y timpánico) desde su hipotética posición anatómica natural. Esta orientación observada en los huesos es producto de la acción de corrientes y oleaje del fondo en un medio tan somero (por encima del nivel de base de las olas). Esta información se presenta muy valiosa, en contraste con otros datos de paleocorrientes obtenidos en otros esqueletos, a la hora de establecer la antigua línea de costa y en consecuencia la paleogeografía de la zona durante este periodo. Esta acción de corrientes sobre el esqueleto hizo que su degradación fuera acelerada, aunque no constante. La circunstancia de encontrar por un lado las vértebras articuladas parcialmente con los arcos neurales omitidos y la zona proximal de estos con apariencia pulida o romas; así como los discos y epífisis intervertebrales separadas y desarticuladas (no se han encontrado en el área de dispersión estudiada), se traduce en varios ciclos de no sedimentación, enterramiento y erosión. Por un lado, la evidencia de carroñeo y presencia de organismos epibiontes (balanomorfos) y cementantes (ostreidos) en relación directa con los huesos, nos indica positivamente de periodos más o menos largos de exposición en el fondo, escasa tasa de sedimentación y aumento e intensidad

del principal proceso alterador, las corrientes del fondo. El relleno por sedimento del espacio entre epífisis intervertebrales y la cara del cuerpo vertebral nos indica una fase de sedimentación (posiblemente parcial) rápida, sin dar tiempo a su separación definitiva y transporte. Por último, la fragmentación, yuxtaposición o superposición y orientación de los huesos, se puede interpretar como una fase de erosión que vuelve a poner parte de los restos bajo condiciones del fondo. La presencia, aun que escasa, de alguna epífisis intervertebral soldada a las vértebras hace que nos encontremos posiblemente ante un ejemplar subadulto (Ichisima et al., 2006).

Distribución biogeográfica y hábitat: La yubarta (*Megaptera novaeangliae*), también llamada ballena jorobada, tienen una longitud de 13 a 16 m y un peso aproximado de 36 toneladas. Son fácilmente identificables por su complexión robusta, cabeza nudosa, y por sus largas aletas pectorales (longitud medida desde la cabeza del húmero hasta la punta de la aleta oscila del 28,3 a 34,1 % de la longitud total del animal). Se distribuye por todos los océanos y mares del mundo; normalmente migran hasta 25.000 km cada año. Las yubartas se alimentan principalmente durante el verano en las regiones polares y viven de sus reservas de grasa durante el invierno, cuando migran a aguas tropicales y subtropicales para reproducirse y parir las crías. La especie se alimenta principalmente de krill y peces pequeños; posee un amplio repertorio de métodos para alimentarse, incluyendo la notable técnica de la red de burbujas, mediante ataques directos o aturdiendo a sus presas al golpear el agua con sus aletas pectorales o caudales. Viven en grupos, pero usualmente se trata de grupos pequeños e inestables.

Balaenopteridae indet.

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Aparecen restos en casi todos los yacimientos, pero se observa una gran cantidad especialmente en El Portil, en el Cabezo de la Plaza de Toros y sus escombreras (Corrales 1 y Marismas de El Polvorín) y en Bonares- Ambulatorio, todos ellos pertenecientes al nivel basal de la Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior). También son abundantes en los niveles de la unidad de las Arenas de Trigueros (Messiniense), perteneciente a la Fm. Arcillas de Gibraleón.

Material: Se incluyen aquí los esqueletos más o menos completos excavados (Muñiz et al, 2006) y algunos más por excavar pero que no han sido estudiados en detalle aún y se encuentran en las primeras fases de limpieza. Si bien, las características observadas en campo permiten asignarlos a la familia Balaenopteridae. En posteriores fases de limpieza y estudio será posible definir con mayor exactitud su clasificación taxonómica, ya que muchos de ellos conservan restos craneales que suelen ser muy diagnósticos. También se incluyen aquí cientos de vértebras aisladas o fragmentos aislados reconocibles a este grupo pero que por su carácter solitario, no pueden aportar más información.

Distribución biogeográfica y hábitat: Balaenopteridae es una familia de grandes ballenas barbadas filtradoras que se distribuye por todos los mares y océanos del planeta.

Familia **Cetotheriidae** Brandt, 1872

Cetotheriidae indet.

(Lám. X, figs. X)

Localidad: Barrancos del Arroyo Valleforero, Lepe. Plioceno inferior.

Material: Un cráneo semicompleto correspondiente a la familia Cetotheridae que se rescató en Septiembre de 2005 (Muñiz et al, 2006).

Descripción: El cráneo es relativamente pequeño (unos 50 centímetros de longitud), conservando neurocráneo y alcanzando hasta sobrepasar ligeramente la línea de los nasales (unos 15 cm de vómer), faltando la mitad anterior del cráneo (rostró). Su longitud total se estima en 100-110 cm centímetros. En vista dorsal se observa el occipital, falta del escudo supraoccipital, que deja al descubierto la cavidad cerebral. Pueden verse las zonas de los escamosos más cercanas al foramen magnum. Las zonas más externas no se conservan, y la línea de “fractura” parece ser la de los límites de los parietales. Se observan también los frontales, suboperculares, todos en la parte más cercana al eje central del cráneo. Se conservan los nasales, mesetmoides y parte del vómer, con una pequeña parte de maxilares y premaxilares.

En su parte ventral, cubierta de matriz arenosa ferruginizada, se observan un fragmento de una de las mandíbulas inferiores, propia de las ballenas barbadas, así como en el basicranium asoman las dos bullas timpánicas, de gran interés en la clasificación sistemática. El tamaño estimado del ejemplar de Lepe sería de unos 4,5 metros.

Biocronología: Oligoceno superior- Plioceno superior

Distribución biogeográfica y hábitat:

Los cetotheridos comprenden un amplio número de géneros y especies, todas ellas extintas hoy día. Tiene similitudes morfológicas con los Baleonopteridos ancestrales. Se trataba de un tipo de ballenas barbadas pequeñas, de 4-5 m, algunas de poco más de un metro.

La importancia del cráneo de Lepe hallado es grande por tratarse de restos de cetáceos pertenecientes a un grupo extinto y por la escasez de estos restos en el registro fósil español. Hasta la fecha sólo hay constancia de restos esqueléticos fósiles pertenecientes a *Cetotherium* sp. hallados en Villafranca del Penedés, en Cataluña, lo que convertiría a este cráneo en el primero en España. En posteriores fases de estudio será posible definir con mayor exactitud su clasificación taxonómica.

---ODONTOCETOS ---

El registro fósil de Odontocetos (Cetacea, Odontoceti) es muy escaso en la Península Ibérica. Las contadas referencias se centran en las áreas Galaico-Cantábrica y Catalano-Balear, al norte y este de la Península Ibérica. Recientemente se ha publicado la primera cita para el suroeste de España (Toscano et al., 2013a), donde se describen dos dientes aislados pertenecientes al género *Scaldicetus* (Odontoceti, Physeteridae) del Mioceno superior. En otro trabajo del mismo año (Toscano et al., 2013b) se describen nuevos restos de odontocetos neógenos (Messiniense y Plioceno inferior) del sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España). Estos restos se componen principalmente de piezas dentales aisladas y algunos restos postcraneales. Unos meses después se publica otra descripción sobre escaldicétidos del Tortonense de Sevilla (Sendra y Bajo Campos, 2013).

Los odontocetos suelen presentar una gran variabilidad intraespecífica en cuanto a forma, tamaño y textura de sus dientes, produciéndose a menudo un solapamiento morfológico con los de otras especies. Esto hace muy complejo identificar un odontoceto solamente por sus piezas dentales sin contar con otros elementos diagnósticos como el cráneo.

Suborden **Odontoceti** Flower, 1867

Familia **Physeteridae** Gray, 1821

Los datos anatómicos (Geisler y Sanders, 2003; Lambert, 2005) y genéticos (Geisler *et al.*, 2011) definen a la familia Physeteridae como una rama basal dentro de los cetáceos odontocetos. Los fisetéridos son muy abundantes desde el Mioceno, aunque en la actualidad sólo están representados por tres especies: *Physeter macrocephalus*, *Kogia breviceps* y *Kogia sima*, aunque incluye numerosos géneros extintos.

Subfamilia **Hoplocetinae** Cabrera, 1926

Género **Zygophyseter** Bianucci et al, 2006

El morfotipo *Scaldicetus* es uno de los “géneros” neógenos más comunes y problemáticos desde el punto de vista taxonómico de la extinta subfamilia Hoplocetinae. Considerado un género polifilético, su uso sistemático ha quedado relegado a piezas dentales aisladas. Los descubrimientos de ejemplares con dentición y restos esqueléticos muy completos se ha producido hace muy poco, en la última década, y ha permitido diferenciar varias especies con este tipo de dentición (ver discusión). Debido a ser tan recientes estos descubrimientos, la mayor parte de la bibliografía se refiere a estos restos como pertenecientes a *Scaldicetus* o morfotipo *Scaldicetus*.

La presencia referenciada del morfotipo *Scaldicetus* en la Península Ibérica es escasa; un diente aislado hallado en el Plioceno de la Isla del Aire (Menorca, Islas Baleares, España) y asignado por Mercadal *et al.* (1985) a *S. grandis* (Mas, 2004; Hampe, 2006), aunque su estado fragmentario y desgaste no permiten una determinación precisa (Hampe, 2006); un diente perteneciente a *S. degiorgii* proveniente del Mioceno superior (Tortonense) de Villanueva de Ríos y Minas, (Sevilla, SO de España) (Sendra, 2004, Sendra y Bajo Campos, 2013); un diente asignado como cf. *S. grandis* del Tortonense de Cocentaina (Alicante, España)(Sendra, 2013). Hay otros hallazgos no publicados de dientes de *Scaldicetus*: y otro perteneciente a *Scaldicetus* sp. del Mioceno de la localidad de Sangonera (Murcia, SE de España)(Asociación Cultural Paleontológica Murciana, 2012) (Figura 1). Dentro de la Península Ibérica hay que sumar los restos esqueléticos de *Scaldicetus* sp. encontrados en la Península de Setúbal (Portugal) descritos por Estevens y Antunes (2004).

Durante la elaboración de esta tesis, se han localizado cinco ejemplares más: un diente perteneciente al Messiniense de Gibraleón, Huelva (Toscano et al., 2013a), un diente y varios huesos pertenecientes al Messiniense del Arroyo de Las Moreras, Lepe, Huelva (Toscano et al., 2013b), un diente perteneciente al Tortonense de Burguillos, Sevilla, (Ángel Benitez *com.pers.*) un diente perteneciente al Tortonense de Alcalá del Río, Sevilla (Toscano et al., 2013a), y un diente incrustado entre varios huesos en el Neógeno de Almería, más similar a *Physeter* (Juán Ibáñez pers. com.). Se describen a continuación los dos referidos a yacimientos en el área de estudio de este trabajo.

cf. *Zygophyseter varolai* Bianucci et al, 2006

(Lám. 13, figs. 3)

Localidad y edad. Gibraleón (Huelva), Formación Arcillas de Gibraleón, Mioceno superior (Messiniense); y Arroyo de Las Moreras, Lepe, Huelva (Messiniense).

Material. Un diente parcial CET-AG-1 (corona y mitad superior de la raíz) y un diente parcial CET-LE-1 (raíz completa sobre fragmento de mandíbula y varios bloques con costillas y vértebras) (Figura X). Los restos están catalogados en el Departamento de Geodinámica y Paleontología de la Universidad de Huelva (España) bajo las siglas CET-AG-1 y CET-LE-1. El término CET se refiere a cetáceos, seguido de la localidad de procedencia. AG hace referencia a “Autovía de Gibraleón” y LE a “Lepe”.

Descripción. CET-AG-1: Diente unicúspide cónico, algo comprimido labio-lingualmente y de contorno triangular. La corona es relativamente corta (38 mm) respecto al tamaño total conservado del diente (84 mm) (Figuras 3 y 4 y Tabla 1). Posee un margen basal recto y continúa hacia la raíz sin ninguna constricción o cuello basal. Su ápice está levemente orientado en dirección posterior. En la base de la corona los diámetros labio-lingual y mesio-distal son 24 y 29 mm respectivamente. La corona está cubierta por una fina capa (1.14 mm) de esmalte marrón sutilmente arrugado con pliegues longitudinales. No presenta crestas laterales, pero sí una incipiente faceta de desgaste vertical en la superficie lingual, que va casi desde la punta hasta su base, sin llegar a la raíz. La mitad inferior de la raíz y parte de su cara labial no se preservaron en este espécimen. Una comparación con dientes de similar tamaño en otros especímenes del morfotipo *Scaldicetus* permite estimar el tamaño de la raíz, que alcanzaría los 14 cm. Ésta última tiene una morfología alargada y ligeramente curvada hacia el margen posterior, con una base estrecha que se va ensanchando hacia la zona ventral. El núcleo de dentina es una estructura cónica alargada, que está rodeado por una capa gruesa de cemento de 10 mm que da a la raíz su forma inflada. La superficie de cemento en la cara lingual muestra marcas de bioerosión producida por peces. La ruptura en la zona inferior y labial de la raíz permite apreciar la existencia del núcleo de dentina sustituyendo una cavidad pulpar anterior bien desarrollada (13 mm de diámetro). El escaso ángulo de curvatura entre la raíz y la corona en la cara posterior del diente, así como el ensanchamiento poco acentuado de la raíz permite, al compararlo con los conjuntos dentales de *Zygophyseter varolai*, *Brygmophyseter shigensis* y *Acrophyseter deinodon*, interpretar como posición más probable la de un diente lateral o sinfisal. El carácter parcial del diente y la falta de material de referencia más detallado impiden una mejor identificación.

CET-LE-1: Diente unicúspide, algo comprimido labio-lingualmente. La corona no se conserva, aunque la fractura debe estar cercana al paso corona-raíz, en la raíz externa. Se aprecia el collar gingival, (donde el diente sobresale de la encía). El tamaño total conservado del diente es de 11,9 cm (13,2 si incluimos la impresión en la matriz del ápice de la raíz), (Figuras X y Tabla X). No se observa ninguna constricción o cuello basal, alcanzando en este punto su máximo grosor (4,9 cm). Esta raíz inflada se estrecha hacia la base curvándose hacia el margen posterior. El extremo basal de la raíz se comprime rápidamente haciéndose más cilíndrico, alcanzando en su extremo basal los 12 mm de diámetro. Este extremo está fracturado pero marcado en la arenisca, por lo que falta su terminación. El tamaño total estimado del diente sería de unos 16 cm. Una comparación con dientes de *Acrophyseter deinodon* (conjunto dental en el museo De Groene Poort, Boxtel, Holanda, Ghedoghedo, 2011), y el escaso ángulo de curvatura entre la raíz y la corona en la cara anterior del diente permite interpretar como posición más probable la de un diente inferior posterior. Se conservan además un conjunto de dos

vértebras, una de ellas con el disco intervertebral (epífisis) desplazado pero en conexión, y a su vez contacto con otro fragmento de mandíbula, y otro fragmento mandibular aislado. Existen otros bloques de arenisca cementada con fragmentos de costillas. El futuro estudio de los restos postcraneales hallados podrá ayudar a una identificación más precisa.

Discusión y Diagnósis: Aspectos taxonómicos sobre *Scaldicetus* y afines

Los dos dientes hallados son de grandes dimensiones, unicúspides, con coronas proporcionalmente pequeñas y raíces infladas. Estos rasgos son propios de los odontocetos de la familia Physeteridae. Dentro de esta familia, podemos incluirlos en la extinta subfamilia Hoplocetinae. De acuerdo con Hampe (2006), los Hoplocetinae se caracterizan por presentar dientes robustos y macizos, con una capa de esmalte corta que cubre la corona. La presencia de esmalte rugoso, también presente en Aulophyseterinae, distingue CET-AG-1 de los Physeterinae, que carecen de esmalte rugoso y poseen una sección subcilíndrica (Muizon, 1991; Agnolin y Lucero, 2004). Además, los dientes de Physeterinae y Aulophyseterinae son mucho más finos, alargados y curvados. Los Hoplocetinae se conocen desde el Mioceno inferior al Plioceno e incluían clásicamente cuatro géneros: *Diaphorocetus*, *Idiorophus*, *Scaldicetus* y *Hoplocetus*.

Hoplocetus presenta una constricción, o cuello, bajo la corona esmaltada, mientras que *Scaldicetus* nunca la presenta y además sus dientes son de mayor tamaño. *Diaphorocetus* fue determinado a partir de caracteres craneales y sus dientes no están bien definidos, pero se asemejan a los de *Aulophyseter*, mucho más finos y esbeltos que los de *Scaldicetus*. Por último, los dientes de *Idiorophus* son mucho más pequeños y delgados que los de *Scaldicetus*, menos curvos y además suelen presentar un diámetro fino constante en toda la mitad superior del diente, que solo se engrosa en la zona media y basal de la raíz por su cara posterior (Hampe, 2006) (Figura 5). Como vemos, un análisis diferencial entre los Hoplocetinae clásicos atribuiría las piezas dentales estudiadas al polémico género *Scaldicetus*.

Pero existe un problema, los restos fósiles completos de fisetéridos son relativamente escasos. Los dientes aislados o asociados a fragmentos de mandíbula son más comunes y han sido utilizados a menudo para describir nuevos taxones (Lambert *et al.*, 2008). Du Bus (1867, 1872) estudió numerosos dientes aislados con coronas esmaltadas, y estableció un gran número de taxones de fisetéridos en función de caracteres externos de los dientes, tales como su tamaño, curvatura, desgaste, presencia o ausencia de carenas en la corona, condición abierta o cerrada de la cavidad pulpar en el ápice de la raíz y la presencia o ausencia de bifurcación vestigial en las raíces. Estos criterios fueron considerados inadecuados por Abel (1905), que interpreta las diferencias en la morfología y el tamaño de los dientes como variaciones intraespecíficas. Este autor propuso la inclusión dentro del género *Scaldicetus* de todos los taxones preexistentes de dientes con corona esmaltada definidos por Du Bus (1867), aunque mantuvo diferentes especies de este género con el fin de dar cabida a la amplia gama de especies nombradas por Du Bus (Whitmore y Kaltenbach, 2008). Más de una docena de especies han sido asignadas a *Scaldicetus* en todo el mundo (Estevens y Antunes, 2004; Hampe, 2006). No obstante, autores como Whitmore y Kaltenbach (2008) critican esta proliferación, ya que su distinción taxonómica se basa en criterios que pueden ser debidos a cambios ontogénicos o variaciones intraespecíficas.

A nivel mundial, la reciente aparición de esqueletos relativamente completos de fisetéridos del Mioceno, incluyendo el cráneo, mandíbulas, y dientes, han permitido establecer nuevos géneros y especies: *Zygophyseter varolai* (Bianucci y Landini, 2006)

en Italia; *Brygmophyseter shigensis* (Hirota y Barnes, 1995; Kimura *et al.*, 2006) en Japón y *Acrophyseter deinodon* (Lambert *et al.*, 2008) en Perú. Posiblemente también el enorme *Livyatan melvillei* (Lambert *et al.*, 2010), descrito igualmente en Perú, pertenezca a este grupo. De este modo, muchos de los dientes originalmente asignados a *Scaldicetus* han resultado pertenecer a varios géneros y especies distintas, que aún estando estrechamente emparentadas restan valor sistemático al género *Scaldicetus* (Kimura *et al.*, 2006). En consecuencia, *Scaldicetus* debería considerarse como un género polifilético que representaría a varios géneros diferentes, es decir, un morfotipo utilizado para clasificar a aquellos dientes aislados que no pueden ser identificados con más exactitud. Por todo esto, se ha descartado esta clasificación y nos hemos centrado en los cuatro géneros descritos recientemente y con validez taxonómica.

Comparativa dentaria entre los recientemente descritos cachalotes cazadores.

Como puede observarse en la Figura 5, el tamaño de la corona en CET-AG-1 tiene un tamaño mayor que las coronas de *Zygophyseter varolai* y *Brygmophyseter shigensis*, que en general poseen unas coronas pequeñas, en torno al 18% del tamaño total del diente (Bianucci y Landini, 2006). El diente CET-AG-1, posee una corona de gran tamaño, en torno a un tercio mayor, con 38 mm de altura frente a los 26.2 mm que posee la mayor corona de los dientes portugueses asignados a *Scaldicetus* sp. descritos por Estevens y Antunes (2004) (Tablas 1 y 2). También es mayor que la de los ejemplares descritos por Sendra (2013)(25 mm) y Sendra y Bajo Campos (2013)(18 mm). La corona de CET-AG-1 se acerca mucho en tamaño a la de *Livyatan melvillei*, pero parece improbable que se trate de un animal de esas dimensiones. El diente perteneciente a la colección de la asociación paleontológica de Murcia parece guardar unas proporciones corona/tamaño total del diente muy parecidas a las de los dientes portugueses y a los aquí descritos.

Los dientes de *Orcinus orca* tienen una longitud total de entre 10 y 14 cm, de los cuales la corona representa en torno al 20-25 % del total del diente (Figura 5). Como se comentó anteriormente para *Zygophyseter* y *Brygmophyseter* era del 18%. Tomando una media entre ambos porcentajes vemos que se aproxima al 21%, por lo que para la corona de 38 mm del diente CET-AG-1, podría estimarse una altura total del diente de unos 180 mm, de los cuales están conservados 84 mm, algo menos de la mitad del diente.

Del diente CET-LE-1 no podemos comentar nada sobre la corona ya que no la conserva, pero su mayor porcentaje conservado indica un tamaño aproximado del diente de 160 mm.

Aspectos paleoecológicos

Durante el Tortoniense la conexión Atlántico- Mediterráneo se realizaba a través de los estrechos Nordbético (Sur de España) y Rifeño (Norte de Marruecos) (Martin *et al.*, 2009) (Figura 6a). Posteriormente, durante el Messiniense toda la cuenca experimenta una rápida profundización y el sector occidental del Estrecho Norbético queda ocupado por medios de plataforma profunda y talud superior registrados en la Formación Arcillas de Gibralfaró (Sierro y Civis, 1987; Ruiz y González-Regalado, 1996) (Figura 6b). En estos depósitos aparecen abundantes restos de osteíctios (*Thunnus*, *Lophius*, *Sparus*, *Epinephelus*, *Diaphus*), condriictios (*Carcharocles*, *Isurus*, *Lamna*, *Carcharhinus*, *Notorynchus*, *Carcharias*, *Squatina*, *Sphyrna*), quimeras (*Hydrolagus*, *Chimaera*, *Edaphodon*, *Ischyodus*), quelonios y cetáceos (García *et al.*, 2011; Toscano, 2010; Toscano *et al.*, 2009, 2011), es decir, abundantes presas potenciales para *Scaldicetus*. La aparición conjunta de fauna semi-bentónica profunda como las

quimeras, junto a algunas especies de vertebrados más someras (p.ej. *Sparus*) indica una paleobatimetría de 150-200 m para la Formación Arcillas de Gibraleón en este yacimiento, muy aproximada a la inferida a través del análisis de microfauna (p.ej. González-Regalado y Ruiz, 1990; Rico-García *et al.*, 2005, Pérez-Asensio *et al.*, 2012).

Las características craneales, los grandes dientes funcionales presentes en ambas mandíbulas de los taxones de fisetéridos fósiles descritos recientemente (*Zygophyseter*, *Brygmophyseter*, *Acrophyseter*, *Livyatan*, ver referencias en el apartado de taxonomía) y un patrón abrasivo de facetas de desgaste en los dientes similares a los observados en *Orcinus orca* (Hampe, 2006), indican que no fueron succionadores como los actuales cachalotes, que sólo poseen dientes funcionales en su mandíbula inferior. Se trataría, por tanto, de superpredadores de grandes peces, cefalópodos, focas, delfines e incluso pequeños misticetos.

Por su cercanía geográfica y al constituir el área de estudio el paso entre Mediterráneo y Atlántico, los restos aquí descritos parecen concordar con los de *Zygophyseter varolai*, de Italia. *Zygophyseter* exhibe dos características distintivas: la presencia de una peculiar proyección anterior del proceso supraorbital del maxilar derecho, y un proceso cigomático del escamoso muy alargado en sentido anteroposterior. El primer carácter permitiría alojar el órgano de espermaceti. El segundo, en relación con la boca ancha y la fuerte musculatura, puede sugerir que fue un cachalote adaptado para alimentarse de presas grandes, de manera similar a la orca actual (*Orcinus orca*). Estas cetáceos eran bastante grandes; la longitud del cuerpo de *Z. varolai* era cercana a los 7 m. (Bianucci y Landini, 2006)

Desde el Plioceno y hasta la actualidad, el resto de cachalotes supervivientes irán perdiendo funcionalidad en los dientes superiores, convirtiéndose en eficientes succionadores de alimento (mayoritariamente cefalópodos) y ocupando regiones más profundas del océano (Lambert, 2011), habitando el borde del talud continental, a una profundidad de unos 200-300 m, pudiendo descender hasta los 2000-3000 m para cazar.

Biocronología: Mioceno- Plioceno. Se han hallado restos relativamente completos de varios linajes de estos cachalotes cazadores hasta el Mioceno terminal, pero existen dientes aislados del morfotipo *Scaldicetus* hasta el Plioceno inferior-medio (Fitzgerald, 2004). *Z. varolai* vivió durante el Tortoniense en el sur de Italia.

Scaldicétidos vs. Orca

La desaparición de Hoplocetinae durante el Plioceno medio coincide cronológicamente con la aparición de otro linaje de odontocetos, los grandes delfínidos del grupo de la orca (*Orcinus citoniensis*, Capellini 1883), que también poseen la habilidad para cazar grandes presas, compitiendo y ocupando probablemente el nicho ecológico de los Hoplocetinae. En este sentido, autores como Bianucci y Landini (2006), entre otros, a partir de los rasgos anatómicos de material previamente asignado a *Scaldicetus* (después reasignado a *Z. varolai* y *B. shigensis*) deducen que presentaría unos hábitos alimenticios similares a los de las actuales orcas (*Orcinus orca*), por lo que muchas de las especies descritas en los mismos yacimientos en los que aparecieron los dientes de nuestros physetéridos serían sus presas potenciales.

Cabe reseñar que cuando se habla de corona con esmalte en Hoplocetinae nos referimos a una gruesa capa de esmalte de más de 1 mm de grosor. Ésta no debe confundirse con la fina capa de esmalte descrita en otros odontocetos actuales, que oscila entre 0.1 y 0.3 mm (0.2 mm en *O. orca*, e inexistente en adultos de *P. macrocephalus*) (Keil y von Nolting, 1969/1988). Con el uso, tras desaparecer el esmalte, se desgasta la capa inferior de cemento y comienza a aflorar la dentina densa y

brillante. El grosor del esmalte está relacionado con la abrasión producida por las presas capturadas. *Physeter* se alimenta de cefalópodos blandos, por lo que su esmalte dental es vestigial. *Orcinus* se alimenta de peces óseos y mamíferos marinos. En casos documentados de un alto consumo de tiburones por parte de *Orcinus*, se ha observado un fuerte desgaste dental a causa de los dentículos dérmicos de la piel de los escualos (Ford *et al.*, 2011). El mayor grosor del esmalte en los dientes aquí presentados, 1.14 mm frente a los 0.2 mm de *Orcinus*, junto a la crenulación del esmalte que ofrecería un mejor agarre, apoya la teoría de que *estos* escaldicétidos fueron cazadores muy activos y que su dieta sería tanto o más abrasiva que la de las actuales orcas.

En la actualidad, las orcas recorren las aguas del Golfo de Cádiz en su paso por el Estrecho de Gibraltar (Reeves y Notarbartolo di Sciara, 2006) (Figura 7) persiguiendo y capturando al atún rojo (*Thunnus thynnus*) y otras presas similares. Es muy probable que una situación muy similar se produjera en la entrada occidental del antiguo corredor Nordbético, que conectaba en aquellos momentos las aguas del Océano Atlántico y del Mar Mediterráneo.

La aparentemente amplia distribución paleobiogeográfica de los hallazgos de *Scaldicetus* confieren a este grupo una gran versatilidad ecológica y refuerza la hipótesis de que ocuparía el nicho ecológico de las actuales *Orcinus* durante el Neógeno, habitando zonas oceánicas costeras y de mar abierto, tanto de aguas frías (Mar del Norte, Van Deinsen, 1931) como cálidas (Atlántico tropical noroccidental; Morgan, 1994) (Figura 7). Sin embargo hay que tener cuidado con esta hipótesis al ser *Scaldicetus* un género polifilético que representaría varios géneros diferentes. Es decir, la amplia distribución geográfica de este género podría estar representando, en realidad, la distribución geográfica de varios géneros diferentes.

Género *Aulophyseter* Kellogg, 1927
 cf. *Aulophyseter*
 (Lám. X, figs. X)

Localidad: Lucena del Puerto, Huelva. Messiniense, Fm. Arcillas de Gibraleón.

Material: 1 diente completo.

Descripción: Un diente de tamaño pequeño-mediano (longitud total 58 mm), ligeramente curvado, de sección cilíndrica y grosor constante (mayor grosor a mitad del diente medio de forma antero-posterior 12 mm). En los 2,4 cm superiores puede observarse en uno de los laterales una fina cubierta de esmalte de menos de 1 mm y con un estriado vertical apenas perceptible. El ápice está desgastado y roto en sus últimos milímetros. La raíz no muestra ningún tipo de ornamentación. En posición antero-lateral, en la zona de contacto entre corona y raíz, se aprecia una faceta de desgaste producida por la dentición de la mandíbula opuesta. En la base de la raíz se abre una gran cavidad pulpar.

Discusión: Comparable a *Orycterocetus*, *Aulophyseter* o *kogia* (*Cachalote pigmeo*), pero el ejemplar estudiado muestra una corona cubierta de esmalte muy fino parcialmente conservado. El surco de desgaste producido por la dentición opuesta indicaría dientes superiores funcionales, lo que permite descartar a la familia Kogiidae. Es un diente más pequeño que *Orycterocetus*, y no posee el estriado vertical en su raíz. El diente descrito parece coincidir en morfología y tamaño con los de *Aulophyseter*

morricei mostrados en kimura et al. (2006, fig. 9), aunque comenta que *Aulophyseter* carece de esmalte contradiciendo a kellogg (1927).

Biocronología: Mioceno superior.

Distribución biogeográfica y hábitat: *Aulophyseter* es un género extinto de cachalotes del Mioceno encontrado en las formaciones de las costas este y oeste de Norteamérica y en la Patagonia en Suramérica. *Aulophyseter* alcanzaba una longitud de 6 metros con un peso corporal estimado en 1100 kilogramos.

Género *Orycterocetus* Leidy, 1853
Especie *Orycterocetus crocodilinus* Kellogg (1965)

cf. Orycterocetus
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Yacimiento de Corrales-Santa Clara 1, Huelva, Fm. Arenas de huelva, Plioceno inferior.

Material: Un diente incompleto, Ref. AT101030-001

Descripción: Un diente incompleto de tamaño mediano (5,6 cm de longitud máxima conservada), en el que se conserva la parte inferior y media del diente, estando ausente la parte superior de la raíz y la corona. La fractura en la zona superior deja ver el interior de dentina recubierto de una capa de cemento de 2,3 mm de espesor. Está ligeramente curvado lingualmente, es de sección cilíndrica y grosor casi constante reduciéndose ligeramente desde la parte superior conservada a la parte inferior, con 19 mm y 16 mm respectivamente medidos labio-lingualmente. La base de la raíz tiene una forma algo más cuadrada en sección. Presenta en su superficie pliegues longitudinales suaves que se intuyen bajo el cemento, haciéndose más visibles en la base de la raíz, donde apenas queda cemento cobertor. Se observa una gran abertura pulpar abierta.

Discusión: El diente estudiado muestra parecido a *Orycterocetus* o a *Kogiopsis*, ambos emparentados. *Kogiopsis* se registra en Florida, y *Orycterocetus* se da en la Europa atlántica y el Mediterráneo. *Orycterocetus* es más cilíndrico y tiene más marcados los surcos longitudinales en la base de la raíz, lo que concuerda con el diente descrito. También se comparó con *Physeterula dubusi* Van Beneden 1877, mostrados en Lambert (2008, fig.13), siendo nuestro ejemplar más fino y pequeño. Este género está compuesto por tres especies: *O. quadratidens*. Leidy, J. 1853, *O. cornutidens* Leidy 1856 y *O. crocodilinus* Cope, 1868. La característica base cuadrada que da nombre a *O. quadratidens*, nos hace dudar,

(Leidy, J. 1853): “*The more perfect of the two teeth appears to have been about five inches in length, and it is curved conical. The fang is quadrate and hollowed, and the surface of the tooth, nearly to the end of the crown, which appears not to have been covered with enamel, is annularly and longitudinally corrugated. The greatest circumference of this tooth is three inches in length, and nearly straight. For the animal I propose the name of Orycterocetus quadratidens.*”

y Kellogg,(1965): “*...has characterized the two type teeth as being long and conical, one being nearly straight, the other strongly curved. Both teeth in*

*transverse section are rather ovoidal near the tip, but more quadrate near the base. The annular lines of growth are strongly marked and longitudinal fluting is present on the dentine. A thin patch of cementum is present on one side at the base of one tooth, but no enamel. No perceptible distinction between crown and root exists. A funnellike pulp cavity is open at the base of the root. The largest tooth measures about 127 mm. (5 inches) in length and the diameters at the base 21.16 and 23.27 mm. No characters of generic importance can be defined to distinguish these teeth from *Orycterocetus crocodilinus*. The quadrate transverse shape of the basal portion of the root of this physeteroid may possibly indicate a specific difference unless it can be shown that teeth with identical features are present in the Calvert formation.”*

Como vemos, se indica un tamaño muy superior, 5 pulgadas= 12,7 cm, el doble del aquí descrito, por lo que podría descartarse esta especie.

El diente AT101030-001 es similar en tamaño y forma a *Orycterocetus crocodilinus* Kellogg (1965), mostrado en Bianucci et al., (2011, fig. 4) y a los mostrados en Kellogg (1965, Plate 30).

Biocronología: *Orycterocetus* es un género extinto de cetáceo odontoceto relacionado con los cachalotes modernos que existió durante el Mioceno.

Distribución biogeográfica y hábitat: El género se describió inicialmente como habitante del mar del Norte, sin embargo en 2004 se reportó el hallazgo de una mandíbula incompleta de un ejemplar perteneciente a este género (Bianucci et al., 2004). Se trató de una sínfisis alargada y estrecha, con dientes cilíndricos, ligeramente curvados y carentes de esmalte. El espécimen fue encontrado en sedimentos del Mioceno del sur de Italia y representa el primero de estos hallazgos en el Mediterráneo. Considerando la amplia difusión del género en el Atlántico Norte, se cree que la presencia inusual en el Mediterráneo se debió a cierto grado de intercambio entre los cetáceos de esta zona y los del Atlántico Norte durante el Mioceno.

Superfamilia **Delphinoidea** (Gray, 1821) Flower, 1864
Familia **Kentriodontidae** Slijper, 1936 sensu Barnes, 1978
Subfamilia **Kentriodontinae** Slijper, 1936
Género **Macrokentriodon** Dawson, 1996b

cf. *Macrokentriodon*
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Bonares Ambulatorio (Bonares, Huelva) y sección Huelva-Plaza de Toros (Huelva capital), ambos yacimientos pertenecientes a la Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

Material: Se han recuperado 7 dientes aislados entre sí; 6 dientes hallados en Bonares (que si bien se hallaron de forma independiente sí provienen del mismo área) y 1 diente hallado en Huelva capital.

Descripción: El registro lo conforman 7 dientes de tamaño medio (4,5 - 6 cm). Ligeramente curvados apuntando posteriormente y algo comprimidos lateralmente. El diente de Huelva está muy deteriorado y presenta marcas de bioturbación. Ha perdido el

ápice de la corona, al igual que 5 de los seis dientes de Bonares. Ninguno de los 7 ejemplares presenta esmalte en la corona. La raíz se curva posteriormente, haciéndose gradualmente más fina, hasta llegar a una base con el canal pulpar casi cerrado.

Discusión: Aunque ninguno de los ejemplares presenta o conserva el esmalte en la corona, muestran una gran similitud tanto en morfología como en tamaño con los dientes de *Macrokentriodon morani* del Mioceno medio de EE.UU. (Dawson, 1996, Fig. 4) y con los dientes atribuidos a cf. *Macrokentriodon* sp. del Mioceno superior de Portugal por Estevens y Antunes (2004, Fig. 3).

Biocronología: Esta familia extinta de odontocetos vivió desde el Oligoceno al Mioceno medio. Los restos aquí descritos datan del plioceno inferior, por lo que aun podría ser posible que se extendiera su rango temporal, debe estudiarse con mayor detenimiento.

Distribución biogeográfica y hábitat: Esta familia estaba emparentada con los delfines modernos. Sus tamaños eran pequeños a medianos, *Kentriodon* (2 metros), *Macrokentriodon* (4-5 metros). La morfología dental indica que se tratada de depredadores marinos eficientes que se alimentarían de peces o cefalópodos como los actuales delfines, pero a la vez, su dentición más fuerte y grande indica también un consumo de presas de mayor tamaño, posiblemente otros pequeños cetáceos o pinnípedos.

Familia **Delphinidae** Gray, 1821, *sensu* Slijper, 1936
Género **Etruridelphis** Bianucci et al., 2009

cf. **Etruridelphis**
(Lám. X, figs. X)

Localidad: Sección Bonares- Casa del Pino, Fm. Arenas de Huelva, Plioceno inferior.

Material: 1 diente.

Descripción: Un sólo diente de pequeño tamaño (longitud total, del ápice de la corona a la punta de la raíz, de 17 mm), fino, fusiforme y ligeramente sigmoidal. Algo comprimido mesiodistalmente, con su máxima anchura labio-lingual de 4 mm y m. a. mesiodistal de 3 mm. La corona, de esmalte liso, ocupa 6 mm, un tercio del tamaño total, y se curva posteriormente y algo mesialmente. La raíz cónica, se curva anteriormente, y en su ápice, bien conservado, se observa en su extremo final un pequeño pliegue que apunta mesialmente.

Discusión: El diente se comparó con los de ejemplares actuales de delfín mular o de nariz de botella (*Tursiops truncatus*), siendo éstos últimos de mucho mayor tamaño. En un principio se atribuyó el diente al género *Eurhinodelphis* Du Bus, 1867, especialmente por los dientes mostrados en la web Fossilguy-Eurhinodelphis (ver enlace en bibliografía), y así consta en Toscano (2010). También coincide en forma y tamaño con los dos dientes descritos por Pilleri, (1990, Fig 2 a-d y Tabla 1), del Burdigaliense superior-Langhiense (Mioceno inferior-medio) de El Catllar (Cataluña, España), al que tentativamente asignaba como Acrodelphidae (?). Es algo más pequeño,

aunque parecido a *Septidelphis morii*, del Plioceno de Italia (Bianucci, 2013, fig 4). Comparando la bibliografía encontramos un gran parecido en forma y tamaño con los de *Etruridelphis giulii* (Lawley, 1876), del plioceno inferior de Italia (Bianucci et al., 2009, fig. 5m-p), concordando además en región marina y cronología, y con una mayor seguridad en su identificación ya que además de los dientes aparecieron restos esqueléticos craneales y postcraneales.

A unos metros del lugar de aparición del diente se localizó 2 años después una pequeña vértebra lumbar que coincide con este género, pero no puede ser asociada con seguridad al diente.

Biocronología: Plioceno inferior.

Distribución biogeográfica y hábitat: Entre los delfines actuales, *Etruridelphis giulii* muestra gran afinidad con *Stenella* spp. , que comprende a los delfines moteados y listados. Se encuentran en mares templados y tropicales de todo el mundo. Miden entre 1,7 y 2,5 m.

Delphinoidea indet.

Material: Se han localizado varias vértebras en distintos yacimientos estudiados, especialmente en los pertenecientes a la Fm. Arenas de Huelva. Este material pertenece claramente a odontocetos de pequeño tamaño del grupo de los delfines, pero no ha sido estudiado en profundidad. Su carácter aislado tampoco facilita la identificación.

---PINNÍPEDOS---

Orden **Carnivora** Bowdich 1821
Suborden **Caniformia** Kretzoi, 1943
Superfamilia **Pinnipedia** Illiger, 1811

Los pinnípedos se dividen en tres familias actuales y dos extintas:

-Otariidae: con pabellón auditivo; extremidades posteriores dirigidas hacia adelante, funcionales en el desplazamiento terrestre. Ejemplos: leones marinos, lobos marinos y osos marinos.

-Phocidae: sin pabellón auditivo; extremidades posteriores dirigidas hacia atrás y no funcionales en el desplazamiento terrestre. Más conocidos por focas.

-Odobenidae: sin pabellón auditivo; extremidades posteriores dirigidas hacia adelante, funcionales en el desplazamiento terrestre, piel rugosa y con largos colmillos. La única especie no extinta es la morsa (*Odobenus rosmarus*).

-Desmatophocidae †: pinnípedos extintos del Mioceno, como *Desmatophoca*†.

-Enaliarctidae †: los géneros fósiles *Enaliarctos*† y *Pacificotaria*† pertenecen a esta familia.

Familia **Phocidae** Gray 1825

Los fócidos (Phocidae) son una familia de mamíferos marinos conocidos como focas o focas verdaderas, a diferencia de las llamadas focas orejudas (Otariidae). Los fócidos del Plioceno (incluyendo algunos monachínidos) en el Atlántico Norte (Muizon, 1981a,

b; Muizon y Bond, 1982; Cozzuol, 2001) y regiones del Paratetis (Koretsky, 2001; Koretsky y Holec, 2002), son bien conocidos. Han sido descritas numerosas especies en Bélgica (Van Beneden, 1876a, b, 1877; Koretsky y Ray, 2008), Italia (Ugolini, 1900, 1902, 1903; Tavani, 1941, 1942) y Francia (Friant, 1942, 1947; Ginsburg y Janvier, 1975) y más recientemente, de Holanda y Dinamarca (Koretsky y Peters, 2008; Koretsky et al. 2012). Además, se han registrado focas verdaderas del Mioceno medio en Hungría, Austria, Malta, Rumania, Ucrania y Eslovaquia (Zapfe, 1937; Thenius, 1950; Koretsky, 2001; Koretsky y Holec, 2002; Koretsky y Grigorescu, 2002) así como *Homiphoca capensis* (Hendey y Repenning, 1972) en Sudáfrica.

Subfamilia **Monachinae** Gray 1869

Tribu **Lobodontini** Gray 1869

Género y Especie Indeterminado

(Fig. X)

Localidad: Ciudad de Huelva, SO de España. Plioceno inferior, areniscas glauconíticas de la Formación Arenas de Huelva.

Material: Una pelvis izquierda incompleta depositada en la colección del Centro de Interpretación Paleontológica en la ciudad de Lepe (Centro Provincial de Interpretación Paleontológica Ciudad de Lepe), Huelva, España. El número de catálogo es CIPAL/PN1/H001.

Descripción: El hueso ilíaco o ilion (Il) (Figs. 2A, F, Tabla 1) es grueso y aplanado como en otros Monachinae; la cresta ilíaca está ligeramente evertida, pero no excavada en su superficie ventral. La tuberosidad ilíaca (T.I.) y la espina ilíaca dorso caudal (E.I.D.C.) están poco desarrolladas. La escotadura ciática mayor (E.C.M.) es muy corta y cóncava, con una espina ilíaca dorso-caudal poco desarrollada (E.I.D.C.). En el lado ventral, en el nivel de las espinas ilíacas ventrales y dorso-caudal en el ala del ilion, se encuentra una larga y profunda fosa, anclaje del músculo de glúteo medio (este músculo abduce y extiende al fémur; Howard, 1975). En el lado dorsal del ala del ilion hay una fosa auricular alargada y poco profunda (F.A.) para la inserción del músculo psoas mayor (flexiona la articulación de la cadera y gira el muslo hacia afuera; Miller et al., 1964; Muizon, 1981d). La espina alar (E.A.) es gruesa, fuerte y bien marcada, al igual que la eminencia iliopectínea (E.I.P.) que marca el punto de unión entre el ilion y el pubis. El tubérculo pectíneo para la inserción del músculo psoas menor (T.P.Me.) (flexiona la columna vertebral lumbar durante la locomoción terrestre- tipo oruga; Muizon y Hendey, 1980; Muizon, 1981d) está también bien desarrollado. Los bordes de la fosa acetabular se elevan por encima de la superficie plana del hueso, especialmente en el lado ilial. El acetábulo (A.) es profundo y cónico, con una muesca cotiloidea bien marcada (M.C.). El pubis (P.) es mucho más grueso que el isquion (Is.). Parte del isquion y el pubis no se conservan.

Además de la pelvis, fue encontrada la parte proximal de una costilla, que por su reducido porcentaje conservado no puede añadir datos taxonómicos.

Tafonomía: La pelvis está bien conservada, aunque la erosión reciente ha eliminado el pubis y parte del isquion. El lado dorsal muestra evidencias de abrasión y la presencia de marcas de bioerosión causadas por vertebrados necrófagos (Muñiz et al. 2008) (Ver más en el apartado de tafonomía).

Discusión: Se ha comparado el nuevo fósil con todas las pelvis de monachínidos conocidos. Por desgracia, solamente se conocen unas pocas pelvis de monachínidos del Neógeno del Paratetis occidental y el Atlántico oriental.

Se comparó nuestra pelvis del Plioceno inferior con *Kawas benegasorum* Cozzuol 2001 del Mioceno medio de la Patagonia, pero no coinciden, además de morfológicamente, por pertenecer a una subfamilia distinta y a una edad diferente.

La morfología de la pelvis aquí descrita es típica de la subfamilia Monachinae, con un hueso ilíaco aplanado similar a los representantes de la Tribu Lobodontini, particularmente *Leptonychotes weddelli* Lesson 1826 (ver King, 1956).

Existen varios fósiles bien conservados de focas monachínidas, con esqueletos casi completos, con las que podemos comparar nuestra muestra, como *Piscophoca pacifica* (Fig. 2D, Tabla 1) del Plioceno inferior de Perú (Muizon 1981a: pl.5, fig 1). En esta especie la tuberosidad ilíaca y la espina ilíaca dorso-caudal están menos desarrolladas, la escotadura ciática mayor es más alargada, la fosa auricular es más larga y más profunda, y la tuberosidad pectineal está menos desarrollada que en la muestra española. *Acrophoca longirostris*, del Plioceno inferior de Perú (Fig. 2E, la Tabla 1), se diferencia de la pelvis española por la ausencia de la espina alar y en que tiene una eminencia iliopectínea gruesa, robusta y bien marcada, y por un acetábulo no cónico y poco profundo, con una muesca cotiloidea menos marcada (Muizon 1981a: fig. 43a; pl.11, fig 1; pl. 9, figs. 5-6). *Callophoca obscura* y *Pliophoca etrusca* son focas monachínidas conocidas del Plioceno (Scaldisiense) de Europa Occidental (Bélgica) y la costa este de los EE.UU. (Koretsky y Ray 2008: figs 33, 34). Desafortunadamente, la pelvis de *Pliophoca etrusca* es desconocida. La pelvis de *Callophoca obscura* difiere de nuestro hueso por su espina isquial dorso-caudal bien desarrollada, acetábulo poco profundo, y por los bordes de la fosa acetabular que se elevan ligeramente por encima de la superficie del hueso (Fig 2C, Tabla 1). La pelvis presentada en este trabajo, por su espesor a través del acetábulo y por su tamaño y proporciones, es más cercana a la *Homiphoca capensis* sudafricana (Hendey y Repenning, 1972, pl 15; Muizon y Hendey, 1980, fig 12), del Mioceno superior / Plioceno inferior (Varswater Formación) del Océano Atlántico Sur. Al mismo tiempo, se diferencia de *H. capensis* por una larga y profunda fosa que da origen al músculo glúteo medio en el ala del ilion; una tuberosidad pectineal más desarrollada; y un acetábulo mayor, profundo y bien excavado (Figura 2B, Tabla 1).

En resumen, la pelvis izquierda incompleta (Figs. 2A, F) pertenecería a un individuo adulto y revela varias características muy primitivas, tales como: (1) un acetábulo profundo y de forma cónica, (2) los márgenes de la fosa acetabular se elevan por encima de la superficie plana del hueso, (3) un tuberculo pectineal bien desarrollado para la inserción del músculo psoas menor para una locomoción terrestre, y (4) una escotadura ciática mayor muy corta y cóncava. Sobre la base de estos rasgos anatómicos se sugiere que este animal se adapta más a la locomoción terrestre que su pariente cercano *Homiphoca capensis* de Sudáfrica y de los depósitos posteriores en América del Norte.

Biocronología: Plioceno.

Distribución biogeográfica y hábitat: Muchos de los fósiles del Mioceno y Plioceno se distribuyeron extensamente alrededor del Atlántico Norte, lo que facilitó un fácil flujo de genes a través de toda la zona (Ray, 1976, 1977; Repenning y Ray, 1977; Repenning et al., 1979; Muizon, 1981c, 1982a, b; Árnason et al., 2006; Koretsky y Barnes, 2006, 2008). En consecuencia, algunos representantes de la subfamilia

Monachinae, incluyendo los familiares cercanos a *Homiphoca capensis*, se originaron en las orillas de la Europa occidental (España) durante el Plioceno inferior, como ya fue concluido previamente por Repenning et al. (1979), Muizon (1982a, b), y Muizon y De Vries (1985). Se dispersaron hacia el Oeste a través del Atlántico durante el Plioceno, a Carolina del Norte, EE.UU. (Lee Creek Mine, ver Koretsky y Ray, 2008) y a través del Estrecho Centroamericano hacia el Oeste hasta la costa Este del Pacífico Sur (Muizon, 1981c, 1982a, b; Koretsky y Barnes, 2006). Al mismo tiempo se extendieron hacia el sur desde Europa occidental al Atlántico oriental hasta alcanzar Sudáfrica (Hendey 1972, 1974, 1976; Hendey y Repenning 1972). Luego se expandieron y diversificaron aún más al sur en las frías aguas de la Antártida como Lobodontini (Fyler et al., 2005). La evidencia fósil del Atlántico Norte implica un flujo de genes transatlántico habitual durante el Mioceno y Plioceno (Koretsky y Ray, 2008), con un aislamiento posterior ocurrido durante el Pleistoceno, cuando los monachínidos se retiraron hacia el sur hasta latitudes más bajas, debido al deterioro climático (etapas glaciales).

La nueva pelvis de foca aquí presentada es importante porque: (1) es el primer espécimen de una foca del Plioceno inferior de la Península Ibérica y (2) su relación con *Homiphoca* del Mioceno superior / Plioceno Inferior de Sudáfrica y el Plioceno de Norteamérica (Koretsky y Ray, 2008) tiene importantes implicaciones paleobiogeográficas.

Familia **Phocidae** Gray 1825

Phocidae indet.

(Fig. X)

Localidad: Yacimiento de Corrales-2, con sedimento procedente de la zona baja de los Cabezos de Huelva, Formación Arcillas de Gibraleón, Huelva. Messiniense.

Material: 1 húmero derecho en su mitad distal.

Descripción: Húmero pequeño (longitud total conservada de 63 mm). Falta toda la mitad proximal del húmero. La fractura es limpia, con bordes agudos, lo que indica que es reciente, posiblemente durante la retirada y depósito del material desde la excavación a la escombrera. La diáfisis es larga y relativamente recta y fina, con una cresta dorsal muy proximal, fina y elevada, con terminación muy cuadrada en su ángulo superior.

La zona condilar mantiene al ancho de la diáfisis. El cóndilo medial más largo que el cóndilo lateral. Falta el epicóndilo medial que debe haberse fracturado, no desgastado por la erosión, aunque claramente no se aprecia foramen entepicondilar. La cresta del supinador es pequeña, manteniéndose el ancho de la diáfisis, pero afilada, por lo que no parece estar desgastada, al menos en el extremo distal. No se aprecia cresta caudal.

Discusión: Este húmero ha sido localizado muy recientemente, por lo que no ha sido estudiado en profundidad. Sin embargo, se ha comparado con varios húmeros y parece tener más similitud con *Gryphoca similis*, *Halichoerus grypus*, *Pusa hispida* (*Phoca hispida*), *Phoca vitulina* o *Batavipusa neerlandica*. Es necesario comparar con más ejemplares de referencia, pero también se ha podido comparar con los de *Homiphoca capensis*, *Monachus schauinslandio* o "*Monachus*" *tropicalis*, con las que no guarda ningún parecido. Esto es de destacar, ya que la pelvis descrita más arriba indicaba cercanía a estos géneros. Estamos, por tanto, ante dos fócidos distintos.

PARTE 5:

**DISCUSIÓN, ANÁLISIS E
INTERPRETACIÓN DE
RESULTADOS**

Capítulo 8:

LA PALEOCOMUNIDAD Y SU MEDIO

CAPÍTULO 8: LA PALEOCOMUNIDAD Y SU MEDIO

8.1. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FAUNÍSTICA

Se han determinado 75 taxones de vertebrados marinos en dos unidades del Neógeno del suroeste del Guadalquivir en la provincia de Huelva: Formación Arcillas de Gibraleón (Messiniense) y Formación Arenas de Huelva (Plioceno inferior). De estos taxones, 5 pertenecen a holocéfalos, 38 a elasmobranquios, 27 a osteíctios, 1 a reptiles, 1 a aves, y 3 a mamíferos marinos.

Orden	Familia	Especie
Peces		
<i>Holocéfalos</i>		
Chimaeriformes	Rhinochimaeridae	<i>Neoharriotta sp.</i>
	Chimaeridae	<i>Chimaera cf. monstrosa</i>
		<i>Hydrolagus cf. affinis</i>
	Callorhynchidae	<i>Ischyodus sp.</i>
		<i>Edaphodon sp.</i>
-	Espina dorsal	
<i>Elasmobranquios</i>		
Hexanchiformes	Hexanchidae	<i>Hexanchus griseus</i>
		<i>Notorynchus primigenius</i>
Squaliformes	Squalidae	<i>Squalus sp.</i>
Pristiophoriformes	Pristiophoridae	<i>Pristiophorus suevicus</i>
Squatiniiformes	Squatinaidae	<i>Squatina sp.</i>
Orectolobiformes	-	<i>Orectolobiforme indet.</i>
Lamniformes	Odontaspidae	<i>Carcharias cuspidata</i>
		<i>Carcharias acutissima</i>
	Lamnidae	<i>Isurus escheri</i>
		<i>Isurus hastalis</i>
		<i>Isurus desori</i>
		<i>Isurus oxyrinchus</i>
		<i>Isurus retroflexus</i>
		<i>Isurus paucus</i>
	Lamna nassus	
	Otodontidae	<i>Carcharocles megalodon</i>
Carcharhiniiformes	Scyliorhinidae	<i>Megascyliorhinus miocaenicus</i>
		<i>Premontreia (oxyscyllium) cf. dachiardi</i>
	Triakidae	<i>Galeorhinus affinis</i>
	Hemigaleidae	<i>Paragaleus pulchellus</i>
		<i>Hemipristis serra</i>
	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus altimus</i>
		<i>Carcharhinus brachyurus</i>
		<i>Carcharhinus falciformis</i>
		<i>Carcharhinus leucas</i>
		<i>Carcharhinus obscurus</i>
		<i>Carcharhinus plumbeus</i>
<i>Carcharhinus priscus</i>		

		<i>Carcharhinus indet.</i>
		<i>Galeocerdo aduncus</i>
		<i>Rhizoprionodon sp.</i>
	Sphyrnidae	<i>Sphyrna zygaena</i>
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja sp.</i>
Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis sp.</i>
	Myliobatidae	<i>Aetobatus sp.</i>
		<i>Pteromylaeus sp.</i>
		<i>Myliobatis sp.</i>
Rhinopteridae	<i>Rhinoptera sp.</i>	
Osteíctios		
Acipenseriformes	Acipenseridae	<i>Acipenser sp.</i>
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Diaphus sp.</i>
Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophius cf. piscatorius</i>
Gadiformes	Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>
	Gadidae	<i>Gadiculus labiatus</i>
Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Ophidion rochei</i>
Perciformes	Sparidae	<i>Dentex aff. macrophthalmus</i>
		<i>Diplodus cf. sargus</i>
		<i>Pagellus sp.</i>
		<i>Pagrus cf. pagrus</i>
		<i>Sparus aurata</i>
		<i>Spondyliosoma cantharus</i>
		<i>Sparidae ind.</i>
	Sciaenidae	<i>Umbrina cirrosa</i>
	Serranidae	<i>Epinephelus sp.</i>
	Cepolidae	<i>Cepola rubescens</i>
	Labridae	<i>Tautoga cf. onitis</i>
		<i>Labrodon cf. pavimentatum</i>
	Gobiidae	<i>Gobius vicinalis</i>
		<i>Lesueurigobius friesii</i>
		<i>Gobiidae indet.</i>
	Sphyraenoidae	<i>Sphyraena barracuda</i>
	Trichiuridae	<i>Trichiurus sp.</i>
Istiophoridae	<i>Makaira cf. nigricans</i>	
Scombridae	<i>Thunnus sp.</i>	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides sp.</i>
		<i>Tetrodon lecoitrae</i>
Reptiles		
Testudines	Cheloniidae	<i>Cheloniidae indeterminado</i>
Aves		
Charadriiformes	-	<i>Charadriiforme indet.</i>
Mamíferos marinos		
Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera sp.</i>
	Physeteridae	<i>Scaldicetus sp.</i>
	Eurhinodelphinidae	<i>Eurhinodelphis sp.</i>

Tabla 2.: Relación de taxones de vertebrados descritos en este trabajo.

Además se han encontrado otros restos óseos, llamados habitualmente ictiorodulitos, que aunque constituyen elementos diferenciados, como espinas, vértebras o escamas, no han podido ser atribuidos con claridad, y podrían pertenecer o no a alguna de las especies ya citadas. No se han tenido en cuenta en los cálculos siguientes.

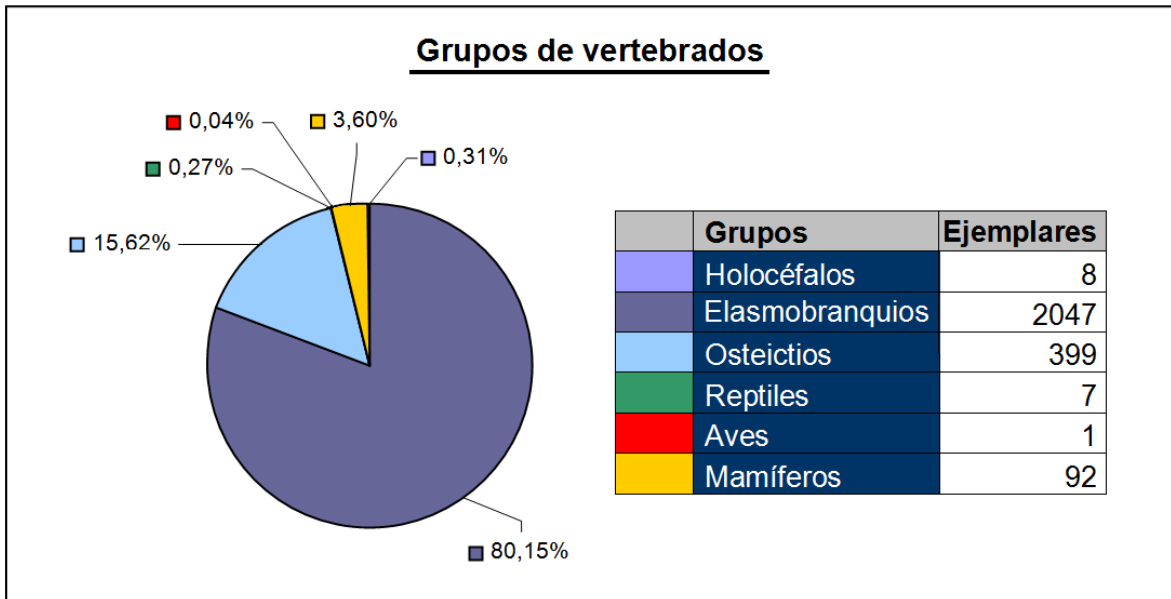


Fig. 30: Número de ejemplares de cada grupo de vertebrados y su porcentaje respecto al total.

En cuanto a número de ejemplares, predominan claramente los elasmobranchios, con 2047 ejemplares (80,15 % del total), le siguen los osteíctios con 399 ejemplares (15,62 % del total), los mamíferos marinos, con 92 ejemplares (3,60 % del total), los holocéfalos con 8 ejemplares (0,31 % del total), los reptiles con 7 ejemplares (0,27 % del total) y por último las aves con un solo ejemplar (0,04 % del total).

Holocéfalos: Su registro está formado por 5 especies pertenecientes a 3 familias, y por una espina dorsal que posiblemente pertenezca a alguna de estas especies. (Fig. 7).

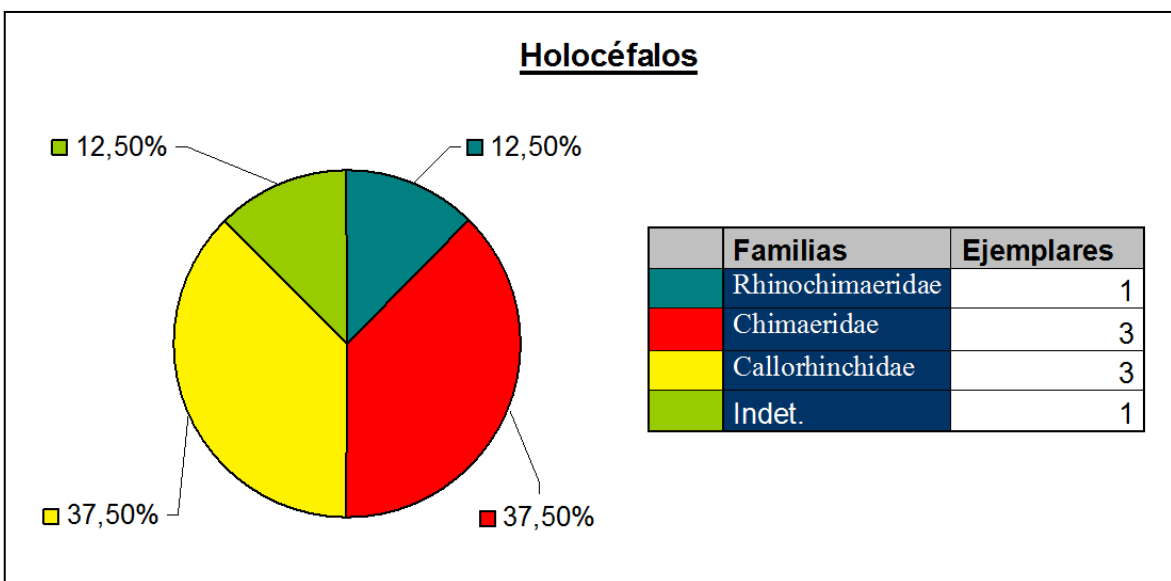


Fig. 31: Número de ejemplares de holocéfalos y su porcentaje respecto al grupo.

Elasmobranquios: Son el grupo con mayor número de ejemplares y de taxones de esta colección. Está compuesta por 38 especies pertenecientes a 17 familias en 9 órdenes (Fig. 8).

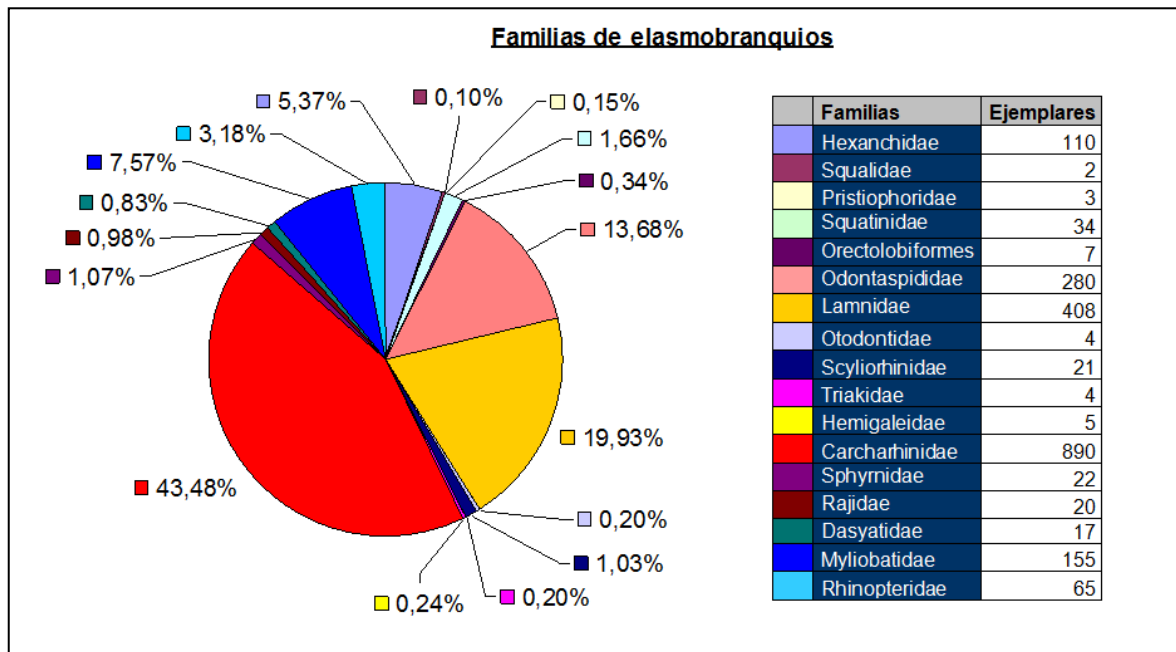


Fig. 8: Número de ejemplares de elasmobranquios y su porcentaje respecto al grupo.

En cuanto a diversidad, los Carcharhinidae con 10 especies, representan un 43,48% del total, siendo la familia más diversificada. Le siguen los Lamnidae con 7 especies y un 19,93 %, y los odontaspidae, con 2 especies y un 13,68 %.

Los batoideos (Rajidae, Dasyatidae, Myliobatidae y Rhinopteridae) constituyen el 12,55% de los elasmobranquios.

En cuanto a abundancia, dentro del 43,48 % de los Carcharhinidae, el género *Carcharhinus* es el que predomina claramente, con 877 ejemplares de los 890 de la familia. Sin embargo, la especie más común es *Isurus hastalis*, con 219 ejemplares, constituyendo el 10,69 % del total de ejemplares de elasmobranquios.

Osteíctios: Se obtuvieron un total de 27 especies de osteíctios. Éstos se encuentran repartidos en 17 familias de 7 órdenes (Fig. 9).

Los Perciformes con 19 taxones son el orden más diversificado y el más abundante (96% del total). Los más abundantes son la familia de los Sparidae, con 350 ejemplares, constituyendo el 91% de los Perciformes, y el 87,7% de todos los osteíctios. Dentro de los espáridos son especialmente abundantes los géneros *Sparus*, seguidos de *Diplodus*, *Pagrus* y *Dentex*. Otro género abundante es *Trichiurus*.

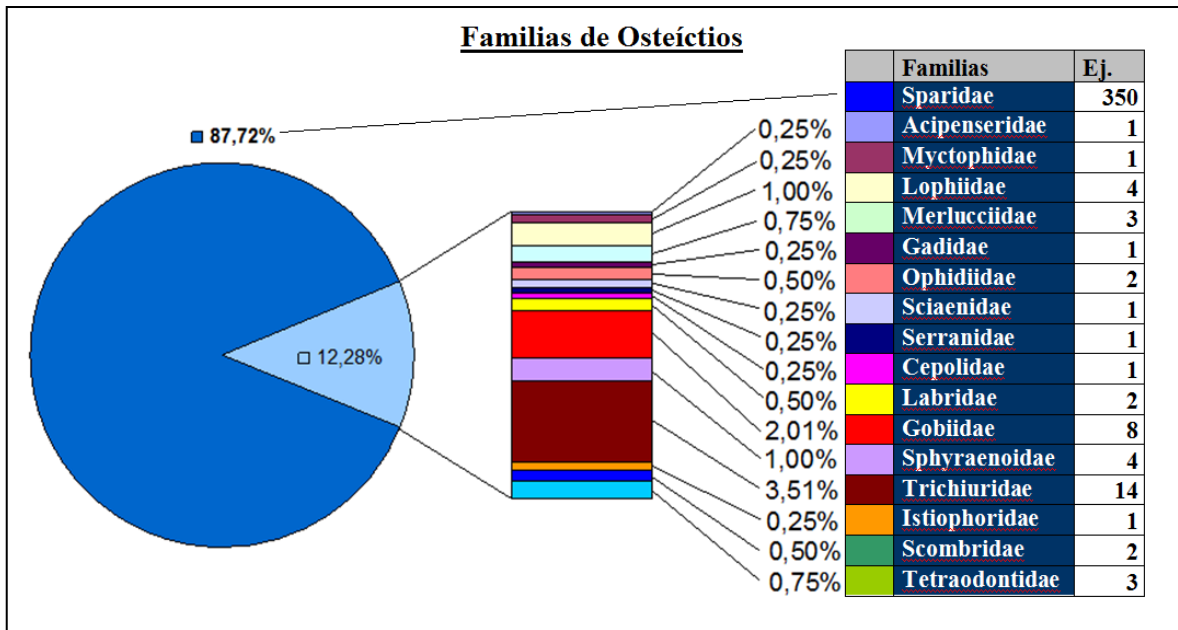


Fig. 33: Número de ejemplares de osteíctios y su porcentaje respecto al grupo.

Reptiles: Los restos fósiles de reptiles se limitan a fragmentos de placas dorsales, vertebrales y perimetrales, y 1 húmero. El número de restos es escaso en relación a los peces. Al ser fragmentos, pueden ser confundidos con restos de huesos de cetáceos. No hay suficientes restos como para identificar la especie, pero está claro que pertenecen a tortugas marinas.

Aves: El único resto de ave es un húmero de un ejemplar del Orden Charadriiformes, al que pertenecen gaviotas y págalos. Este hueso está pendiente de un estudio más exhaustivo.

Mamíferos marinos: Los restos más abundantes corresponden a huesos post-craneales de misticetos, con 90 de los 92 restos contabilizados. Los otros dos corresponden a un diente de *Scaldicetus sp.* (emparentado con los Cachalotes) y un diente de *Eurhinodelphis sp.* (delfín).

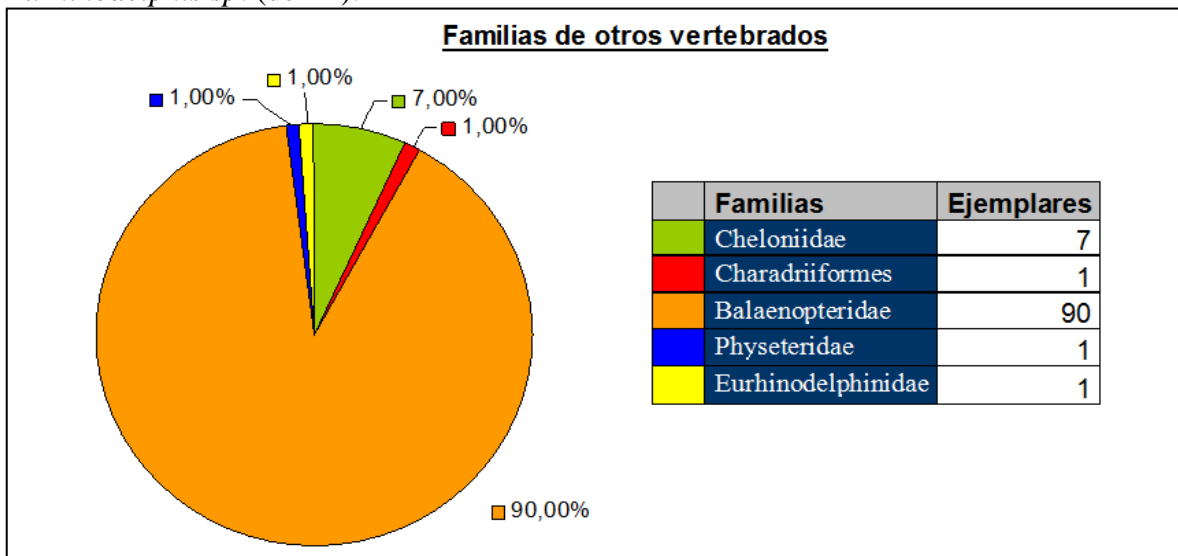


Fig. 34: Número de ejemplares de las familias de reptiles, aves y mamíferos marinos y su porcentaje respecto al grupo.

Especie	Yacimiento	HUELVA								GIBR	T	BONARES						P	CORR		CART		L
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<i>Neoharriotta sp.</i>			•																				
<i>Chimaera monstrosa</i>			•																	•			
<i>Hydrolagus cf. affinis</i>									•														
<i>Edaphodon sp.</i>																				•			
<i>Ischyodus sp.</i>																				•			
<i>Hexanchus griseus</i>			•			•	•					•							•				
<i>Notorynchus primigenius</i>		•	•	•	•	◉	•	▲		◉	•	▲	•					▲	•				
<i>Squalus sp.</i>							•												•				
<i>Pristiophorus suevicus</i>							•	•											•				
<i>Squatina sp.</i>		•					•	•		•		•							•	•			
<i>Orectolobiforme indet.</i>			•					•															
<i>Carcharias cuspidata</i>		◉	•			•	•	■		•		■				•		◉		■			
<i>Carcharias acutissima</i>		■	•	•	◉	◉	◉	■	•	■	•	■	•	•			•	■	■				
<i>Isurus escheri</i>		•				•				•										•			
<i>Isurus hastalis</i>		•	•	•	•	•	■	■	•	■	•	■	•			•	•	•	■	■		•	
<i>Isurus desori</i>		•			•			•		•		•							•				
<i>Isurus oxyrinchus</i>		•	•	•		•	•	•		•		•							•	•			
<i>Isurus retroflexus</i>		•	•					•		•		•											
<i>Isurus paucus</i>		•						•		•		•							•	•			
<i>Lamna nassus</i>		▲	•	•	•	•	•	■		■		•	■	•		•		•	▲	•			
<i>Carcharocles megalodon</i>					•					•	•												
<i>Megascyliorhinus miocaenicus</i>		•		•		•		•					•						•				
<i>Premontreia (oxyscyllium) cf. dachiardi</i>		•				•	•	•					•										
<i>Galeorhinus galeus</i>			•					•					•										
<i>Paragaleus pulchellus</i>						•		•															
<i>Hemipristis serra</i>				•																			
<i>Carcharhinus altimus</i>		•	•					•															
<i>Carcharhinus brachyurus</i>		◉		•				■				■							▲	◉			
<i>Carcharhinus falciformis</i>		•		•			•	•		•		•							•				
<i>Carcharhinus leucas</i>		■	•	•	◉	▲	◉	■	•	▲		•	▲			•	•	•	■	◉		•	
<i>Carcharhinus obscurus</i>		■	•	•	◉	■	◉	■	•	▲		•	▲			•	•		■	◉			
<i>Carcharhinus plumbeus</i>		•				•		•					•						•				
<i>Carcharhinus priscus</i>		■	◉	•	•	■	■	■	◉	▲		•	■	•		•	•	•	■	■			
<i>Carcharhinus sp.</i>		■	◉	•	◉	•	■	■	◉	■		◉	■	◉		•	•	•	■	■			•
<i>Galeocerdo aduncus</i>		•	•			•		•															
<i>Rhizoprionodon sp.</i>		•	•			•		•					•						•				
<i>Sphyrna zygaena</i>		•	•			•	•	•		•			•						•				
<i>Raja sp.</i>		•	•			•		•					•						•				
<i>Dasyatis sp.</i>		•	•			•	•	•					•						•				
<i>Aetobatus sp.</i>			•					•											•	•			
<i>Pteromylaeus sp.</i>		•				•	•	•	•	•			•		•	•			•	•		•	
<i>Myliobatis sp.</i>		•				•		•	•				•						•				
<i>Rhinoptera sp.</i>		•	•			•		•	•	•			•						•	•			
<i>Acipenser sp.</i>		•																					
<i>Diaphus sp.</i>								•															
<i>Lophius cf. piscatorius</i>			•			•		•		•													
<i>Merluccius merluccius</i>						•	•	•															
<i>Gadiculus labiatus</i>								•															
<i>Ophidion rochei</i>								•															

En cuanto a elasmobranquios, este trabajo complementa y amplía los trabajos previos relativos a la zona (principalmente Ruiz et al., 1996, 1997 y 2004; y García 2008). Debido al método de recolección efectuado en este estudio, por “picoteo” de superficie, el conjunto de restos mejor representados en la colección se corresponden con las especies de mayor tamaño, tanto en cantidad de taxones como en número de ejemplares. Sin embargo, es escasa en restos de pequeño tamaño difíciles de ver a simple vista.

La identificación de especies se ve dificultada por la presencia de cronoespecies. *En biología evolutiva, una cronoespecie es una parte de un continuo de un linaje documentado en el registro fósil. Se trata de una especie que cambia morfológica, genética y/o comportamentalmente a lo largo del tiempo a escala evolutiva, de modo que la especie originaria y la especie derivada no podrían considerarse la misma especie si hubieran existido en el mismo momento. A lo largo de este cambio, sólo hay una especie del linaje viviendo en cualquier punto temporal, a diferencia de los casos en los que una especie se ramifica en varias por especiación divergente.* Esto dificulta la diferenciación de especies del Mioceno/ Plioceno y las del Plioceno/Actuales, ya que muchas veces son idénticas y solamente se nombran de forma distinta en función a la edad del estrato. Un ejemplo ilustrativo de esto ocurre entre las especies *Carcharias acutissima / taurus*, y en menor medida en los lámnidos como *Isurus desori / oxirhynchus* e *I. retroflexus / paucus*.

Los restos fósiles de osteíctios se centran principalmente en restos esqueléticos dentales, y solo se cuenta con algunos otolitos. Muchas de las especies son nuevas para la zona, y algunas pueden compararse con ejemplares de las costas mediterráneas del levante Español (Baleares, C. Valenciana, y Cataluña), en los que los estudios paleoictiológicos tienen una tradición más antigua. Algunas especies están extintas, mientras que la mayoría vive aún en nuestras costas y son comunes en mercados y pescaderías.

Los restos de tortugas marinas también son nuevos para la zona. No se disponen ni de suficientes restos ni de suficiente base bibliográfica y ejemplares con los que comparar para una identificación más precisa, precisamente por no haber precedentes en la zona.

El resto de ave es un hallazgo muy poco común. Los restos fósiles de aves suelen aparecer en contextos continentales lacustres y de interior; siendo mucho más escasos los de zonas costeras. La identificación es provisional y el húmero esta pendiente de ser estudiado en colaboración con un especialista. Todo apunta a que probablemente sea el primer resto pliocénico en Andalucía de este grupo de aves.

Los ejemplares de cetáceos son abundantes en cuanto a los misticetos, y un estudio detallado de las bullas timpánicas arrojará más datos sobre las especies a las que pertenecen. El buen estado y la abundancia de restos, conforman una base de información enorme pendiente de ser estudiada. Los dientes de odontocetos, mucho más escasos y de nuevo con su primera aparición en la zona, aportan datos sobre la presencia, diversidad y grado evolutivo respecto a las especies actuales. La comparación con ejemplares hallados más al este en la depresión del Guadalquivir puede arrojar más datos.

8.2. TAFONOMÍA (por formaciones y yacimientos)

Los restos fósiles de vertebrados marinos presentan un buen estado de conservación. En los condricios, los dientes presentan un esmalte suave y bien conservado, con los bordes de corte muy afilados y generalmente con un buen estado de conservación de la raíz. En general, los mejor conservados son los que aparecen en la Fm. Arcillas de Gibrleón y en el nivel de glauconita de la base de la Fm. Arenas de Huelva, debido a un menor tamaño de grano de las facies en que aparecen, que ha permitido una mejor preservación de sus detalles.

En los niveles altos de las Arenas de Huelva, el sedimento es más carbonatado, formando a veces nódulos por disolución de las conchas de moluscos. Esta circunstancia es la responsable de que el esmalte de los dientes suela estar más pálido y con menos brillo que en la parte basal de la unidad, y sus raíces más desgastadas y disueltas. Por lo general las raíces están bien conservadas o algo gastadas en los extremos de los lóbulos.

En yacimientos que están cerca de la superficie y por tanto más afectados por procesos atmosféricos y con influencia de los ácidos orgánicos de vegetación y cultivos, los dientes suelen presentar un mayor grado de disolución, pudiendo estar ausentes partes de la corona o incluso la totalidad de la raíz. Esto se ha observado especialmente en el yacimiento de las Marismas de Mendaña, con escombros de la Fm. Arenas de Huelva provenientes de los cabezos de Huelva. Este yacimiento queda a 1 m por encima del nivel del agua de la marisma en marea alta, por lo que la cristalización de sales marinas agrietan y fracturan el diente, especialmente los que ya han perdido su raíz.

En niveles medios-altos de la Fm. Arenas de Huelva y en el tramo superior del yacimiento de la Autovía de Gibrleón, encontramos niveles de ambientes relativamente menos energéticos, con abundante icnofauna y galerías de crustáceos. Estos niveles suelen presentar niveles de acumulación de hierro, que si bien rara vez dan costras en el sedimento, sí suelen formar nódulos alrededor de los restos fósiles de vertebrados y en las galerías. Esta costra rica en hierro suele conferirles un tono anaranjado a los restos de estos niveles. También aparecen a veces sobre el esmalte de la corona evidencias de bioerosión *post-mortem* producidas por colonias de organismos endolíticos, probablemente por hongos, briozoos o algas talofitas incrustantes, (*Abeliella* y *Mycelites*, ver Underwood et al., 1999).

Los restos dentales de osteíctios comparten estas características. La presencia de piezas muy frágiles como espinas, escamas o agujijones se debe al tamaño de grano tan fino. En las zonas altas de yacimientos como el de la Autovía de Gibrleón, donde aparecían los niveles ricos en hierro, pueden aparecer restos esqueléticos en conexión, como algún cráneo. También se encuentran en los niveles glauconíticos del yacimiento de la Plaza de Toros, apareciendo la mitad anterior de un pez en conexión anatómica, con escamas, vértebras y espinas, cráneo y aletas. Para que se produzca este tipo de preservación, es necesario un enterramiento rápido que impida la remoción de los distintos huesos.

Por otra parte, estas espinas y otros elementos óseos como vértebras suelen aparecer de forma aislada. Esto indica que el elemento que desplazó los restos tuvo la energía para desarticularlos y desplazarlos, pero no para fracturarlos ni erosionarlos. El nivel de

base del oleaje queda lejos de la profundidad de la mayor parte de los antiguos fondos de esta unidad. El efecto de corrientes de fondo produce una dispersión de los huesos en una determinada orientación, como ocurre con los restos óseos de cetáceo descritos en Esperante et al., (2009). En restos de tamaño mucho menor, los elementos esqueléticos serían arrastrados y quedarían más dispersos.

Los restos de reptiles aparecen fragmentados pero bien conservados, con las suturas entre placas sin apenas desgaste.

La conservación del hueso de ave es muy buena, a pesar de faltar el extremo superior, ya que los huesos de ave suelen ser muy finos y huecos (neumatizados) para aligerar en peso. El hueso presenta marcas de carroñeo en la superficie, pero de pequeños dientes probablemente de osteíctios pequeños, ya que no se aprecian restos de haber sido engullido ni digerido. La superficie del hueso presenta pequeñas fracturas diagenéticas que afectan a estas marcas, por lo que son anteriores. En pequeñas oquedades aparecen incrustados pequeños granos de glauconita.

Los restos de cetáceos, debido a su amplia distribución, aparecen en un estado de conservación variado. En el yacimiento de Nuevo Portil, situado en la playa en la zona intermareal, los huesos, principalmente vértebras, costillas y fragmentos de mandíbula, aparecen cementados, muy densos, desprendidos del sustrato endurecido, y redondeados por rodar debido al efecto de las olas. También presentan incrustación de cirrípedos, algas, bivalvos, anémonas y lapas, que crean perforaciones donde se incrustan otros organismos y son aprovechados por crustáceos como madrigueras. En los demás yacimientos, tanto en la Fm. Arcillas de Gibraleón, como en la Fm. Arenas de Huelva, los huesos no están cementados, y aunque son más densos que el hueso, conservan su porosidad en muchos casos. Los que aparecen en los niveles altos de la Fm. Arenas de Huelva a veces son muy deleznable, con la consistencia de un terrón de azúcar, por lo que en cuanto van quedando expuestos, el agua de lluvia, la erosión eólica y la acción biológica lo destruyen rápidamente. Los huesos suelen aparecer individualizados o en pequeños conjuntos, pero desarticulados por efecto de las corrientes, y solo en algunos puntos aparecen conjuntos esqueléticos más o menos completos, hasta el punto de haberse encontrado en el área de estudio varios ejemplares muy completos en la Fm. Arenas de Huelva. Algunos huesos de cetáceos presentan marcas de depredación.

En general, los restos de vertebrados marinos están muy bien conservados y son de fácil extracción al encontrarse en sedimentos sueltos. Según la formación, y dependiendo del sedimento, los restos, adquieren uno u otro color característico. En las zonas de arcillas grises, los dientes suelen tener un esmalte grisáceo perlado, a veces casi blanco y otra veces azulado, y la raíz gris oscura. Los huesos poseen un color gris oscuro a casi negro, sobre todo observable en los restos de osteíctios.

En la Fm. Arenas de Huelva, los dientes suelen tener un color marrón pardo, de tonos ocres a otros más cobrizos, sobre todo en rajiformes. En espáridos y myliobatiformes, pueden aparecer tonalidades muy oscuras, sobre todo en los molares de *Sparus*. La raíz suele ser amarilla pálida a marrón claro. Los huesos de cetáceos tienen coloraciones marrones o beige.

Los taxones descritos pueden aproximar la edad de estos materiales. Las especies más indicativas son *Carcharocles megalodon* (Mioceno superior- Plioceno inferior), e *Isurus hastalis*, que es sustituido por *Carcharodon carcharias* durante el Plioceno inferior. Los foraminíferos planctónicos precisan este dato, indicando una edad Messiniense para la mayor parte de los depósitos de la Fm. Arcillas de Gibraleón (Civis et al., 1987). Para las Arenas de Huelva se establece una edad de Plioceno Inferior (5,5 a 4 M.a.), igualmente en base a las asociaciones de foraminíferos (Biozonas de *Globorotalia margaritae* y *Globorotalia puncticulata*.) (Sierro, 1985).

8.3. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS, PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Una comparativa con la distribución de especies actuales permite realizar las siguientes consideraciones generales:

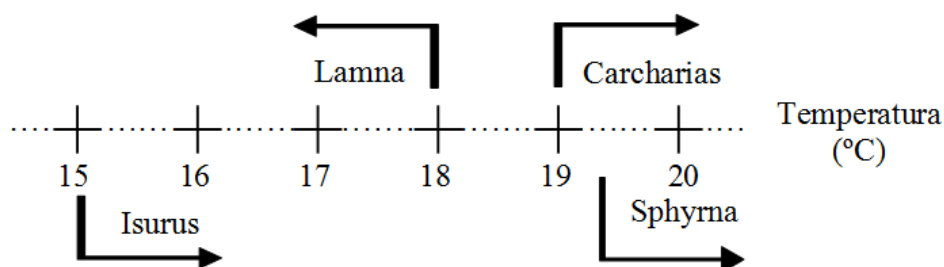
1.- Temperatura de las aguas:

Para las especies messinienses de la Fm. Arcillas de Gibraleón, no podemos obtener una información significativa sobre la zona bioclimática; ya que se trata, como veremos después, de fauna de un ambiente profundo. Aquí las diferencias térmicas están controladas por la profundidad, descendiendo rápidamente la temperatura en las zonas alejadas de la superficie.

En general, la mayoría de los géneros determinados en la Fm. Arenas de Huelva tienen una distribución cosmopolita o muy amplia, pero hay algunas con rangos térmicos más reducidos. Existe un leve predominio de formas que habitan en aguas cálidas de zonas tropicales y subtropicales (*Pristiophorus*, *Carcharhinus*), si bien también aparecen géneros que frecuentan aguas templadas (*Isurus*, *Squatina*, *Carcharias*) e incluso otros que llegan a aguas relativamente frías (*Squalus*, *Raja*, *Lamna*).

Están presentes especies estenotérmicas de aguas cálidas como *Hemipristis*, *Galeocerdo* y un orectolobiforme muy emparentado con *Ginglymostoma*.

Siguiendo la argumentación de Antunes y Jonet (1970), si consideramos las temperaturas que condicionan la distribución de los géneros *Isurus*, *Lamna*, *Carcharias* (*Odontaspis* en Antunes y Jonet, pero comparten rango), y *Sphyrna*, todos comunes en aguas poco profundas, obtenemos que:



Esto, unido a la presencia de termófilos antes mencionados, indicaría que la temperatura media de las aguas debía de ser algo mayor de 18 °C en la superficie. *Lamna*, y especies como *Squalus*, se limitarían a aguas más profundas en las que la temperatura descendiese unos grados. Esto se corrobora con una mayor proporción

relativa de ejemplares de *Lamna* en la Fm. Arcillas de Gibraleón, siendo aún frecuentes en el nivel basal de la Fm. Arenas de Huelva, y muy escaso en niveles más someros.

A partir de estos datos podemos deducir que el ambiente de la zona en estas fechas estaba constituido por un mar templado a subtropical; con una temperatura algo superior a la actual en el litoral de Huelva. Estos datos concuerdan con los resultados de estudios palinológicos, con dominio de taxones cálidos (*Schizeaceae*, *Myrtaceae*, *Sapotaceae*) sobre formas templadas minoritarias (Valle y Peñalba, 1987).

La temperatura actual de las aguas superficiales en el Golfo de Cádiz oscila de media entre los 15 °C en invierno y los 21 °C en verano (REDIAM). Los indicios de una mayor temperatura global en el Plioceno inferior, con la presencia de faunas más cálidas que las actuales, se da también en otros yacimientos de la región Ibérica, tanto en la vertiente atlántica en Portugal, como en las costas mediterráneas europeas (Levante Español, Francia, Italia,...). En este sentido, Calvo et al. (1993) deducen unas condiciones climáticas algo más calidas y áridas que las actuales para todo el Messiniense y el Plioceno inferior de la Península Ibérica y proponen una disminución progresiva de la temperatura media en toda la región, que alcanza su mínimo a principios del Plioceno medio.

Por tanto, la fauna y el ambiente que se daban durante el Plioceno Inferior durante la sedimentación de la Fm. Arenas de Huelva, sería la equivalente a la que se da actualmente en latitudes algo más al sur, como en las costas de Marruecos, del Sahara occidental o de las Islas Canarias, con unos 4 o 5 grados más de media en la temperatura de sus aguas.

2.- **Profundidad:**

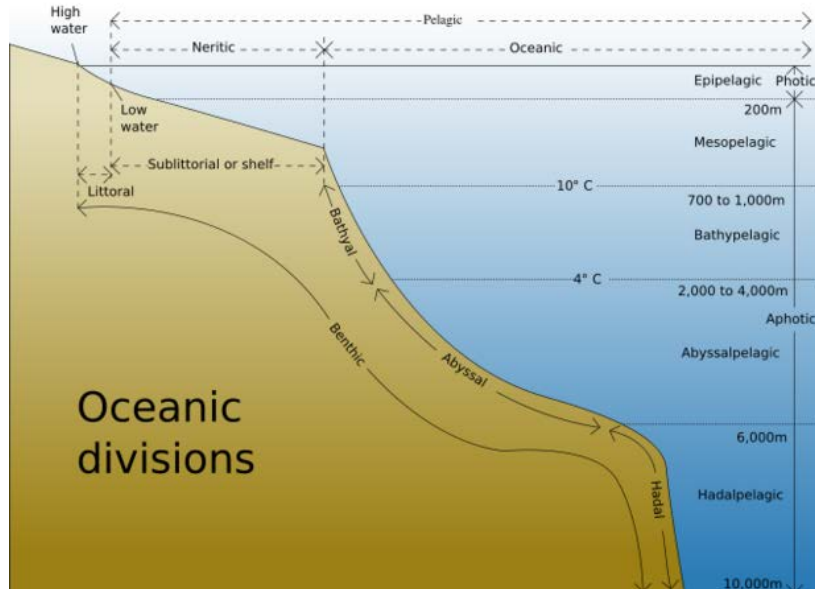


Figura 35: Regiones oceánicas.

La distribución batimétrica de las especies presentes nos indica dos medios diferentes, uno para cada una de las formaciones sedimentarias.

En la Fm. Arcillas de Gibraleón abundan los restos de grandes peces neotónicos pelágicos que recorren los mares, como *Isurus*, *Lamna*, *Carcharias*, *Carcharocles* y *Thunnus* o *Makaira*. También aparecen restos de tortugas marinas, cetáceos, y odontocetos como *Scaldicetus*, emparentado con los actuales Cachalotes, los cuales se alimentan a grandes profundidades.

Estas especies indican una cierta distancia a la costa, lo que se corrobora con la reconstrucción del medio sedimentario realizada en base a las asociaciones micropaleontológicas y análisis de facies (trabajos Sierro, 1984; Civis et al., 1987; González-Regalado, 1987; González-Regalado y Ruiz, 1996; Ruiz y González-Regalado, 1996). Sin embargo, estos organismos se mueven en mar abierto y al morir sus restos caen al fondo desde cualquier profundidad dentro de la columna vertical de agua. Una mejor aproximación a la verdadera profundidad del medio durante el depósito de la Fm. Arcillas de Gibraleón en el Messiniense, puede realizarse a partir de la presencia de quimeras, que suelen habitar cerca del fondo en aguas profundas (batiales), a partir de los 200-300 m de profundidad, pudiendo alcanzar algunas especies incluso los 3000 m. En otros trabajos como Toscano et al. (2009), la presencia de *Diaphus*, de profundidad mesopelágica, concuerda con estos datos.

La información basada en bivalvos en Rico et al. (2005), respecto al yacimiento de la autovía de Gibraleón (Fm. Arcillas de Gibraleón), indicaría una profundidad circalitoral inferior a batial. Los datos de vertebrados marinos (quimeras, *Scaldicetus* y *Carcharocles megalodon*) llevan a la misma conclusión. Por todo ello se puede estimar una profundidad para la Fm. Arcillas de Gibraleón de entre 100 y 400 m y a una cierta distancia a la costa, es decir, la zona externa de la plataforma continental y la zona alta del talud.

La presencia de *Pecten revolutus* en el nivel medio correlaciona este yacimiento con el del Cruce de Trigueros, correspondiendo al nivel denominado Arenas de Trigueros.

La fauna de vertebrados de la Fm. Arenas de Huelva es propia de un ambiente más somero y más cercano a la costa. En el desarrollo de esta formación podemos apreciar una somerización que queda reflejada en la fauna vertebrada fósil.

La base de la Fm. Arenas de Huelva presenta el característico nivel de arenas ricas en glauconita que constituye un nivel guía local. Este mineral suele aparecer a partir de los 50 m de profundidad en las plataformas continentales actuales (Odin y Matter, 1981) y registra fases de baja tasa de sedimentación (condensación sedimentaria) en las cuencas marinas. Al acumularse un pequeño espesor de sedimento en largos periodos de tiempo, este tipo de depósitos son muy favorables para la concentración de restos fósiles en detrimento de partículas detríticas y carbonatadas de origen inorgánico. A su vez, la existencia de procesos de diagénesis temprana en la interfase sedimento-agua favorece la preservación de estos restos.

En este nivel es donde se da la mayor concentración y variedad de fósiles de vertebrados marinos y de otros organismos como bivalvos o gasterópodos. Son abundantes los dientes de grandes tiburones, como *Isurus*, *Carcharias*, *Carcharhinus* y en menor medida, *Carcharocles*. El género *Isurus* suele encontrarse hasta los 150 m, en tanto que la familia Carcharhinidae es de hábitat predominantemente costero.

Estos grandes tiburones podían acercarse a la costa y sus restos pueden caer sobre fondos de cualquier profundidad. Aunque escasas, también aparecen especies que frecuentan aguas costeras profundas, como *Hexanchus* y *Notorynchus*, frecuentes a más de 100 m y *Pristiophorus*, frecuente entre los 100 y 300 m, o *Squalus*. Donde aparecen niveles de acumulación de cetáceos también abundan los condríctios, sus principales depredadores. Los restos de cetáceos en este nivel suelen aparecer más o menos articulados (ver Esperante et al., 2009), lo que indica que la acción de las corrientes no afectaron de forma determinante a la posición de los huesos.

En este nivel glauconítico aún es frecuente el bivalvo *Amusium cristatum*, propio de medios marinos de baja energía. También es extraña la aparición de *Ischyodus* en este nivel, ya que aunque apareciese en un yacimiento de escombrera, es decir, no *in situ*, todo el sedimento estaba constituido por las arenas glauconíticas. Las quimeras son propias de aguas más profundas, pero existen taxones que pueden aparecer en aguas más superficiales como ocurre en el caso de *Chimaera*. *Ischyodus* es un género extinto y poco común, por lo que no se conoce su dispersión batimétrica. En cualquier caso, podría deducirse que la presencia de este taxón a los aproximadamente 100 m de profundidad estimada para este nivel, no se adecuarían a sus condiciones ambientales óptimas, de ahí que su presencia en esta unidad sea inusual.

Sobre el nivel de glauconita, aparecen los característicos niveles de conchas de moluscos por acción de tormentas o tempestitas. En esta parte media de la formación aún aparecen grandes tiburones y cetáceos, pero van siendo más frecuentes los batomorfos (*Raja*, *Dasyatis*, *Myliobatis*, *Aetobatus*, *Pteromylaeus* y *Rhinoptera*). Los restos de osteíctios se hacen más presentes, y además de depredadores neotónicos, comienzan a aparecer aquellos que se alimentan de moluscos, crustáceos o los herbívoros. Esto indica que estos depósitos pudieron formarse en aguas bastante más someras, dentro de la zona fótica (30-50 m). En los niveles más altos aparecen especies de aguas poco profundas, como *Sphyræna barracuda*, *Gobius vicinalis*, *Epinephelus*, o *Sparus aurata*, la actual Dorada, que suele vivir entre 1 - 30 m de profundidad.

Estos datos corroboran los ya aportados por otros grupos faunísticos como bivalvos, gasterópodos y, sobre todo, foraminíferos y ostrácodos (González-Regalado, 1986; González-Regalado & Ruiz Muñoz, 1991, González-Regalado et al. 2009). Además son frecuentes las galerías del icnogénero *Ophiomorpha*, atribuido a la actividad de crustáceos decápodos. Los balánidos indican la proximidad a la costa y un medio agitado que moviese las partículas en suspensión de las que se alimentan. La presencia del hueso de ave también indicaría la cercanía de la costa.

La aparición conjunta de faunas someras y profundas indicaría una batimetría intermedia (50-100 m) en la base de la Fm. Arenas de Huelva, y de hasta unos 30 m en los niveles superiores de la unidad. Esto apuntaría a un medio infralitoral a circalitoral superior para esta región durante el Plioceno inferior.

En general, la evolución de la asociación de especies descrita registra una somerización y una progradación de la línea de costa, que refleja la colmatación progresiva de la Depresión del Guadalquivir y la retirada del mar hacia posiciones cada vez más meridionales durante el Plioceno inferior. Las zonas más profundas de la cuenca se encontrarían en el área de Huelva. Hacia el oeste, en la zona de Lepe, nos

aproximaríamos al borde occidental de la cuenca, y hacia Bonares, al noreste, iríamos avanzando hacia la cabecera de la cuenca, aún con gran influencia marina.

3.- **Biogeografía:**

La mayoría de las especies que habitaron la zona durante el Neógeno continúan existiendo en la actualidad (o sus cronoespecies). Muchas de ellas tenían una distribución cosmopolita, como *Isurus hastalis*, *Carcharocles megalodon* o *Hemipristis serra*. Hoy día, los representantes de *Hemipristis* solo habitan en las costas del Índico, desde Madagascar al mar Rojo. Las únicas especies de orectolobiformes a las que se aproxima el ejemplar fósil, solamente viven en Indonesia. Lo mismo ocurre con *Pristiophorus*, donde la mayoría de ejemplares viven en el Indo-Pacífico, salvo una especie que vive en la zona de las Bahamas, la única que vive en el Atlántico. La especie *Labrodon pavimentatum* indica una conexión con una fauna relictiva indo-pacífica, comparable desde un punto de vista morfométrico solo con otra especie de Labroidei, como el género *Macropharyngodon*, que habita aquellas aguas (Marsili, 2007).

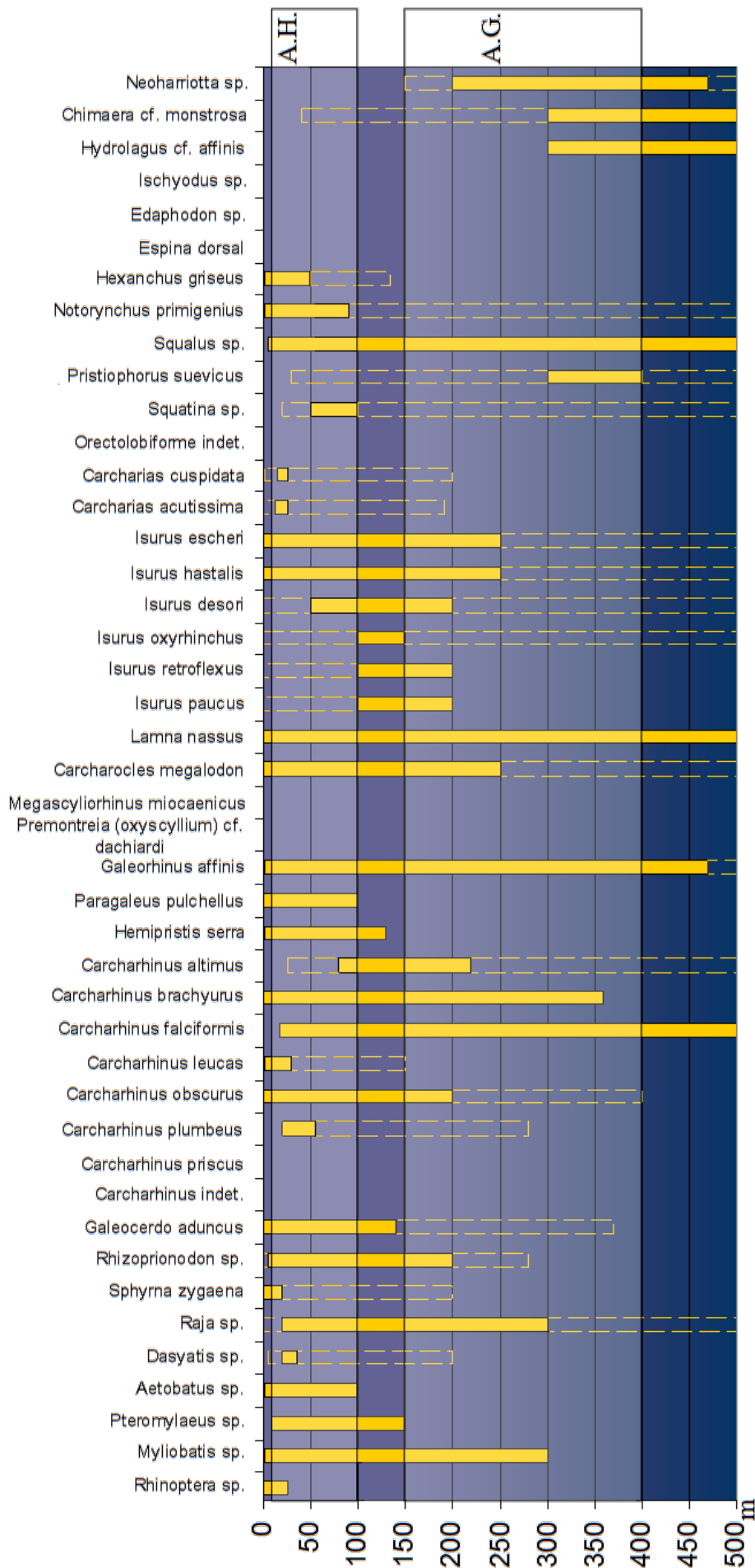


Fig. 36. Distribución batimétrica de especies de holocéfalos y condricios. En discontinuo el rango de cada especie, y dentro de esta, en amarillo, la zona más frecuente donde se encuentran. Se indica el rango estimado mediante microfósiles para las Formaciones Arenas de Huelva y Arcillas de Gibraltor.

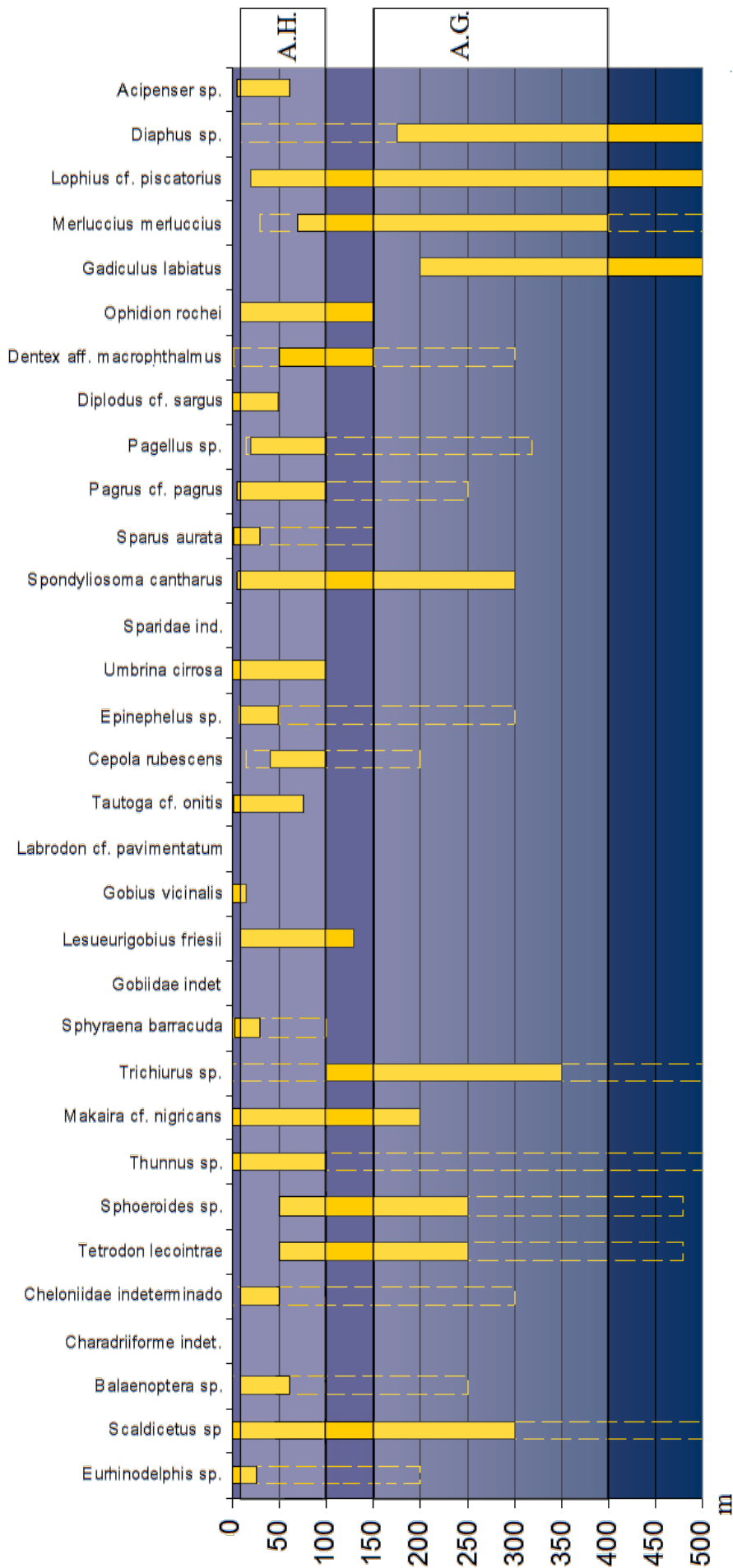


Fig. 37. Distribución batimétrica de especies de Osteictios y otros vertebrados. En discontinuo el rango de cada especie, y dentro de esta, en amarillo, la zona más frecuente donde se encuentran. Se indica el rango estimado mediante microfósiles para las Formaciones Arenas de Huelva y Arcillas de Gibralféon.

PARTE 6:

CONCLUSIONES DE INVESTIGACIÓN

Capítulo9:

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

El análisis sistemático, paleoecológico y paleobiogeográfico abordados en este trabajo han proporcionado nuevos datos sobre la diversidad estructural de las poblaciones de vertebrados marinos durante el Mio-Plioceno en el suroeste de España, en el margen occidental de la Cuenca del Guadalquivir.

Las principales conclusiones obtenidas en este trabajo son:

1- Un total de 5623 restos fósiles de vertebrados marinos fueron revisados y estudiados en este trabajo. Todos los ejemplares se han venido recolectando durante los últimos 15 años, a lo que hay que sumar el resultado del muestreo sistemático realizado durante la tesis. Los fósiles proceden de 22 yacimientos de la provincia de Huelva, pertenecientes a 3 formaciones que datan del Neógeno y que constituyen importantes unidades del relleno de la Cuenca del Guadalquivir. Estas son la Fm. Niebla (Tortoniense), la Fm. Arcillas de Gibraleón (Tortoniense-Plioceno inferior), y la Fm. Arenas de Huelva (Plioceno inferior).

2- Se han hallado 116 especies y además algunos ictiorodulitos (vértebras, espinas,...) sin identificar. La mayor proporción la constituyen los peces, que constituyen casi el 97 % del total. De ellos, 5 especies corresponden a holocéfalos, 50 a condricios y 48 a osteictios. Además de peces, se han identificado 10 especies de mamíferos marinos, 2 de tortuga y 1 de ave. Los restos de holocéfalos, reptiles, aves y 8 de las 10 especies de mamíferos marinos son los primeros restos de este tipo para la región. Muchas de las especies de condricios y osteictios también son nuevas, ampliando y completando estudios anteriores. Todo ello conforma una gran aportación en lo referente a las paleocomunidades de vertebrados y sus implicaciones para la comprensión de las cadenas tróficas del pasado.

3- El estudio de estas comunidades ha permitido una aproximación a la paleoecología y biocronología de las distintas asociaciones; aportando datos a la Paleogeografía de la zona durante el Neógeno y contribuyendo al conocimiento de la cronoestratigrafía de los distintos yacimientos analizados. Así, la Fm. Niebla es típica de una plataforma subtropical somera, la Fm. Arcillas de Gibraleón indica un medio profundo y alejado de la costa, con faunas de mar abierto y de la zona superior del talud continental, entre unos 150 y 400 m de profundidad. La Fm. Arenas de Huelva sería un área más somera, de plataforma continental, algo más profunda en su base y menos en su techo, desde unos 100 a unos 30 m de profundidad. En ella incrementa considerablemente la fauna tanto en número como en diversidad. La somerización por la colmatación de la Cuenca del Guadalquivir queda bien registrada en las distintas asociaciones de vertebrados preservados a lo largo de la serie estratigráfica durante el Mio-Plioceno de la región.

Los fósiles hallados indican una mezcla de especies de aguas templadas y cálidas, con predominio de estas últimas. Esto indicaría un clima subtropical, algo más cálido que el que actualmente tiene la zona. La mayor parte de las especies continúa viviendo hoy día en la región, pero algunas solamente están presentes en otras zonas del Atlántico e incluso solamente en el Índico o el Pacífico.

Capítulo 10:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 10: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M. (2002). Trabajo de Investigación, Univ. Huelva, 255 p. (inédito).
- ABAD, M. (2007). La transgresión Tortoniense en el Margen Pasivo de la Cuenca del Guadalquivir, Respuesta Estratigráfica e Implicaciones Paleontológicas. Tesis Doctoral, Universidad de Huelva, 510 pp.
- ABAD, M., DE LA ROSA, J., PENDÓN, J. G., RUIZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y TOSQUELLA, J. (2004). Caracterización geoquímica del horizonte glauconítico en el límite superior de la Formación Niebla (Tortoniense Superior, SO España): Datos preliminares. *Geogaceta*, 35; 35-37.
- ABAD, M., PENDÓN, J. G., RUIZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y TOSQUELLA, J. (2005). Los niveles condensados tortonienses del margen pasivo de la Cuenca del Guadalquivir: caracterización e implicaciones geológicas. *Geotemas*, 8; 21-25.
- ABAD, M., PENDÓN, J. G., RUIZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y TOSQUELLA, J. (2005). Los deltas tortonienses del margen pasivo occidental de la Cuenca del Guadalquivir (Sur de España). *Geotemas*, 8; 15-19.
- ABEL, O. (1905). Les Odontocètes du Boldérien (Miocène Supérieur). *D'Anvers* 3; 1-155.
- ABEL, O. (1905). Les odontocetes du Boldérien (Miocene supérieur) d'Anvers: Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, T. III, fasc. 2, Mém. 10; 155.
- ACOSTA HOSPITALECHE, C., MONTALTI, D. y MARTI, L. (2009). Skeletal morphoanatomy of the Brown skua *Stercorarius antarcticus lonnbergi* and the South Polar skua *S. maccormicki*. *Polar Biology*, 32; 759-774.
- ACOSTA HOSPITALECHE, C., MONTALTI, D. y DEL VALLE, R. (2010). Mid-Holocene skuas remains from King George Island, Antarctica. *Paläontologische Zeitschrift (Scientific Contributions to Palaeontology)*, Vol. 84 (4); 533-539.
- AFORO database: Anàlisi de FORMes d'Otòlits (Shape Analysis of Fish Otoliths). <http://www.icm.csic.es/aforo/index.jsp>
- AGASSIZ, L. (1833-43). *Recherches sur les poissons fossiles*. Vol; 1-9, Neuchatel.
- AGASSIZ, L. (1856) Notice on the fossil fishes found in California by W.P. Blake. *American Journal of Science and Arts, Series 2*, 21: 272-275.
- AGASSIZ, L. (1857) Notice of the fossil fishes. En: Reports of explorations and surveys, to ascertain the most practicable and economical route for a railroad from the Mississippi River to the Pacific Ocean, Vol. 1-10, 5: 313-316.
- AGNOLIN, F. y LUCERO, S., (2004). Registros de cetáceos del Mioceno Tardío de Entre Ríos, Argentina: *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 39(2); 107-110.
- AGUIRRE, E. (1973). Conservación e historia de la naturaleza. *Boletín Estación Central de Ecología* 2; 89-97.
- ALCALÁ, L (1999). Reflexiones acerca de la protección del patrimonio paleontológico en España. *Coloquios de Paleontología* 50; 45-51.
- ALCALÁ, L. y MORALES, J. (1994). Towards a definition of the Spanish Palacontological Heritage. En: Geological and Landscape Conservation (D. O'Halloran, C. Creen, M. Hartes, M. Stanley y J. Knill, Eds.). *Geological Society*, Londres, 57-61.
- ALLMON, W.D., EMSLIE, S. D., JONES, D.S. y MORGAN, G. S. (1996). Late Neogene oceanographic Change along Florida's West Coast: Evidence and Mechanisms. *The Journal of Geology*, 104; 143-162.
- AMADOR DE LOS RÍOS, R. (1891). Huelva. España: sus monumentos y artes; su naturaleza e historia. Eds. Maxtor, 828 pp.
- ANDRÉS DÍAZ, D. (2007). Notas sobre el hallazgo de dos dientes fósiles de peces óseos en Yecla (Murcia). *Revista de naturaleza y medio ambiente de Yecla ATHENE*, 17.

- http://anidayecla.blogspot.com.es/2008/02/notas-sobre-el-hallazgo-de-dos-dientes_1801.html
- ANDRÉS, I. (1982). Estudio malacológico (Clase Bivalvia) del Plioceno marino de Bonares (Huelva). Universidad de Salamanca. Salamanca (España), 410 pp.
- ANDRÉS, I. (1983). Los Veneridae (Bivalvia) en el Plioceno de Bonares. *Studia geologica salmanticensis* 19;101-131.
- ANTUNES, M. T. y BALBINO, A. (2004). Os Carcharhiniformes (Chondrichthyes, Neoselachii) da Bacia de Alvalade (Portugal). *Revista Española de Paleontología* 19 (1); 73-92.
- ANTUNES, M. T. y BALBINO, A. (2007). Rajiformes (Neoselachii, Batomorphii) from the Alvalade basin, Portugal. *Annales de Paléontologie* 97; 107-119.
- ANTUNES, M. T. y JONET, S. (1970). Requins de L' Helvétien supérieur et du Tortonien de Lisbonne. *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa* 2. Série C-XVI; 119-280.
- ANTUNES, M. T., BALBINO, A. y CAPPETTA, H. (1999). Sélaciens du Miocène terminal du bassin d'Alvalade (Portugal) Essai de synthèse. *Ciências da Terra (UNL)* 13; 115-129.
- APARECIDA, M. F., BALBINO, A. Y ANTUNES, M. T. (2006) Comparação entre faunas miocénicas de elasmobrânquios do Brasil e de Portugal. VII Congresso Nacional de Geologia (Estremoz, 2006)
- ARAMBOURG, C. (1965). Considérations nouvelles au sujet de la faune ichthyologique paléoméditerranéene. *Senckenbergiana Lethaea* 46a; 13-17.
- ARKHIPKIN, A. I., SCHUCHERT, P. C. y DANYUSHEVSKY, L. (2009). Otolith chemistry reveals fine population structure and close affinity to the Pacific and Atlantic oceanic spawning grounds in the migratory southern blue whiting (*Micromesistius australis* australis). *Fisheries Research*, 96; 188-194.
- ÄRNASON, U., GULLBERG, A., JANKE, A., KULLBERG, M., LEHMAN, N., PETROV, E. A. y VÄINÖLÄ, R. (2006). Pinniped Phylogeny and a new Hypothesis for their origin and dispersal. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 41; 345-354.
- ASOCIACIÓN CULTURAL PALEONTOLOGICA MURCIANA (ACPM. (2012). Diente de cetáceo, Mioceno, Sangonera (en línea), <<http://www.educarm.es/paleontologia/docs/mi1cetaceo.jpg>>, acceso libre, consulta: 03 de enero de 2012.
- ASSIS, C.A.d.S. (2001). Estudo morfológico dos otólitos Sagitta, Asteriscus e Lapillus de teleósteos (Actinopterygii, teleostei) de Portugal Continental. Tese de doutoramento em Biologia (Ecologia e Biosistemática), apresentada à Universidade de Lisboa através da Faculdade de Ciências. 1005 pp.
- AVES 3D. A three dimensional database of avian skeletal morphology: Left Humerus <http://aves3d.org/browse/element>
- BACETA, J. I. y PENDÓN J. G. (1999). Estratigrafía y arquitectura de facies de la Formación Niebla, Neógeno superior, sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 12; 419-438.
- BALBINO, A. C. (1995). Seláceos (pisces) do Miocénico terminal da Bacia de Alvalade (Portugal) Sistemática, Ecologia, Paleoambientes, Comparação com faunas actuais. Tesis doctoral, Univ. de Évora, 188 pp.
- BALBINO, A. y ANTUNES, M. T. (2006). Latest Miocene Dasyatidae (Neoselachii, Batomorphii) from the Alvalade Basin, Portugal. *Geobios* 39; 747-755.
- BALLMANN, P. (2004). Fossil Calidridinae (Aves: Charadriiformes) from the Middle Miocene of the Nördlinger Ries. *Bonn zoological Bulletin*, 52 (1/2); 101-114.
- BARBA, F. J., DÍAZ DE TERÁN, J. R., GONZÁLEZ, A. y REMONDO, J. (1996). La gestión y conservación del Patrimonio geológico: una panorámica de las aproximaciones y estrategias en el norte de España. *Geogaceta* 20 (5); 1172-1174.
- BARRERA, J. L., HERNÁN-GÓMEZ, J. y RIVERA, B. (2000). Marco legislativo estatal y autonómico utilizado en España para la protección del Patrimonio Geológico. *European Geologist* 10; 57.
- BARNES, L. G., DOMNING, D. P. y RAY, C.E. (1985). Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science*, 1 (1); 15-53.

- BARTSIOKAS, A. (2000). The fossil cetacea of Kythira Island, Greece. XVIIIth International Congress of Zoology, Athens (Greece). *Hellenic Zoological Society*, 20 pp.
- BASE DE DATOS 3D DE IRI: <http://specimens.iri.isu.edu/ViewSpecimen.aspx?ID=131>.
- BAUZÁ RULLÁN, J. (1947). Nuevas aportaciones al conocimiento de la ictiología del Neógeno catalana-balear. En: *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 45, 523-538.
- BAUZÁ RULLÁN, J. (1948). Contribuciones al conocimiento de la fauna ictiológica del neógeno de Baleares. Sobre el hallazgo de *Taurinichthys villaltai* n.sp. En: *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 46, 231-233.
- BAUZÁ RULLÁN, J. (1949). Contribución al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de Mallorca. En: *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 47, 203-217.
- BAUZÁ RULLÁN, J. (1949). Contribución al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de Mallorca. En: *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 47 (3-4), 203-221.
- BAUZA, J. y PLAN S, J. (1973). Contribución al conocimiento de la fauna ictiológica del Neógeno Catalano-Balear. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears* 18; 72-131.
- BAUZA, J., QUINTERO, L. I DE LA REVILLA, J. 1963. Contribuciones al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de España. *Not. y Como Inst. Geol. Min. Esp.* 70, 217-273.
- BELINCHÓN, M., DE RENZI, M., MONTOYA, P. y ROBLES, F. (1999). La Paleontología y la Ley del Patrimonio Cultural valenciano. Propuestas y resultados. *Coloquios de Paleontología* 50; 37-43.
- BERNÁLDEZ, E. (1998). Encontré un fósil y no supe qué hacer con él. *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 24 (VI); 64-67.
- BERNÁLDEZ, E. (2003). Patrimonio paleontológico en Andalucía: dónde debemos estar y dónde estamos. *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 36-37.
- BERTA, A. y WYSS, A. (1994). Pinniped Phylogeny. Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore, Jr. In: A. Berta and T.A. Deméré (eds.), *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*. 29; 33-56.
- BERTA, A., KIENLE, S., BIANUCCI G. y SORBI. S. (2015). A Reevaluation of *Pliophoca etrusca* (Pinnipedia, Phocidae) from the Pliocene of Italy: phylogenetic and biogeographic implications. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 35 (1); e889144.
- BETANCORT, J.F. (2012). Fósiles marinos del Neógeno de Canarias (Colección de la ULPGC): dos neotipos, catálogo y nuevas aportaciones (sistemática, paleoecología y paleoclimatología). Tesis Doctoral Univ. De Las Palmas de Gran Canaria. 413 pp.
- BETANCUR, R, R., E. WILEY, N. BAILLY, M. MIYA, G. LECOINTRE, AND G. ORTÍ. 2014. Phylogenetic Classification of Bony Fishes -- Version 3 (<https://sites.google.com/site/guilleorti/home/classification>). Version Date: 31 July 2014
- BETANCUR-R. R, BROUGHTON, R.E., WILEY, E.O., CARPENTER, K., LÓPEZ, J.A., LI, C., HOLCROFT, N.I., ARCILA, D., SANCIANGCO, M., CURETON, II J.C., ZHANG, F., BUSER, T., CAMPBELL, M.A., BALLESTEROS, J.A., ROA-VARON, A., WILLIS, S., BORDEN, W.C., ROWLEY, T., RENEAU, P.C., HOUGH, D.J., LU, G., GRANDE, T., ARRATIA, G., ORTÍ, G . (2013). The tree of life and a new classification of bony fishes. *PLoS Currents: Tree of Life*. <http://dx.doi.org/10.1371/currents.tol.53ba26640df0ccaee75bb165c8c26288>
- BIANUCCI, G. (2013). *Septidelphis morii*, n. gen. et sp., from the Pliocene of Italy: new evidence of the explosive radiation of true dolphins (Odontoceti, Delphinidae), *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33, 3; 722-740.
- BIANUCCI, O. y LANDINI, W. (2006). Killer sperm whale: a new basal physeteroid (Mammalia, Cetacea) from the Late Miocene of Italy: *Zoological Journal of the Linnean Society*, 148; 103-131.
- BIANUCCI, G., GATT, M., CATANZARITI, R., SORBI, S., BONAVIA, C.G., CURMI, R. y VAROLA, A. (2011). Systematics, biostratigraphy and evolutionary pattern of the Oligo-Miocene marine mammals from the Maltese Islands. *Geobios*, 44; 549-585.

- BIANUCCI, G., LANDINI, W. y VAROLA, A. (2004). First discovery of the Miocene northern Atlantic sperm whale *Orycterocetus* in the Mediterranean. *Geobios* 37; 569-573.
- BIANUCCI, G., MIJÁN, I., LAMBERT, O., POST, K. y MATEUS, O. (2013). Bizarre fossil beaked whales (Odontoceti, Ziphiidae) fished from the Atlantic Ocean floor off the Iberian Peninsula. *Geodiversitas* 35 (1); 105-153.
- BIANUCCI, G., VAIANI, S. C. y CASATI, S. (2009). A new delphinid record (Odontoceti, Cetacea) from the Early Pliocene of Tuscany (Central Italy): systematics and biostratigraphic considerations. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 254; 275-292, Stuttgart.
- BIGELOW, H.B. Y SCHROEDER, W.C. (1948). Fishes of the western North Atlantic, Part I: Lancelets, Cyclostomes, Sharks. En: *Memoirs of the Sears Foundation for Marine Research* 1 (1): 59-576.
- BOWDICH, T. E. (1821). An analysis of the natural classifications of Mammalia, for the use of students and travelers. Paris, J.Smith, 115 pp.
- BRAGA, J.C., MARTÍN, J.M. y QUESADA, C. (2003). Patterns and average rates of late Neogene - recent uplift of the Betic Cordillera, SE Spain. *Geomorphology*, 50; 3-26.
- BRISSON, M. J. (1762). *Regnum animale in classes IX. Distributum, sive Synopsis methodica sistens generalem Animalium distributionem in Classes IX, & duarum primarum Classicum, Quadrupedum scilicet & Cetaceorum, particularem divisionem in Ordines, Sectiones, Genera & Species: Lugduni Batavorum*, 296 pp.
- BROMLEY, R.G. y JACOBSEN, A.R. (2008). Ichnotaxa for bite traces of tetrapods: a new area of research or a total waste of time?. In: L. Tapanila and A.A. Ekdale (eds.), *Sixth International Bioerosion Workshop*, 14.
- BRZOBOHATY, R. y NOLF, D. (1996). Otolithes de myctophidés (poissons téléostéens) des terrains tertiaires d'Europe: révision des genres *Benthosema*, *Hygophum*, *Lampadena*, *Notoscopelus* et *Symbolophorus*. *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belgique, Sci. Terre*, 70; 185-206.
- BUCKLAND, W. (1835). A Notice on the Fossil Beaks of Four Extinct Species of Fishes, Referrable to the Genus *Chimaera*, which occur in the Oolitic and Cretaceous Formations of England. *Proceedings of the Geological Society of London* 2 (42); 205-208.
- BULLIS, H. R. JR. y CARPENTER, J. S. (1966). *Neoharriotta carri*: A New Species of Rhinochimaeridae from the Southern Caribbean Sea. *Copeia* 3; 443-450.
- BUSCALIONI, A.D. Apuntes online Asignatura de El Patrimonio Paleontológico y Geológico. Universidad Autónoma de Madrid. 4 documentos relacionados. 1- Los fósiles en la gestión Natural y cultural; 2- Diagnóstico, clasificación y valoración del patrimonio paleontológico; 3- Los fósiles en el entorno cultural; 4- El discurso científico en la divulgación.
- CABRERA, A. (1926). Cetáceos fósiles del Museo de La Plata: Revista del Museo de La Plata, 29; 363-411.
- CACHÃO, M. y DA SILVA C. M. (2000). The three main marine depositional cycles of the Neogene of Portugal: *Ciências da Terra (Universidade Nova de Lisboa)*, 14; 303-312.
- CACHÃO, M. y SILVA, C. M. (2004). Introdução ao Património Paleontológico Português: definições e critérios de classificação. *Geonovas* 18; 13-19.
- CALVO, J. P., DAAMS, R., MORALES, J., LÓPEZ MARTÍNEZ, N., AGUSTÍ, J., ANADÓN, P., ARMENTEROS, I., CABRERA, L., CÍVIS, J., CORROCHANO, A., DÍAZ MOLINA, M., ELÍZAGA, E., HOYOS, M., MARTÍN-SUÁREZ, E., MARTÍNEZ-SALANOVA, J., MOISSENET, E., MUÑOZ, A., PÉREZ-GARCÍA, A., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., PORTERO, J. M., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C., TORRES, T., VAN DER MEULEN, A. J., VERA, J. A., MEIN, P. (1993). Up-to-date Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *Revista Sociedad Geológica Española* 6 (3-4); 29-40.
- CAMPANA, S.E. (2004). *Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario. 284 pp.
- CANDONI, L. (2001). *Notorynchus*. <http://paleontologie.chezalice.fr/loupian/primigenius/notorynchus.html>
- CANUDO, J. I. (1998). El Patrimonio Paleontológico y Geológico del Parque Cultural del Río Martín. En: *Libro Resumen I Jornadas*

- sobre el Patrimonio Cultural y Natural en el Parque Cultural del Río Martín, 1-13.
- CAPELLINI, G. (1883). Di un'Orca fossile scoperta a Cetona in Toscana. Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Serie IV, 4; 665-687.
- CAPPETTA, H. (1970). Les Sélaciens du Miocène de la région de Montpellier. *Paleovertebrata*, Mémoire extraordinaire. Montpellier, 139 pp.
- CAPPETTA, H. (1987). Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii (Handbook of Paleoichthyology Vol. III). Verlag. Stuttgart-New York, 193 pp.
- CAPPETTA, H. (2006). Elasmobranchii Post-Triadici (Index specierum et generum) Fossilium Catalogus I: Animalia. Backhuys Publishers, 472 pp.
- CAPPETTA, H. y CAVALLO, O. (2006). Les Selaciens du Pliocène de la Région d'Alba (Piémont, Italia Nord-Ouest). *Riv. Piem. St. Nat* 27; 37-76.
- CAPPETTA, H. y NOLF, D. (1991). Les Sélaciens du Pliocène inférieur de Le Puget sur Argens (Sud-Est de la France). *Palaeontographica A* 218; 49-67.
- CAPPETTA, H., GRANIER, J. y LEDOUX, J.C. (1967). Deux faunes de sélaciens du Miocène méditerranéen de France et leur signification bathymétrique. *Compte Rendu sommaire des Société Géologique de France* 7; 292-293.
- CARETTO, P. G. (1970). La balenottera delle sabbie plioceniche di Valmontasca (Vigliano d'Asti). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 9; 3-75.
- CASE, G. R. (1978). *Ischyodus bifurcatus*, a new species of chimaeroid fish from the upper cretaceous of New Jersey. *Geobios* 11 (1); 21-29.
- CASIER, E. (1946). La faune ichthyologique de l'yprésien de la Belgique. *Mém. Mus. Roy. Hist. Natur. Belg.* 104; 267.
- CASIER, E. (1960). Note sur la collection des poissons paléocènes et éocènes de l'Enclave de Cabinda (Congo). *Annales du Musée du Congo Belge, Sér. A (Minéralogie Géologie, Paléontologie)* 1 (2); 1-48.
- CASTILLO, C., CASTILLO, J., COELLO, J. J., MARTÍN, E., MARTÍN, M. y MÉNDEZ, A. (1999). La tutela del Patrimonio Paleontológico en Canarias. Valoración general. *Coloquios de Paleontología* 50; 9-21.
- CASTILLO, C., MARTÍN GONZÁLEZ, E. y MARTÍN OVAL, M. (2001). Valoración del Patrimonio paleontológico de Canarias: Propuesta de Puntos de Especial Interés Paleontológico. *Revista Española de Paleontología*, Nº Extraordinario, XIV Jornadas de Paleontología, 105-115.
- CENDRERO UCEDA, A. (2000). Patrimonio Geológico; Diagnóstico, Clasificación y Valoración. Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible. *Serie Monografías*, Ministerio de Medio Ambiente, Soria, 23-61.
- CIGALA FULGOSI, F. (1990). Predation (or possible scavenging) by a great white shark on an extinct species of bottlenose dolphin in the Italian Pliocene. *Tertiary Research* 12 (1); 17-36.
- CIVIS, J., SIERRO, J. F., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., FLORES, J. A., ANDRÉS, I., PORTA, J. y VALLE, M. F. (1987). El Neógeno marino de la provincia de Huelva, antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. En: *Paleontología del Neógeno de Huelva (W del Guadalquivir)*, (J. Civis, Ed.). Ediciones Universidad de Salamanca, 9-27.
- CIVIS, J., SIERRO, J. F., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., FLORES, J. A., ANDRÉS, I., PORTA, J. y VALLE, M. F. (1987). El Neógeno marino de la provincia de Huelva, antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. En: *Paleontología del Neógeno de Huelva (W Cuenca del Guadalquivir)*, (J. Civis, Ed.). Ediciones Universidad de Salamanca, 5-16.
- CLIMENT, M. (1867). *Crónica de la provincia de Huelva*. Ed. Rubio y Compañía, Madrid.
- COCCHI, I. (1864). Monografía dei *Pharyngodopilidae*. Nuova famiglia di pesci labroidi. *Studi Paleontologici*. Pp. 68-71, tav. IV.
- COHEN, D. M., INADA, T., IWAMOTO, T. y SCIALABBA, N. (1990). FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop. 125(10). Rome: FAO. 442 p.
- COMPAGNO, L. J. V. (1984). *FAO species catalogue*. Vol. 4 Sharks of the World. An

- annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1 Hexanchiformes to Lamniformes. *FAO fish. Synop.* 125, 4(1), 249 pp.; part 2 Carcharhiniformes. *FAO Fish Synop.* 125 (2); 251-655.
- COMPAGNO, L. J. V. (1988). Sharks of the order Carcharhiniformes. *Princeton University Press*, New Jersey.
- COMPAGNO, L. J. V. (2002). *FAO Species Catalogue. Vol 2: Sharks of the world, Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fishery Purposes N° 1, Vol. 2; 1-250.*
- COMPAGNO, L. (2005). Checklist of living Chondrichthyes, Reproductive biology and phylogeni of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras. *Science Publishers*, 562 pp.
- CORBERA, J. (2000). *Peces de Mar de la Península Ibérica*. Ed. Planeta, 312 pp.
- COPE, E.D. (1867). An addition to the vertebrate fauna of the Miocene period, with a synopsis of the extinct Cetacea of the United States. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 19 (4); 138-157.
- COPE, E. D. (1896). Sixth contribution to the knowledge of the marine Miocene fauna of North America. *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 35 (151); 139-146.
- CORBERA, J. (2000). *Peces de Mar de la Península Ibérica*. Ed. Planeta, Tercera edición, España, 312 pp.
- CORVEA, J. L., DE BUSTAMANTE, I., GARCÍA-HIDALGO, J. F., SANZ, J. M^a. y MATEOS, J. (2006). Guía de puntos de interés didáctico del norte de la Comunidad de Madrid. *Cátedra UNESCO de Educación científica para América Latina y El Caribe* (Universidad de Alcalá).
- CÔTE BLEUE, página de Christian Coudre. Biologie des Organismes Marins de Méditerranée
<http://www.cotebleue.org/dentition.html> y
<http://www.cotebleue.org/heterodontie.html>
- COZZUOL, M.A. (2001). A "northern" seal from the Miocene of Argentina: Implications for phocid phylogeny and biogeography. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21 (3); 415-421.
- CVANCARA, A. M. y HOGANSON, J. W. (1993). Vertebrates of the Cannonball Formation (Paleocene) in North and South Dakota. *Journal of Vertebrate Paleontology* 13 (1); 1-23.
- DA MATA, C. R. (1962-1963). Nota preliminar sobre um delfínido (Eurhinodelphis cf. cristatus) do Mioceno do Penedo, a Norte do Cabo Espichel. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc.* 9 (2); 157-166.
- DABRIO, C. J., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., CIVIS, J. y SIERRA, F.J. (1988). Influencia de las tempestades en la generación de niveles e interniveles fosilíferos en las Arenas de Huelva (Plioceno). En: *IV. Jorn. Paleontología. Comunicacione1*; 34-36.
- DAHLHEIM, M. E. y HENING, J. E. (1999). Killer whale *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758), en Ridgeway, S.H., Harrison, R. (eds.), *Handbook of Marine Mammals: San Diego*, Academic Press, 281-322.
- DEAN, B. (1906). Chimaeroid Fishes and their Development. *Publications of the Carnegie Institution of Washington* 32; 1-194.
- DEL RAMO JIMÉNEZ, A., GUILLÉN MONDÉJAR, F. y COY GÓMEZ, E. (2003). La Geodiversidad: un componente esencial en las estrategias para la conservación del Medio Natural. Su relación con la Biodiversidad. En: *Patrimonio Geológico y Minero y desarrollo regional*. (I. Rábano, I. Manteca, C. García, Eds.). *Cuadernos del Museo Geominero* 2; 97-106.
- DEMÉRÉ, T. A., BERTA, A. y ADAM. P. J. (2003). Pinnipedimorph evolutionary biogeography. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 279; 32-76.
- DE PIETRI, V. L. y MAYR, G. (2012). An assessment of the diversity of early Miocene Scolopaci (Aves, Charadriiformes) from Saint-Gérand-Le-Puy (Allier, France). *Palaeontology*, Vol. 55 (6); 1177-1197.
- DE PIETRI, V. L., COSTEUR, L., GÜNTERT, M. y MAYR, G. (2011). A revision of the Lari (Aves, Charadriiformes) from the early Miocene of Saint-Gérand-le-Puy (Allier, France). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 31 (4); 812-828.
- DIDIER, D. A. (1995). Phylogenetic systematics of extant chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei). *American Museum Novitates* 3119; 1-86.
- DU BUS, B. (1867). Sur quelques mammifères du crag d'Anvers: *Bulletins de L'Académie Royale*

- des Sciences, des Lettres et des Beaux- Arts, 24; 562-577.
- DU BUS, B. (1872). Mammifères nouveaux du crag d'Anvers: Bulletins de L'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts, 34; 491-509.
- DUFF, K. (1994). Natural Areas: an holistic approach to conservation based on geology» en Geological and Landscape Conservation (O'Halloran *et al.*, Eds.). London, 121-126.
- EHRET, D.J., MACFADDEN, B.J., JONES, D.S., DEVRIES, T.J., FOSTER, D.A., SALAS-GISMONDI, R. (2012). Origin of the white shark *Carcharodon* (lamniformes: lamnidae) based on Recalibration of the upper neogene pisco Formation of Peru. *Palaeontology*, 55(6): 1139–1153.
- EKDALE, A. A. (1985). Paleoecology of the marine endobenthos. *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology*, 50; 63-81.
- EKDALE, E. G., BERTA, A., y DEMÉRÉ, T.A. (2011). The Comparative Osteology of the Petrotympanic Complex (Ear Region) of Extant Baleen Whales (Cetacea: Mysticeti). *PLoS ONE* 6 (6); e21311. doi:10.1371/journal.pone.0021311.
- ESPERANTE, R., MUÑIZ GUINEA, F. y NICK, K.E. (2009). Taphonomy of a mysticeti whale in the Lower Pliocene Huelva Sands Formation (Southern Spain). *Geologica Acta: an International Earth Science Journal*, 7 (4); 489-505.
- ESTEVENSON, M. EVOLUÇÃO DAS FAUNAS DE MAMÍFEROS MARINHOS DO NEOGÊNICO DE PORTUGAL, CORRELAÇÕES PALEOAMBIENTAIS E PALEOBIOGEOGRÁFICAS.
- ESTEVENSON, M. y ANTUNES, M. T. (2004). Fragmentary remains of odontocetes (Cetacea, Mammalia) from the Miocene of the Lower Tagus Basin (Portugal). *Revista Española de Paleontología* 19 (1); 93-108.
- FERNÁNDEZ DO REIS, M. A. (2005). Chondrichthyan Fauna from the Pirabas Formation, Miocene of Northern Brazil, with comments on Paleobiogeography. *Anuário do Instituto de Geociências* 28 (2); 31-58.
- FERNANDES DOS REIS M.A.; BALBINO A.C. Y ANTUNES M.T.. Comparação entre faunas miocénicas de elasmobrânquios do Brasil e de Portugal.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. (2000). *Temas de Tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid.
- FIERSTINE, H. L. (1990). A Paleontological Review of Three Billfish Families (Istiophoridae, Xiphiidae, and Xiphiorhynchidae). En: Planning the Future of Billfishes. Part 2. Contributed Papers. (Stroud. R.H. ed.). Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kana, Hawaii, August, 1988.
- FIERSTINE, H. L. (1998). *Makaira* sp., cf. *M. nigricans* Lacépède, 1802 (Teleostei: Perciformes: Istiophoridae) from the Eastover Formation, late Miocene, Virginia, and a reexamination of †*Istiophorus calvertensis* Berry, 1917. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18 (1); 30-42.
- FIERSTINE, H. L. (1999). *Makaira* sp., cf. *M. nigricans* Lacepede, 1802 (Teleostei: Perciformes: Istiophoridae) from the late Miocene, Panama, and its probable use of the Panama seaway. *Journal of Vertebrate Paleontology* 19 (3); 430-437.
- FIERSTINE, H. L. (2006). Fossil history of billfishes (xiphioidi). *Bulletin of Marine Science*, 79 (3); 433-453.
- FIERSTINE, H. L. (2008). A Fossil Skull of the Extant Blue Marlin (*Makaira nigricans* Lacépède, 1802) from the Late Miocene of Orange County, California. *Bull. Southern California Academy of Sciences*. 107 (2); 45-56.
- FIERSTINE, H. L. y WELTON, B. J. (1983). A Black Marlin, *Makaira indica*, from the early Pleistocene of the Philippines and the Zoogeography of Istiophorid Billfishes. *Bulletin of Marine Science*, 33 (3); 718-728.
- FIERSTINE, H. L., APPLIGATE, S. P., GONZALEZ-BARBA, G., SCHWENNICKE, T. y ESPINOSA-ARRUBARRENA, L. (2001). A Fossil Blue Marlin (*Makaira nigricans* Lacépède) from the middle facies of the Trinidad Formation (Upper Miocene to Upper Pliocene), San Jose del Cabo Basin, Baja California Sur, Mexico. *Bull. Southern California Academy of Sciences*, 100 (2); 59-73.

- FIGUEIREDO, S. M. D. (2010). A Avifauna Pliocénica de Portugal: especificidades evolutivas, anatómicas e o seu contexto paleontológico, geológico e arqueológico. Tesis doctoral. Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología (USAL) y Departamento de História (UAL). 618 pp.
- FISHBASE: Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2015. Electronic publication. www.fishbase.org, (08/2015) <http://www.fishbase.org/search.php>
- FITZGERALD, E. M. G. (2004). A review of the Tertiary fossil Cetacea (Mammalia) localities in Australia. *Memoirs of Museum Victoria* 61 (2); 183-208.
- FITZGERALD, E. M. G. (2005). Pliocene marine mammals from the Whalers Bluff Formation of Portland, Victoria, Australia. *Memoirs of Museum Victoria* 62 (1); 67-89.
- FLORES, J. A. (1985). *Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir* (SO de España). Tesis Doctoral. Univ. De Salamanca, 714 pp.
- FLOWER, W. H. (1867). Description of the skeleton of *Inia geoffrensis* and of the skull of *Pontoporia blainvillii*, with remarks on the systematic position of these animals in the order Cetacea: Transactions of the Zoological Society of London, 6 (3); 87-116.
- FORD, J. K. B., ELLIS, G. M., MATKIN, C. O., WETKLO, M. H., BARRETT-LENNARD, L. G. y WITHLER, R. E. (2011). Shark predation and tooth wear in a population of northeastern Pacific killer whales: *Aquatic Biology*, 11; 213-224.
- Fossilguy-Eurhinodelphis: http://www.fossilguy.com/gallery/vert/mammal/marine/eurhinodelphis/eurhinodelphis_miocene.htm
- FRENGUELLI, J. (1922). *Prionodelphis rovereti*. Un representante de la familia "Squalodontidae" en el Paranense Superior de entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 25; 491-500.
- FRIANT, M. (1942). Le fémur des Phocidés Scaldisiens; son Interprétation morphologique. *Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique*, 20 (12); 1-4.
- FRIANT, M. (1947). Recherches sur le fémur des Phocidae. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 23 (2); 1-51.
- FULTON, T.L. y STROBECK, C. (2010). Multiple markers and multiple individuals refine true seal phylogeny and bring molecules and morphology back in line. *Proceeding of the Royal Society. Biological Sciences*, 277; 1065-1070.
- FYLER, C. A., REEDER, T. W., BERTA, W., ANTONELIS, G., AGUILAR, A. y ROUKAKI, E. (2005). Historical biogeography and phylogeny of monachine seals (Pinnipedia:Phocidae) based on mitochondrial and nuclear DNA data. *Journal of Biogeography*, 32; 1267-1279.
- GALÁN, E., GONZÁLEZ, I., MAYORAL, E. y VÁZQUEZ, M.A. (1989). Caracterización y origen de las facies glauconíticas de la Cuenca del Guadalquivir. *Estudios Geológicos* 45; 169-175.
- GARCÍA, E. X. M. (2002). Estudio paleontológico de condriactos y osteictos del Neógeno (Plioceno Inferior) de la Formación "Arenas de Huelva" (Suroeste de España). Tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara (México), 125 pp.
- GARCÍA, E. X. M. (2008): Condriactos y Osteictos del Neógeno de Huelva (Formación "Arenas de Huelva"). Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 313 pp.
- GARCÍA, E. X. M., RICO-GARCÍA, A., ARCEREDILLO, D., CIVIS, J., ABAD, M. y RUIZ, F. (2006). Estudio paleontológico (ictiofauna, malacofauna y foraminíferos) de dos secciones de Niebla (Huelva), Neógeno de la Cuenca del Guadalquivir. *Geotemas* 9; 87-90.
- GARCÍA, E. X. M., RUIZ, F., ANTUNES, M., BALBINO, A., CIVIS, J., TOSCANO-GRANDE, A., ABAD, M. (2011). Ictiofauna del Mioceno Superior del suroeste de la Cuenca del Guadalquivir (Suroeste de España) (resumen), en Sociedad Mexicana de Paleontología, XII Congreso Nacional de Paleontología, Puebla, México, Libro de resúmenes, p. 61.
- GARCÍA, E. X. M., TELLES-ANTUNES, M., CÁCERES-BALBINO, A., RUIZ, F. y CIVIS, J. (2009). Los tiburones lamniformes (Chondrychthyes, Galeomorphii) del Plioceno Inferior de la Formación "Arenas de Huelva", suroeste de la Cuenca del Guadalquivir, España. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26; 674-686.

- GARRICK, J.A.F. (1960). Studies on New Zealand Elasmobranchii. Part X. The genus Echinorhinus, with an account of a Second species, E. cookie Pietschmann, 1928, from the New Zealand waters. *Transactions of the Royal Society of New Zealand*, 88 (1): 105-117.
- GARRICK, J. A. F. (1982). Sharks of the Genus Carcharhinus. *NOAA*; 4-173.
- GARRIDO-RAMOS, M. A., SORIGUER, M. C., DE LA HERRAN, R., JAMILENA, M., RUIZ REJÓN, C., DOMEZAIN, A., HERNANDO, J. A. y RUIZ REJÓN, M. 1997. Morphometric and genetic analysis as proof for the existence of two sturgeon species in the Guadalquivir River. *Marine Biology* 129; 33-39.
- GHEDOGHEDO. (2011). Acrophyseter deinodon. https://es.wikipedia.org/wiki/Acrophyseter#/media/File:Acrophyseter_deinodon.jpg
- GEISLER, J.H. y SANDERS, A.E. (2003). Morphological Evidence for the Phylogeny of Cetacea: *Journal of Mammalian Evolution*, 10; 23-129.
- GEISLER, J. H., MCGOWEN, M. R., YANG, G. y GATESY, J. (2011). A supermatrix analysis of genomic, morphological, and paleontological data from crown Cetacea: *BMC Evolutionary Biology*, 11; 112.
- GIL FERNÁNDEZ, J.. Dientes y otros restos de peces del Neógeno Onubense. *Revista Subsuelo. Grupo Andaluz de Mineralogía*. 8 pp.
- GINSBURG, L. y JANVIER, P. (1975). Les mammifères marins des fauns de la Touraine et de l'Anjou: faune, sisemas, et paleobiologie. *Bulletin de la Société d'Etudes Scientifiques de l'Anjou*. 9; 73-96.
- GIRONE, A. (2006). Piacenzian otolith assemblages from northern Italy (Rio Merli section, Emilia Romagna). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 45 (2-3); 159-170.
- GIRONE, A., NOLF, D. y CAPPETTA, H. (2006). Pleistocene fish otoliths from the Mediterranean Basin: a synthesis. *Geobios* 39; 651-671.
- GLIKMAN, L. (1964). *Akuly paleogena i ikh stratigraficheskoe znachenie Akademii Nauk Soyuzu Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik*, 1-228.
- GODSIL, H. C. (1954). A descriptive study of certain tuna-like fishes. California, Dept. of Fish and Game. Series: Fish bulletin, 97; 185 pp.
- GODSIL, H. C. y HOLMBERG, E.K. (1950). A Comparison of the Bluefin Tunas, Genus Thunnus From New England, Australia and California. Series: Fish Bulletin No. 77; 55 pp.
- GONDAR, D. (1966). Cetacea. En: Borrello AV (ed). *Paleontografía Bonaerense*, Fascículo 4: 139-145 Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (1983). *Estudio de los Gasterópodos del Plioceno de Huelva*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 474 pp.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (1984). *Estudio de los Gasterópodos del Plioceno de Huelva*. Ediciones Universidad de Salamanca, 33 pp.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (1985). Estudio sistemático de los gasterópodos del Plioceno de Huelva (SW de España). I: *Archaeogastropoda. Stvdia Geologica Salmanticensia*, 20; 45-77.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (1986). Estudio sistemático de los gasterópodos del Plioceno de Huelva (SW de España). II: *Mesogastropoda (Rissoacea, Cerithiacea). Stvdia Geologica Salmanticensia*, 23; 61-120.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (1992). Estudio sistemático de los gasterópodos del Plioceno de Huelva (SW de España).V: *Neogastropoda (Volutacea, Connacea). Stvdia Geologica Salmanticensia*, 28; 7-69.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., ANDRÉS, I. y SIERRO, F. J. (1995). Late Neogene molluscan faunas from the Northeast Atlantic (Portugal, Spain, Morocco). *Geobios* 28; 459-471.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., CIVIS, J., DABRIO, C. J., GOY, J. L., LEDESMA, S., PAIS, J., SIERRO, F. J. y ZAZO, C. (2004). Cuenca del Guadalquivir. En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, Madrid. 543-550.
- GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., SIERRO, F. J. y CIVIS, J. (1993). Cambios globales del nivel del mar y concentraciones de megafaunas marinas someras en el Neógeno del Oeste de la Península Ibérica. *IX Jornadas de Paleontología*, 33-36.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. (1986). *Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en las arenas fosilíferas del Plioceno de Huelva*. Tesis Doctoral, Univ. de Sevilla, 314 p.

- GONZÁLEZ-REGALADO M. L. (1987). *Asociaciones de foraminíferos bentónicos en el Plioceno de Huelva*. Universidad de Sevilla, 76 pp.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y RUIZ, F. (1990). Los ostrácodos del tramo inferior de la Formación "Arcillas de Gibrleón" (Gibrleón, provincia de Huelva, SW España): *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3; 23-31.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y RUIZ, F. (1991). Significado paleoecológico y bioestratigráfico de los ostrácodos del Neógeno Superior de la sección de Huelva. *Revista Española de Paleontología* 6; 107-116.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y RUIZ, F. (1996). Les foraminifères benthiques de la baie du Sud-Ouest de l'Espagne pendant le Néogène Supérieur: le Mio-Pliocène de Huelva. *Revue de Paléobiologie* 15; 109-120.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y TOSQUELLA ANGRILL, J. (2008). Los Niveles de Moluscos Fósiles de los "Cabezos": Formación Arenas de Huelva. En: *Geología de Huelva*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. Huelva, 136-137.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M., RUIZ, F., ABAD, M., CIVIS, J., GONZÁLEZ DELGADO, J., MUÑOZ, J., GARCÍA, E., PENDÓN, J. y TOSCANO, A. (2009). Impact of storms on Pliocene benthic foraminiferal assemblages of southwestern Spain. *Ameghiniana* 46 (2); 345-360.
- GONZALO Y TARÍN, J. (1878). Reseña geológica de la provincia de Huelva. *Boletín y Comunicaciones del Mapa Geológico de España*, 138 pp.
- GOTTFRIED, M. D., COMPAGNO, L. J. V. y BOWMAN, S. C. (1996). Size and Skeletal anatomy of the Giant Megatooth Shark *Carcharodon megalodon*. En: *Great White Sharks. The biology of Carcharodon carcharia* (A. P. Klimley, D. Ainley, Eds.), 55-66.
- GRAY, J.E. (1821). On the natural arrangement of vertebrate animals: The London medical repository, 15 (1); 296-310.
- GRAY, J. E. (1825). An Outline of an Attempt at the Disposition of Mammalia into Tribes and Families, with List of the Genera Apparently Appertaining to Each Tribe. *Annals of Philosophy*, 26; 337-344.
- GRAY, J.E. (1869). The Sea Elephant (*Morunga proboscidea*) at the Falkland Islands. *The Annals and Magazine of Natural History*, 4; 13-400.
- GRAY, M. (2004). *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, John Wiley & Sons, 434 pp.
- HAMPE, O. (2006). Middle/late Miocene hoplocetina sperm whale remains (Odontoceti: Physteridae) of North Germany with an emended classification of the Hoplocetinae: *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin*, 9; 61-86.
- HANDBOOK OF THE BIRDS OF THE WORLD: <http://www.hbw.com/>
- HASEGAWA, Y., HIRAYAMA, R., KIMURA, T., TAKAKUWA, Y., y NAKAJIMA, H. (2005). Skeletal restoration of fossil sea turtle, *Syllomus*, from the Middle Miocene Haratajino Formation, Tomioka Group, Gunma Prefecture, Central Japan. *Bull. of the Gunma Museum of Natural History* 9; 29-64.
- HAY, O.P. (1908). The fossil turtles of North America. *Carnegie Institution of Washington*, 75. 806 pp.
- HEBRANK, J.H., HEBRANK, M.R., LONG JR. J.H., BLOCK, B.A., WRIGHT S.A. (1990). Backbone Mechanics of the Blue Marlin *Makaira nigricans* (Pisces, Istiophoridae). *The Journal of Experimental Biology*, 148: 449-459.
- HENDEY, Q. B. (1972). The evolution and dispersal of the Monachinae (Mammalia, Pinnipedia). *Annals of the South African Museum*, 59 (5); 99-113.
- HENDEY, Q. B. (1974). The Late Cenozoic carnivora 308 of the South-Western Cape Province. *Annals of the South African Museum*, 63; 1-369.
- HENDEY, Q. B. (1976). The Pliocene fossil occurrences in "E" quarry, Langebaanweg. South Africa. *Annals of the South African Museum*, 59; 99-113.
- HENDEY, Q. B. y REPENNING, C.A. (1972). A Pliocene Phocid from South Africa. *Annals of the South African Museum*, 59 (4); 71-98.
- HERMAN, J. (1975). Quelques restes de selaciens recoltés dans les Sables du Kattendijk a Kallo. *Bulletin de la Societe Belge de Geologie* 83; 15-31.

- HERMAN, J., HOVESTADT-EULER, M., HOVESTADT, D.C. (1989). Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodorulites in living superspecific taxa of Chondrichthyan fishes. Part A: Selachii. No. 3: Order: Squaliformes - Families: Echinorhinidae, Oxynotidae and Squalidae. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie*, 59: 101-158.
- HIROTA, K. y BARNES, L. G. (1995). A new species of Middle Miocene sperm whale of the genus *Scaldicetus* (Cetacea; Physeteridae) from Shiga-mura, Japan: *The Island Arc* 3; 453-472.
- HOEDEMAEKERS, K. y BATLLORI, J. (2005). Fish otoliths from the Early and Middle Miocene of the Penedès (Cataluña, Spain). *Batalleria*, 12; 105-134.
- HOWARD, L. D. (1975). Muscular Anatomy of the Hind Limb of the Sea Otter (*Enhydra lutris*). *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 40 (12); 335-416.
- HSÜ, K. J. (1973). The desiccated deep-basin model for the Messinian events. En: *Messinian events in the Mediterranean* (Drooger, C. W., Ed.), North-Holland Publ. Amsterdam, 60-67.
- HSÜ, K. J. (1977). History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature* 267; 399-403.
- HULLEY, P. A. (1990). Myctophidae. In: *Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic*. En: CLOFETA I (Quero, J.C., Hureau, J. C., Karrer, C., Post, A., Saldanha, L. Eds.). JNICT (Lisboa), SEI (París) y UNESCO (París). Vol. 1; 398-467.
- ICHISIMA, H., SATO, E. SAGAYAMA, T. y KIMURA, M. (2006). "The oldest record of Eschrichtiidae (Cetacea: Mysticeti) from the late Pliocene, Hokkaido, Japan". *Journal of Paleontology*, 8 (2); 367-379.
- ICTIOTERM: Base de datos terminológicos y de identificación de especies pesqueras de las costas de Andalucía. <http://www.ictioterm.es/>
- INIESTA SANMARTÍN, A. y ROMERO SÁNCHEZ, G. (2000). La protección del Patrimonio Paleontológico en la región de Murcia (España). *Actas I Congreso Ibérico de Paleontología y XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Évora (Portugal), 174-175.
- JAEKEL, O. (1890). Über die systematische Stellung und über fossile Reste der Gattung *Pristiophorus*. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 42; 86-120.
- JIMÉNEZ FUENTES, E. (1985). *Quelonios fósiles de Astaraciense de Paracuellos del Jarama y de Henares I (Madrid)*. En: *Geología y Paleontología del Terciario Continental de la Provincia de Madrid* (M.T. Alberdi, ed.). Museo Nac.Ci.Nat. Madrid. VIII; 17-27.
- JIMÉNEZ FUENTES, E. (2003). Quelonios fósiles de la Cuenca del Duero. En: *Los Vertebrados fósiles en la historia de la vida. Excavación, estudio y patrimonio* (E. Jiménez Fuentes, y J. Civis, ed.). Ed. Univ. Salamanca, pp. 177-195, 7 figs.
- JIMÉNEZ FUENTES, E. Y MARTÍN DE JESÚS, S. (1991). Ejemplares-tipo de quelonios fósiles españoles. *Revista Española de Paleontología*, 6 (1); 98-106.
- JONASSON, C., GORDON, J. E., KOCIÁNOVÁ, M., JOSEFSSON, M., DVOŘÁK, I. J. y THOMPSON, D. B. A. (2005). Links between geodiversity and biodiversity in European mountains: case studies from Sweden, Scotland and The Czech Republic. En: *Mountains of Northern Europe: Conservation, Management, People and Nature* (Thompson, D. B. A, Price, M. F. y Galbraith, C.A. Eds.). Edimburgh, TSO Scotland, 57-70.
- JONET, S. (1975). Notes d'ichthyologie miocene portugaise. Parte VI : Les Sparidae. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 19 (3):135-174.
- JONET, S. (1978). Notes d'ichthyologie : miocène portugaise Parte VIII : Quelques Téléostéens nouveaux ou peu connus. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 21: 1-13.
- JONET, S. (1978). Le Tortonien supérieur (TVII-b) des environs de fonte de Telha (Península de Setubal) et ses faunes. *Communicacoes dos Servicos Geológicos de Portugal* 63; 13-51.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2002). *Propuesta de Estrategia Andaluza para la Conservación de la Geodiversidad*. Informe del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada para la Consejería de Medio Ambiente, 75 pp.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2007). *LEY 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía*.

- KEIL, A. y VON NOLTING, H. (1969/1988). On the odontology of certain marine Odontoceti and their dentine and enamel structures: Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences, 5367, 47 p. Traducción al inglés en 1988 de la obra en alemán de 1969. Título original: Zur odontologie einiger mariner Odontoceten und deren dentin und schmelzstrukturen: Zoologische Beitrage 15 (1); 1-31.
- KELLOGG, R. (1927). Study of the skull of a fossil sperm-whale from the Temblor Miocene of Southern California. *Contributions to Palaeontology from the Carnegie Institution of Washington*, 3-24.
- KELLOGG, A. R. (1965). Fossil marine mammals from the Miocene Calvert Formation of Maryland and Virginia. Part 2. The Miocene Calvert sperm whale *Orycterocetus*. United States National Museum Bulletin 247; 47-63.
- KENT, B. W. (1994). *Fossil Sharks of the Chesapeake Bay Region*. Egan Rees and Boyer, Inc. Columbia. 146 pp.
- KEYES, I. W. (1982). The Cenozoic sawshark *Pristiophorus lanceolatus* (Davis) (Order Selachii) of the New Zealand and Australia, with a review of the phylogeny and distribution of world fossil and extant Pristiophoridae. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 25; 459-474.
- KIMURA, T., HASEGAWA, Y. y BARNES, L. G. (2006). Fossil sperm whales (Cetacea, Physteridae) from Gunma and Ibaraki prefectures, Japan; with observations on the Miocene fossil sperm whale *Scaldicetus shigenis* Hirota and Barnes, 1995: Bulletin Gunma Musseun Natural History, 10; 1-23.
- KING, J. E. (1956). The Monk seals (genus *Monachus*). *Bulletin of Zoology, London: British Museum (Natural History)*, 3 (5); 201-256.
- KIRALY, S. J., MOORE J. A. y JASINSKI. P. H. (2003). Deepwater and other sharks of the U.S. Atlantic Ocean Exclusive Economic Zone. *Mar. Fish. Rev.* 65 (4); 1-64.
- KOLODNY, Y. y LUZ, B. (1991). Oxygen isotopes in phosphates of fossil fish - Devonian to Recent. En: Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein, *The Geochemical Society, Special Publication No. 3* (H.P. Taylor, Jr. J. R. O'Neil and I.R. Kaplan, Eds.), 105-119.
- KOLODNY, Y., LUZ, B. y NAVON, O. (1983). Oxygen isotope variations in phosphate of biogenic apatites. I. Fish bone apatite - rechecking the rules of the game. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 64; 398-404.
- KORETSKY, I. A. (2001). Morphology and Systematics of Miocene Phocinae (Mammalia: Carnivora) from Paratethys and the North Atlantic Region. *Geologica Hungarica*, 54; 109.
- KORETSKY, I. A. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. In M. Kowalewski and P. Kelley, Eds. *The fossil record of predation. The Paleontological Society* 8. pp. 3-42.
- KORETSKY, I. A. (2003). New Finds of Sarmatian Seals (Mammalia:Carnivora:Phocinae) from Southern Hungary. In: A. Petculescu and E. Ştiucă, (eds.), *Advances in Vertebrate Paleontology. Tribute to Constantin Radulescu and Petre Samson*, 63-70.
- KORETSKY, I. A. y BARNES, L. G. (2007). Pinniped Evolutionary History and Paleogeography. In: Z. Csiki (ed.), *Mesozoic and Cenozoic Vertebrates and Paleoenvironments. Tribute to the Career of Professor Dan Grigorescu*, 143-153.
- KORETSKY, I. A. y BARNES, L. G. (2008). Phocidae. In C.M. Janis, G.F Gunnell and M.D. Uhen, Eds. *Evolution of Tertiary Mammals of North America*. Vol. 2: Small Mammals, Xenarthrans, 333 and Marine Mammals. NewYork: Cambridge University Press, 542-556.
- KORETSKY, I. A. y GRIGORESCU, D. (2002). The fossil monk seal *Pontophoca sarmatica* (Aleksiev) (Mammalia:Phocidae: Monachinae) from the Miocene of Eastern Europe. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 93; 149-162.
- KORETSKY, I. A. y HOLEC, P. (2002). A primitive Seal (Mammalia: Phocidae) from the Early Middle Miocene of Central Paratethys. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 93; 163-178.
- KORETSKY, I. A. y NOUD, P. (2009). *Batavipusa* (Carnivora, Phocidae, Phocinae): a new genus from the Eastern Shore of the North Atlantic Ocean (Miocene seals of the Netherlands, part II) . *DEINSEA*, 12 - Annual of the Natural History Museum Rotterdam, 53-62.
- KORETSKY, I. A. y PETERS, N. (2008). *Batavipusa* (Carnivora, Phocidae, Phocinae): a

- new genus from the eastern shore of the North Atlantic Ocean (Miocene seals of the Netherlands, part II). *DEINSEA*, 12 - *Annual of the Natural History Museum Rotterdam*, 53-62.
- KORETSKY, I. A. y RAY, C. E. (2008). Phocidae of the Pliocene of Eastern USA. In: C.E. Ray, D. Bohaska, I. A. Koretsky, L. W. Ward, and L. G. Barnes (eds.), *Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, IV. Virginia Museum of Natural History, Special Publication*, 15; 81-14.
- KORETSKY, I. A., RAY, C. E., y NOUD, P. (2012). Miocene seals of the Netherlands, Part I: A New Species of *Leptophoca* (Carnivora, Phocidae, Phocinae) from Both Sides of the North Atlantic Ocean. *Tribute to the career of Professor Ch. Repenning, DEINSEA* 15; 1-12. *Annual of the Natural History Museum Rotterdam*.
- KOWALEWSKI, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. In: M. Kowalewski and P. Kelley (eds.). *The fossil record of predation. The Paleontological Society* 8; 3-42.
- LABS-HOCHSTEIN, J. y B. J. MACFADDEN. (2006). Quantification of diagenesis in Cenozoic sharks: elemental and mineralogical changes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70; 4921-4932.
- LAMBERT, O. (2005). Phylogenetic affinities of the long-snouted dolphin *Eurhinodelphis* (Cetacea, Odontoceti) from the Miocene of Antwerp, Belgium: *Palaeontology*, 48; 653-679.
- LAMBERT, O. (2008). Sperm whales from the Miocene of the North Sea: a re-appraisal. *En: Steurbaut, E., Jagt, J.W.M., Jagtyazykova, E.A. (Editors), Annie V. Dhondt Memorial Volume. Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 78; 277-316.
- LAMBERT, O. (2011). New discoveries of fossil toothed whales from Peru: our changing perspective of beaked whale and sperm whale evolution, *en Bisconti M., Roselli A., Borzatti de Loewenstern, A. (eds.), Climatic change, Biodiversity, Evolution: Natural History Museum and Scientific Research, Proceedings of the meeting: Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno*, 23; 13-27.
- LAMBERT, O., BIANUCCI, G. y MUIZON, C. (2008). A new stem-sperm whale (Cetacea, Odontoceti, Physeteroidea) from the Latest Miocene of Peru: *Comptes Rendus Palevol*, 7 (6); 361-369.
- LAMBERT, O., BIANUCCI, G., POST, K., MUIZON, C., SALAS-GISMONDI, R., URBINA, M. y REUMER, J. (2010). The giant bite of a new raptorial sperm whale from the Miocene epoch of Peru: *Nature*, 466; 105-108.
- LANCKNEUS, J. y NOLF, D. (1979). Les otolithes des Téléostéens redoniens de Bretagne (Néogène de l'Ouest de la France). *Bulletin de l'Institut Géologique du Bassin d' Aquitaine*, 25; 83-109.
- LAST, P. R. y STEVENS. J. D. (1994). *Sharks and rays of Australia*. CSIRO, 513 pp.
- LAURITO, C. A. (1996). Análisis preliminar de la ictiofauna de Alto Guayacán (Costa Rica) con base en los otolitos. Formación Uscari (Mioceno superior-Plioceno inferior). *Revista Geológica de América Central*, 19/20; 93-109.
- LAURITO, C. A. (1999). *Los seláceos fósiles de la localidad de Alto Guayacán (y otros ictiolitos asociados) Mioceno superior-Plioceno inferior de la Formación Uscari, Provincia de Limón, Costa Rica*. Diseño y edición, Texto Comunicación S. A. San José, Costa Rica, 125 pp.
- LAURITO, C.A., CALVO, C., VALERIO, A.L. CALVO, A., CHACÓN, R. (2014). Ictiofauna del Mioceno inferior de la localidad de Pacuare de Tres Equis, Formación Río Banano, Provincia de Cartago, Costa Rica, y descripción de un nuevo género y una nueva especie de Scaridae. *Revista Geológica de América Central*, 50, 153-192.
- LÉCUYER, C., GRANDJEAN, P., O' NEIL, J.R., CAPPETTA, H. y MARTINEAU, F., (1993). Thermal excursions in the ocean at Cretaceous-Tertiary boundary (northern Morocco): $\delta^{18}\text{O}$ record of phosphatic fish debris. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 105; 235-243.
- LEIDY, J. (1853). Observations on extinct Cetacea. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences* 6; 377-378.
- LEIDY, J. (1856). Notice of remains of extinct vertebrated animals discovered by Professor E. Emmons. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 8; 255-257.
- LEÑERO BOHÓRQUEZ, R. (2010). *El patrimonio paleobiológico: contexto legal. Situación actual*

- en el ámbito nacional y autonómico*. Material docente del Máster en Patrimonio Histórico y Natural de la Universidad de Huelva.
- LEÑERO BOHÓRQUEZ, R., RUIZ MUÑOZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO MONTERO, M. L. y ABAD, M. (2006). Derecho y Patrimonio Paleontológico (I): Patrimonio Histórico vs Patrimonio Paleontológico. *Studia Geológica Salmanticensis*. 42; 113-126.
- LERICHE, M. (1926). Les Poissons Néogènes de la Belgique. *Institut Royal Des Sciences Naturelles de Belgique, Mémoire* 32; 397-398.
- LERICHE M (1957) Les poissons néogènes de la Bretagne, de l'Anjou et de la Touraine. *Mém. Soc. Géol. Fr.* 81, 36-61.
- LIN, C. H., GIRONE, A. y NOLF, D. (2015). Tortonian fish otoliths from turbiditic deposits in Northern Italy: Taxonomic and stratigraphic significance. *Geobios*, 48; 249-261.
- LINNAEUS, C. (1758). Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. *Tomus I. Laurentii Salvii, Holmiae (Stockholm)*, 1-823.
- LONG, D. J. (1991). Fossil cutlassfish (Perciformes: Trichiuridae) teeth from the La Meseta Formation (Eocene), Seymour Island, Antarctic Peninsula. *PaleoBios*, 13(51); 3-6.
- LÓPEZ, J. Y DE LA FUENTE, J.R. (2015). Presencia de *Labrodon multidentis*, Münster 1846, (Perciforme, Labridae) en el Messiniense-Plioceno del Alamillo De Mazarron, Murcia, Mediterraneo Occidental. *Boletín de Asociación Cultural Paleontológica Murciana*, 8, 52-57.
- LOUISY, P. (2006). Guía de identificación de los peces marinos de Europa y del Mediterráneo. Segunda edición, Omega, S.A. Barcelona, 458 pp.
- MACFADDEN, B. J., LABS-HOCHSTEIN, J., QUITMYER, I. y JONES, D. S. (2004). Incremental growth and diagenesis of skeletal parts of the lamnoid shark *Otodus obliquus* from the early Eocene (Ypresian) of Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 206 (3-4); 179-192.
- MAÑÉ, R., MAGRANS, J. I FERRER, E. 1995. Ictiología fósil del Plioceno del Baix Llobregat. 1. Teleostis. *Batalleria* 5, 19-27.
- Marinespecies.org : Rhechias Jordan, 1921 <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=156704>
- MARÍN FERRER, J.M. (1992a) "Paleoictiología de algunos yacimientos Neogénos de la Provincia de Alicante. (I)." En CIDARIS. *Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*. 1 (1), 4-26.
- MARÍN FERRER, J.M. (1992b) "Paleoictiología de algunos yacimientos Neogénos de la Provincia de Alicante. (II)." En CIDARIS. *Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*. 1 (1), 4-24.
- MARSILI, S. (2007). Revision of the teeth of the genus *Carcharhinus* (Elasmobranchii; Carcharhinidae) from the Pliocene of Tuscany, Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113 (1); 79-96.
- MARSILI, S. (2008). Systematic, paleoecologic and paleobiogeographic analysis of the Plio-Pleistocene Mediterranean elasmobranch fauna. *Atti Societa Toscana Scienze Naturali, Serie A* 113; 81-88.
- MARTIN, A. F. (1996). Systematics of the Lamnidae and origination time of *Carcharodon carcharias* inferred from the comparative analysis of mitochondrial DNA sequences. En: *Sharks: the Biology of Carcharodon carcharias - Great White* (Kimley, A., Ainley, D. Eds.). San Diego, California: Academic Press. 49-53.
- MARTÍN, J. M., BRAGA, J. C., AGUIRRE, J., PUGA-BERNABÉU, A. (2009). History and evolution of the North-Betic Strait (Prebetic Zone, Betic Cordillera): A narrow, early Tortonian, tidal-dominated, Atlantic-Mediterranean marine passage: Sedimentary Geology, 216 (3-4); 80-90.
- MAS, G. (2000). Ictiofauna del Pliocè mitjà-superior de la conca sedimentaria de Palma (Illes Balears, Mediterrania Occidental). Implicacions paleoambientals. *Boll. Soco Hist. Nat. Balears* 43; 39-61.
- MAS, G. (2004). Comunicació preliminar sobre la freqüència de grans Cetacis (Mammalia) al Pliocè mitjà - superior de la conca sedimentària de Palma (Illes Balears). Implicacions paleoambientals, en IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums, Pons, G.X. (ed.), Societat d'Història Natural de les Balears, 63-67.
- MAS, G. y FIOL, G. (2002). Ictiofauna del Messinià de la plataforma sedimentaria de Lluçmajor

- (Illes Balears, Mediterrillia occidental). Aspectes paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 45; 105-116.
- MAYORAL, E. (1986). *Tafonomía y Paleoecología del Plioceno de Huelva-Bonares*. Tesis Doctoral, Univ. de Sevilla, 599 pp.
- MAYORAL, E. (1986a). *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. (1986b). *Gyrolithes vidali* nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el sector Suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (área de Palos de la Frontera, Huelva, España). *Estudios Geológicos*, 42; 211-223.
- MAYORAL, E., (1986c). Icnofacies de Skolitos y Cruziana en el Neógeno superior (Plioceno marino) del sector Huelva-Bonares (Valle del Río Guadalquivir, España). *Revista de la Sociedad Española de Paleontología*, 1; 13-28.
- MAYORAL, E. (1989). Dinámica sedimentaria y concentraciones fósiles: implicaciones en la realimentación tafonómica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 2; 31-40.
- MAYORAL, E. (1995). El Desarrollo Ecoturístico y el Patrimonio Geológico. *Economía Social Andaluza* 8; 16.
- MAYORAL, E. y ABAD, M. (2008). La geología de la Cuenca del Guadalquivir, en Alonso-Chaves, F. M., Barba-Brioso, J., (eds.) *Geología de Huelva: lugares de interés geológico*: Universidad de Huelva, Servicios de Publicaciones, 20-27. ISBN: 978-84-96826-98-4.
- MAYORAL, E. y MUÑIZ, F. (1994). Presencia de un nuevo cefalópodo sepioideo en el Neógeno superior de la Cuenca el Guadalquivir (Lepe, Huelva, España). *Coloquios de Paleontología* 46.
- MAYORAL, E. y OÑATE, F. (1997). Valoración del Patrimonio Geológico en los Planes de Ordenación de los recursos Naturales en los Parques Naturales de la Comunidad Autónoma de Andalucía. *Zubia* 15; 107-112.
- MAYORAL, E. y PENDÓN J.G. (1986-1987). Icnofacies y sedimentación en zona costera, Plioceno superior?, litoral de Huelva. *Acta Geologica Hispanica* 21-22; 507- 514.
- MAYORAL, E., MUÑIZ, F., OÑATE, F., ARANBARRI, P. y MIRAS, A. (1996). Patrimonio Geológico y Ecoturismo. *Geogaceta* 19; 198-199.
- MAYORAL E., SANTOS, A., MARQUES DA SILVA C. y CACHÃO, M. (2009). Lepe, Los Barrancos. *Geología Por Satélite (GPS). Itinerarios de descubierta paleontológica*. 1-6.
- MAYR, G. (2011). The phylogeny of charadriiform birds (shorebirds and allies) – reassessing the conflict between morphology and molecules. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 161; 916-934.
- MCHEDLIDZE, G. A. (1988). Fossil Cetacea of the Caucasus (Translation of Iskopaemye Kitoobraznye Kavkaza, 1964). A.A. Balkema, Rotterdam, *Russian Translation Series* 68; 124pp.
- MELÉNDEZ, B. 1999. El Patrimonio Paleontológico Mueble en España: Panorámica de Algunos Problemas Fundamentales. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26, Madrid.
- MELÉNDEZ, G. y MOLINA, A. (2001). El patrimonio paleontológico en España: una aproximación somera. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (9,2); 160-172.
- MELÉNDEZ, G., BELLO, J., DELVENE, G., PÉREZ-URRESTI, I., RAMAJO, J. y SORIA, M. (2004). El patrimonio paleontológico de Teruel: yacimientos de invertebrados jurásicos de Sierra de Arcos. *Geogaceta* 36; 183-186.
- MELÉNDEZ, G., SORIA, M. y MARTÍNEZ-DELCLÒS, X. (1999). La Comisión de Patrimonio de la Sociedad Española de Paleontología (SEP): antecedentes, constitución y objetivos. *Coloquios de Paleontología* 50; 23-36.
- MELÉNDEZ, G., SORIA-LLOP, C. y SORIA VERDE, M. (2001). La conservación del Patrimonio paleontológico en España: El papel de la Administración y de los paleontólogos. *Revista Española de Paleontología*, N° Extraordinario, XIV Jornadas de Paleontología, 85-98.
- MENDIOLA, C. y LÓPEZ. (2005). La ictiofauna fósil (Chondrichthyes, Euselachii) del Serravaliense de Alicante (Sureste de España). *Revista de la Societat Paleontològica d'Elx, secció Paleontològica*, 14; 59 pp.

- MENESINI E (1968) Ittiodontoliti miocenici di Terra d'Otranto. *Palaeont. Ital.*, 65, 61 (1-7).
- MERCADAL, B., PILLERI, G. y CASINOS, A. (1985). A tooth of *Scaldicetus grandis* (Du Bus, 1872) (Physeteridae) from Aire Island (Menorca, Spain): Investigations on Cetacea 17; 31-34.
- MILLER, P. J. (1973). Gobiidae. En: Check-list of the fishes of the north- eastern Atlantic and of the Mediterranean (CLOFMAN I) (Hureau J.C., Monod, Th., Eds.) UNESCO, Paris, Vol. 1; 483-515.
- MILLER, P. J. (1990). Gobiidae. En: Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA II) (Quero, J.C., Hureau, J.C., Karrer, C., Post, A., Saldanha, L., Eds.) JNICT, Lisboa, SEI, Paris, y UNESCO, Vol. 2; 925-951.
- MILLER M. E., CHRISTENSEN, G. C., y EVANS, H. E. (1964). Anatomy of the Dog. W.B.Saunders Company, Philadelphia, London, 941 pp.
- MONSCH, K.A. (2000). The phylogeny of the Scombroid fishes. Doctoral Thesis, University of Bristol. Vol 1 281 pp y Vol 2, 155 pp.
- MOODY, R. T. J. (1997). The Paleogeography of Marine and Coastal Turtles of the North Atlantic and Trans-Saharan Regions, En: *Ancient Marine Reptiles* (J.M. Callaway, y E.L. Nicholls, eds.) Academic Press, 259-277.
- MORA NEGRO y DE GARROCHO, J. A. (1762). *Huelva ilustrada, breve historia de la Antigua, y Noble Villa de Huelva*. Imprenta del Dr. Don Gerónimo de Castilla, Impresor mayor de dicha Ciudad de Sevilla.
- MORALES ROMERO, J., AZNAZA ASENSIO, B. y GÓMEZ RUIZ, E. (1999). El Patrimonio Paleontológico Español. *Coloquios de Paleontología* 50; 53-62.
- MORENO, J. (1995). *Guía de los Tiburones de aguas ibéricas, Atlántico Nororiental y Mediterraneo*. Pirámide, Ed. Madrid, 307 pp.
- MORGAN, G.S. (1994). Miocene and Pliocene marine mammal faunas from the Bone Valley Formation of central Florida, en Berta, A., Demere, T.A. (eds.), Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore Jr.: San Diego, *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*, 29; 239-268.
- MORA MOROTE, P. (1996). Peces teleósteos en el Plioceno de Guardamar del Segura (Alicante). En CIDARIS. *Revista Illicitana de Paleontología y Mineralogía*. 5 (9), 34-54.
- MUIZON DE, C. (1981a). Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Première partie. Deux nouveaux Monachinae (Phocidae, Mammalia) du Pliocène du Sud-Sacaco. *Institut Français d'Études Andines*, 6; 1-150.
- MUIZON DE, C. (1981b). Premier signalement de Monachinae (Phocidae: Mammalia) dans le Sahélien (Miocène Supérieure) d'Oran (Algérie). *Palaeovertebrata*, 11 (5) ; 181-194.
- MUIZON DE, C. (1981c). Le grand voyage des Phoques. *La Recherche*, Paris, 12; 750-752.
- MUIZON DE, C. (1981d). Une interpretation fonctionnelle et phylogénétique de l'inserion du psoas major chez les Phocidae. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. Paris, t. 292, Série III ; 687-862.
- MUIZON DE, C. (1982a). Phocid phylogeny and dispersal. *Annals of the South African Museum*, 89 (2); 175-213.
- MUIZON DE, C. (1982b). Les relations phylogenetiques des Lutrinae (Mustelidae, Mammalia). *Geobios, memoire special*, 6 ; 259-272.
- MUIZON DE, C. (1982c). Dispersion des Monachinae (Phocidae, Mammalia) dans L'Hemisphère Sud. *9-eme Réunion Annuelle Sciences de la Terre*, Paris. *Societe Geologique de France*, 463.
- MUIZON DE, C. (1991). A new Ziphiidae from the early Miocene of Washington State (USA) and phylogenetic analysis of the major groups of odontocetes: Bulletin du Muséum National d' Histoire Naturelle, Paris, 4 (12); 279-326.
- MUIZON DE, C. (1992). Paläontologie. In: R. Duguy and D. Robineau, Band (eds.). *Handbuch der Säugetiere Europas* 6: Meeressäuger. Teil II ; 34 -41.
- MUIZON DE, C. y BOND, M. (1982). Le Phocidae (Mammalia) Miocène de la formation Parana (Entre Rios, Argentine). *Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle*, (4-e serie, section C), 4 (3-4) ;165-207.

- MUIZON DE, C. y HENDEY Q. B. (1980). Late Tertiary seals of the South Atlantic Ocean. *Annals of the South African Museum*, 2; 91-128.
- MUIZON DE, C. y DE VRIES, T. J. (1985). Geology and Paleontology of the late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Sonderdruck aus Geologisch Rundschau*, 74; 547-563.
- MUÑIZ, F. (1998). *Paleoicnología del Neógeno superior en el sector suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir, Área de Lepe-Ayamonte (Huelva)*. Tesis Doctoral (inédita), Universidad de Huelva, 272 pp.
- MUÑIZ, F. (2009). Patrimonio Paleontológico de Lepe: La Aventura de la Fossilización. En: *El lugar heredado*. Coord. por Díaz Zamorano, M.A., Otero Prieto, J., Eds. Universidad de Huelva, 145-152.
- MUÑIZ, F. y MAYORAL, E. (2001). El icnogénero Spongeliomorpha en el Neógeno Superior de la Cuenca del Guadalquivir (Área de Lepe-Ayamonte, Huelva, España). *Revista Española de Paleontología* 16; 1.
- MUÑIZ, F., DE HARO, J., CASTILLA, E., LÓPEZ M. A., QUINTERO, M^a C., MARTÍN, M., JESÚS, P., MARTOS, C. Y TOSCANO, A. (2006). Intervenciones paleontológicas sobre restos de cetáceos misticetos del Plioceno de la provincia de Huelva, S-O de España. *Anuario Arqueológico de Andalucía*. Ed. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Tomo I; 89-112.
- MUÑIZ, F., MARTÍN, M., MAYORAL, E. y MÉNDEZ, P. (2002). Difusión del patrimonio cultural: El Proyecto Centro de Interpretación Paleontológica de Lepe. *Comunicaciones VII Jornadas Andaluzas de Patrimonio Histórico*. Bloque: Territorio y Patrimonio Histórico. II. Proyectos y Actuaciones en Huelva, 51.
- MUÑIZ, F., MARTÍN, M., MAYORAL, E., y MÉNDEZ, P. (2004). Difusión del Patrimonio cultural: el proyecto: Centro de Interpretación Paleontológica de Lepe. En: AA.VV.: *Actas de las VII Jornadas Andaluzas de Difusión del Patrimonio Histórico (Huelva, 2002)*. VII Jornadas Andaluzas de Difusión del Patrimonio Histórico, Huelva. 435 - 442.
- MUÑIZ F., MAYORAL, E., BARRÓN, E. y CACHÃO, M. (1999). Nuevos datos sobre macroflora del Plioceno en el Suroeste de la Península Ibérica (Lepe, Huelva, España). *Geogaceta*, nº 25; 143-146.
- MUÑIZ, F., MAYORAL, E., CÁCERES, L. M. y CACHAO, M. (2001a). Correlación entre las unidades litoestratigráficas del Neógeno superior en el sector suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir. *Geogaceta*, Vol. 30.
- MUÑIZ, F., MAYORAL, E., CÁCERES, L. M. y CACHAO, M. (2001b). Nuevos datos bio-cronoestratigráficos para el sector suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (área de Lepe-Ayamonte, Huelva, España). *Geogaceta*, Vol. 30.
- MUÑIZ, F., MAYORAL, E., SANTOS, A., MARTÍN, M. y BERNÁLDEZ, E. (2004). El patrimonio paleobiológico en la provincia de Huelva: pasado, presente y futuro. En: AA.VV.: *VII Jornadas Andaluzas de Difusión del Patrimonio Histórico*, Huelva. 385 - 398.
- MUÑIZ, F., TOSCANO, A., BROMLEY, R. G., ESPERANTE, R. (2009). Excepcional caso de interacción trófica entre tiburones hexanchiformes y una ballena Balaenoptera en el Plioceno inferior de Huelva (SO de España). En: *Libro de Actas de las XXV Jornadas de la Sociedad española de Paleontología*, Ronda (Málaga), (Eds. Palmquist P., Pérez-Claros J. A.), 242-244.
- MUÑIZ, F., TOSCANO, A., SÁNCHEZ, A., ESPERANTE, R. y KORESTKY, I. (2008). Bioerosión producida por necrófagos marinos en restos óseos del Plioceno Inferior de Huelva (SO España). En: *Libro de Actas XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 47-48.
- MUÑOZ CHÁPULI, R. (2000) Los primeros vertebrados. *Encuentros en la Biología*, Nº. 60.
- NAKAMURA, I. (1985). FAO species catalogue. Vol.5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish.Synop., (125) Vol. 5; 65.
- NIELSEN, J. (1973a). Ophidiidae. En: *Check-list of the fishes of the northeastern Atlantic and of the Mediterranean* (CLOFMAN I) (Hureau J.C., Monod, Th., Eds.) UNESCO, Paris, Vol. 1; 553-554.
- NMITA: Neogene marine biota of tropical America. <http://fossils.its.uiowa.edu/database/teleost/otoliths.htm>
- NOLF, D. (1978). Les otolithes de téléostéens du Plio-Pleistocène belge. *Géobios*, 11 ; 517-559.

- NOLF, D. (1985). Otolithi Piscium. En: *Handbook of Paleoichthyology*, 10 (H. P. Schultze, Ed). Fischer, Stuttgart et New York, 145 pp.
- NOLF, D. (1988b). Fossiles de Belgique dents de requins et raies du tertiaire de la Belgique. *Edition de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 184 pp.
- NOLF, D. y BRZOBOHATY, R. (2002). Otolithes de poissons du Paléocanyon de Saubrigues (Chattien à Langhien), Aquitaine méridionale, France. *Révue de Micropaléontologie*, 45, 261-296.
- NOLF, D. y BRZOBOHATY, R. (2004). Otolithes de poissons du Miocène inférieur piémontais. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 25; 68-118.
- NOLF, D. y CAPETTITA, H. (1988). Otolithes de poissons du Sud-Est de la France. *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belgique*, 58; 209-271.
- NOLF, D. y CAVALLO, O. (1994). Otolithes de poissons du Pleistocène Inférieur de Monticello d'Alba (Piemont, Italie). *Rivista Piemontese di Storia naturale*, 15; 11-40.
- NOLF, D. y GIRONE, A. (2000). Otolithes de poissons du Pleistocène inférieur (Santernien) de Morrona (sud est de Pisa). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 20; 3-18.
- NOLF, D.; MAÑÉ, R. Y LÓPEZ, A. (1998). Otolithes de poissons du Pliocène Inférieur de Papiol, près de Barcelone. *Paleovertebrata*, 27, 1-17.
- NOLF, D. y MARQUES DA SILVA, C. (1997). Otolithes de poissons pliocènes (Plaisancien) de Vale de Freixo, Portugal. *Revue de Micropaléontologie*, 40; 273-282.
- NOLF, D. y MARTINELL, J. (1980). Otolithes de Téléostéens du Pliocène des environs de Figueras (Catalogne). *Geologia et Paleontologica*, 14 ; 209-234.
- NOLF, D. y STEURBAUT, E. (1983). Révision des otolithes de téléostéens du Tortonien Stratotypique et de Montegibbio (Miocène supérieur d'Italie septentrionale). *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 20 (4); 143-197.
- NOLF, D. y STEURBAUT, E. (2002). Compléments à l'étude des otolithes de poissons rupéliens d'Aquitaine méridionale (sud ouest de la France). *Revue de Micropaléontologie*, 45; 297-312.
- NOLF, D. y STRINGER, G.L. (1992). Neogene paleontology in the northern Dominican Republic 14. Otoliths of Teleostean fishes. *Bulletins of American Paleontology*, 102; 41-81.
- NOLF, D. ,MAÑÉ, R. y LOPEZ, A. (1998): Otolithes de poissons du Pliocène Inférieur de Papiol, près de Barcelone. *Paleovertebrata*, 27; 1-17.
- OCAÑA MEMÍN, A. Paleoiictiología del mioceno de Córdoba (Tiburones y rayas). *Revista de la Asociación Cordobesa de Mineralogía y Paleontología (ACMIPA)*.
- ODIN, G. S. y MATTER, A. (1981). De glauconiarum origine. *Sedimentology* 28; 611-641.
- OLIVER, P. (1981). Sobre la aparición de algunos peces raros en las Islas Baleares. *Bol. Inst. Espa. Oceano*. VI (304); 60-64.
- OSTEOBASE: TERCERIE, S., BEAREZ, P., PRUVOST, P., BAILLY, N. & VIGNES-LEBBE, R. 2015. Osteobase. WWW electronic publication. osteobase.mnhn.fr, version january 2015. <http://osteobase.mnhn.fr/region.php?lang=en&idTaxon=25>
- PAIS, J., LEGOINHA, P. y ESTEVENS, M. (2008). Património paleontológico do Concelho de Almada. En: *A Terra - Conflitos e Ordem: homenagem ao Prof. António Ferreira Soares, Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra* (Edts Callapez, P., Rocha, R. B., Marques, J. F., Cunha, L. S., Dinis, P. M.), 43-158.
- PALEOBIOLOGY DATABASE, 2012, Scaldicetus (en línea): <http://paleodb.org/?a=checkTaxonInfo&taxon_no=36900&is_real_user=1>. Acceso libre. Consulta: Junio 2013.
- PAVIA, M. (2013). The Anatidae and Scolopacidae (Aves: Anseriformes, Charadriiformes) from the late Neogene of Gargano, Italy. *Geobios* 46; 43-48.
- PAVSIC, J. y MIKUZ, V. (1996). The baleen whale (*Balaenoptera acutorostrata cuvierii*) from Miocene beds near Benedikt in Slovenske Gorice, Slovenia. *Razprave IV. Razreda Sazu*, XXXVII (4); 85-97.

- PENDÓN, J. G., GONZÁLEZ-REGALADO, M^a L., RUIZ, F., ABAD, M. y TOSQUELLA, J. (2001). Pulsos Transgresivos Neógenos en el Sector Central del Margen Pasivo de la Cuenca del Guadalquivir. *Geotemas*. Vol. 3. Núm. 2; 13-16.
- PENDÓN, J. G., RUIZ, F., ABAD, M., GONZÁLEZ-REGALADO, M^a L., BACETA, J. I. y TOSQUELLA, J. (2004). Transgressive Sequences on Foreland Margins: a Case Study of the Neogene Central Guadalquivir Basin, Southern Spain. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. Vol. 110. Núm. 2; 503-515.
- PÉREZ, L. M., CIONE, A. L., COZZUOL, M., VARELA, A. N. (2011). A sperm whale (Cetacea: Physteroidea) from the Parana Formation (Late Miocene) of Entre Rios, Argentina, Environment and taphonomy: *Ameghiniana* 48 (4); 648-654.
- PÉREZ-ASENSIO, J. N., AGUIRRE, J., SCHMIEDL, G. y CIVIS, J. (2012). Messinian paleoenvironmental evolution in the lower Guadalquivir Basin (SW Spain) based on benthic foraminifera: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 326-328; 135-151.
- PFEIL, F. H. (1983). Zahnmorphologische Untersuchungen an rezenten und fossilen Haien der Ordnungen Chlamydoselachiformes und Echinorhiniformes. *Palaeo Ichthyologica*, 1, 1-315.
- PICARD, S., GARCIA, J. P., LÉCUYER, C., SHEPPARD, S. M. F., CAPPETTA, H. y EMIG, C. C. (1998). $\delta^{18}\text{O}$ values of coexisting brachiopods and fish: temperature differences and estimates of paleo-water depths. *Geology* 26; 975-978.
- PILLERI, G. (1986). *The Cetacea of the Western Paratethys (Upper Marine Molasse of Baltringen)*. Ostermundigen (Switzerland), Brain Anatomy Institute, 70 pp.
- PILLERI, G. (1990). Miocene cetacean remains from mediterranean Spain. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 1; 43-76.
- PIPER, D. Z. (1974). Rare earth elements in the sedimentary cycle, a summary. *Chemical Geology*, 14; 285-304.
- POLLERSPOECK, J. (2013). Echinorhinus caspius, Echinorhinus richiardi, Echinorhinus pollerspoecki, Echinorhinus schoenfeldi, Echinorhinus cf. Riepli, Echinorhinus priscus, Paraechinorhinus riepli, Echinorhinus sp., Echinorhinus pfauntschi, Echinorhinus blakei, Echinorhinus pozzii, Echinorhinus kelleyi, Echinorhinus weltoni, Echinorhinus eyrensis, Echinorhinus australis, Gibbechinorhinus lewyi, Orthechinorhinus pfeili, En: *Database of fossil elasmobranch teeth*, www.shark-references.com, World Wide Web electronic publication, Version 04/2013.
- PURDY, R. W., McLELLAN, J. H., SCHNEIDER, V. P., APPLGATE, S. P., MEYER, R. L. y SLAUGHTER, R. (2001). The Neogene sharks, rays, and bony fishes from Lee Creek Mine, Aurora, North Carolina. En: *Geology and paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, III*, C.E. Ray, D.J. Bohaska. *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 90; 71-202.
- QUÉRO, J. C., HUREAU, J. C., KARRER, C., POST, A. y SALDANHA, L. (1990). *Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (Clofeta I y Clofeta II)*. Vol. I. y Vol. II, JNICT, Portugal, 1080 pp.
- QUÉRO, J. C., VAYNE, J. J. y PORCHE, P. (2003). *Guide des poissons de l'Atlantique européen*. Delachaux y Niestlé, Ed., 552 pp.
- RAMIREZ, O., ILLERA, J. C., RANDO, J. C., GONZALEZ-SOLIS, J., ALCOVER, J. A. y LALUEZA-FOX, C. (2010). Ancient DNA of the extinct lava shearwater (*puffinus olsoni*) from the canary islands reveals incipient differentiation within the *p. puffinus* complex. *PLoS ONE* 5 (12); e16072. doi:10.1371/journal.pone.0016072.
- RAY, C. E. (1976). *Phoca wymani* and other Tertiary seals (Mammalia: Phocidae) describe from the eastern seaboard of North America. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 28; 1-36.
- RAY, C.E. (1977). Geography of phocid evolution. *Systematic Zoology*, 25 (4); 391-406.
- REEVES, R. y NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. (2006). The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea: Malaga, IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 137 pp.
- REINECKE, T., LOUWYE, S., HAVEKOST, U. y MOTHS, H. (2011). The elasmobranch fauna of the late Burdigalian, Miocene, at Werder-Uesen, Lower Saxony, Germany, and its relationships with Early Miocene faunas in the North

- Atlantic, Central Paratethys and Mediterranean. *Palaeontos*, 20, 1-170.
- REPENNING, C.A. y RAY, C.E. (1977). The origin of the Hawaiian Monk seal. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 89 (58); 667-688.
- REPENNING, C. A., RAY, C.E. y GRIGORESCU, D. (1979). Pinniped biogeography, In: J. Gray and A.J. Boucot (eds.) *Historical biogeography, plate tectonics, and the changing*, Oregon State University Press, 357-369.
- RICO-GARCÍA, A., CIVIS, J. y GONZÁLEZ-DELGADO, J. A. (2005). Asociaciones de bivalvos y foraminíferos de los depósitos messinienses de Gibraltor (Huelva, SO España). *XXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología* (Sevilla), Sociedad Española de Paleontología, 101-102.
- ROCAERT, L. (1934). Contribució al coneixement de la fauna icitiològica terciària catalana. *Butlletí de la Institució Catalana d' Història Natural*, Vol. XXXIV; 78-106.
- ROMERO SÁNCHEZ, G. y INIESTA SANMARTÍN, A. (1999). Proyecto de Estructuración de la Protección del Patrimonio Paleontológico en la Región de Murcia. *Memorias de Arqueología*, 14; 11-26.
- RUIZ, F., ABAD, M. y GARCÍA, E. X. M. (2004). Análisis tafonómico de la ictiofauna pliocénica del S.O. de España. *Geogaceta*, 35; 123-126.
- Ruiz, F.; Abad, M. y García, E. X. M. (2004): Análisis tafonómico preliminar de la ictiofauna pliocénica del S.O. de España. *Geogaceta*, 35: 127-130.
- RUIZ, F. y GONZÁLEZ-REGALADO, M.L. (1996). Les ostracodes du golfe Mio-Pliocene du Sud-Ouest de l'Éspagne. *Revue de Micropaléontologie*, 39; 137-151.
- RUIZ, F., ABAD, M., PENDÓN, J. G., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L., TOSQUELLA, J., PRUDENCIO, M. I. y DIAS, M. I. (2008). Análisis microfaunístico del nivel condensado tortoniense en el margen pasivo de la Depresión del Guadalquivir (España). Abstracts Fourth Congress RCANS, Buenos Aires. Póster.
- RUIZ, F., CIVIS, J., GONZÁLEZ-DELGADO J. A., ABAD, M., GONZÁLEZ-REGALADO. M. L., VALLE, M. F., PENDÓN, J. G., GARCÍA GARCÍA, E. X. M., TOSQUELLA. J. y LÓPEZ GONZÁLEZ, N. (2003). La cadena trófica marina pliocénica en Huelva (W de la cuenca del Guadalquivir, España). En: *Third Regional Committee on Atlantic Neogene Stratigraphy Congreso*, Tetouan. Comunicaciones, 1; 128-132.
- Ruiz, F.; Civis, J.; González Delgado, J. Á.; Abad, M.; González-Regalado, M. L.; Valle, M. F.; Pendón, J. G.; García, E. X. M.; Tosquella, J. y López-González, N. (2003): La cadena trófica pliocénica en Huelva (W de la Depresión del Guadalquivir). Abstracts Third RCANS Congress, Tétouan, Morocco: pp. 39.
- RUIZ, F., CLAUSS, F. L. y GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. (1996). Primeras consideraciones sobre los condriactos de la Formación "Arenas de Huelva". *Studia Geologica Salmanticensis*, 32; 129-139.
- RUIZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. y ABAD, M. (2006). Derecho y Patrimonio Paleontológico (II): Regulación jurídica y ámbito competencial profesional en Andalucía. Una propuesta de actuación para el Neógeno de la provincia de Huelva (SO de España). *Studia geologica salmanticensis*, Vol. 42; 129-137.
- RUIZ MUÑOZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M^a L., ABAD, M., CIVIS, J., GONZALEZ DELGADO, J. A., GARCÍA, E. X. M., PRUDÊNCIO, M^a I., DIAS, M^a I. (2008). Pliocene Ostracods of Southwestern Europe. *Geobios*. Vol. 41. Núm. 6; 845-859.
- RUIZ MUÑOZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M^a L. y REDONDO, J. L. (1997). *Guía de fósiles del sur de la provincia de Huelva*. Diputación Provincial de Huelva. Servicio de Publicaciones. 202 pp.
- RUIZ-SÁNCHEZ, F. J. (2003). La protección del Patrimonio paleontológico en la legislación de Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana. *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 152-153.
- SACCO, F. 1916: *Apparati dentali di »Labrodon« e di »Chrysophrys« del Pliocene italiano*. Atti. R. Accad. Sci. Torino, 51: 172-177.
- SAN CECILIO y FRAY PEDRO DE. (1669). *Anales de la Orden de los Descalzos de N^a Señora de la Merced*. Barcelona. Dos volúmenes.
- SÁNCHEZ MARCO, A. (2003). Nuevo hallazgo de aves marinas del Pleistoceno de Fuerteventura (Islas Canarias). *Coloquios de Paleontología*, Vol. Ext. 1; 627-636.

- SÁNCHEZ-VILLAGRA, M. R., BURNHAM, R. J., CAMPBELL, D. C., FELDMANN, R. M., GAFFNEY, E. S., KAY, R. F., LOZSÁN, R., PURDY, R. W. y THEWISSEN, J. G. M. (2000). A new near-shore marine fauna and flora from the early Neogene of northwestern Venezuela. *Journal of Paleontology*, 74 (5); 957-968.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1990). Geologic evolution of the Betic Cordilleras in the Western Mediterranean, Miocene to the present. *Tectonophysics*, 172; 07-119.
- SANZ DE GALDEANO, C. y VERA, J. A. (1991). Una propuesta de clasificación de las cuencas neógenas béticas. *Acta Geológica Hispánica*, v. 26, nº 3-4; 205 -227.
- SCHULTZ, O. y BELLWOOD, D. (2004). *Trigonodon oweni* and *Asima jugleri* are different parts of the same species *Trigonodon jugleri*, a Chiseltooth Wrasse from the Lower and Middle Miocene in Central Europe (Osteichthyes, Labridae, Trigonodontinae). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 105 A: 287-305.
- SCHWARZHANS, W. (2014). Otoliths from the middle Miocene (Serravallian) of the Karaman Basin, Turkey. *Cainozoic Research*, 14 (1); 35-69.
- SCOTT, T. M., y ALLMON, W. D. (1992). The Plio-Pleistocene Stratigraphy and Paleontology of Southern Florida. *Florida Geological Survey, Tallahassee, Special Publication*, 194 p.
- SENDRA, J. (1997). Los yacimientos de mamíferos marinos del Neógeno del Sur de la provincia de Alicante. En: Grandal, A., Gutiérrez-Marco, J.C., Santos, L. (Eds.). *XIII Jornadas de Paleontología. La Coruña (Spain), Sociedad Española de Paleontología*, 237-240.
- SENDRA, J. R. (2004). Un paleontólogo halla un diente de cachalote de 10 millones de años (en línea), <<http://www.bajoelagua.com/articulos/vida-marina/909.htm>>. Acceso libre, consulta: 12 de enero de 2012.
- SENDRA, J. R. (2013). Un escaldicétido (Mammalia, Cetacea, Physeteridae) del Tortonense de la Cuenca de Alcoy (Alicante). Libro de resúmenes de las XXIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Córdoba, España. 181-182.
- SENDRA, J. R. y BAJO CAMPOS, I. (2013). *Scaldicetus degiorgii*, Varola, Landini y Pilleri 1988 (Mammalia, Cetacea, Scaldicetidae) del Mioceno (Tortonense) de la Cuenca del Guadalquivir. Libro de resúmenes de las XXIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Córdoba, España. 183-184.
- SENDRA, J., MUÑIZ, F. y MAYORAL, E. (1999). Primeros datos sobre misticetos (Mammalia, Cetacea, Balaenopteridae) en el Plioceno Inferior de la Cuenca del Guadalquivir (Lepe, Huelva). En: AA.VV.: *Temas Geológico-Mineros ITGE*. Madrid. Vol. 26; 356-361.
- SENDRA, J., STOKES, M. y OLTRA, V. (1998). Excavación de un misticeto (Mammalia, Cetacea) en el Plioceno del sector norte de la Cuenca Vera (Almería). *XIV Jornadas de Paleontología, Tenerife (Spain), Sociedad Española de Paleontología*, 177-180.
- SERRANO, E. (2002). Geomorphology, natural heritage and protected areas: lines of research in Spain. En: *Proceedings of the Workshop on Geomorphological sites: research, assessment and improvement*, Módena, IAG, 27-33.
- SERRANO, E. y RUIZ, P. (2007). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). En: *Boletín de la A. G. E.* 45; 79-98.
- SHIELDS, G. A. y STILLE, P. (2001). Diagenetic constraints on the use of the cerium anomaly as a palaeoredox indicator: REE and isotopic data from basal Cambrian phosphorites. *Chemical Geology* 175; 29-48.
- SIERRO, F. J. (1984). *Foraminíferos planctónicos y Bioestratigrafía del Mioceno Superior-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España)*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 391 pp.
- SIERRO, F. J. (1985). Estudio de los Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía y cronoestratigrafía del Mio-Plioceno del borde occidental de la cuenca del Guadalquivir (SO. De España). *Studia Geologica Salmanticensis*, V. XXI; 7- 85.
- SIERRO, F. J. y CIVIS, J. (1987). Los foraminíferos bentónicos en la sección de Gibraleón (Formación "Arcillas de Gibraleón", Huelva), en Civis, J. (ed.), *Paleontología del Neógeno de Huelva (W Cuenca del Guadalquivir)*: Salamanca, Universidad de Salamanca, 55-64.

- SIERRO, F. J., DELGADO, J. A. GONZÁLEZ y J. A. FLORES. (1990). Global sea level changes and deposition in the Atlantic-Mediterranean north Betic strait (Guadalquivir basin, Spain). *In Global events and Neogene evolution of the Mediterranean. Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy*. 321-322. Institut Paleontològic Dr. M. Crusafont. Diputació de Barcelona.
- SIERRO, F. J., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., DABRIO, C. J., FLORES, J. A. y CIVIS, J. (1996). Late Neogene depositional sequences in the Foreland basin of Guadalquivir (SW Spain). *In Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*, P.F. Friend and C.J. Dabrio Eds., Cambridge University Press, 339-352 Smirnov, N.A. 1908. Outline of Russian Pinnipeds. *Zapiski Imperatorskoi Akademii Nauk*, Series 8 (23); 1-75.
- SIERRO, F. J., GONZÁLEZ DELGADO, J. A., DABRIO, C. J., FLORES, J. A. y CIVIS J. (1996). Late Neogene depositional sequences in the foreland basin of Guadalquivir (SW Spain). *In: Tertiary basins of Spain, the stratigraphic record of crustal kinematics* (Friend, P. F., Dabrio, C. J., Eds.). World and Regional Geology, 6. Cambridge University Press, 339-345.
- SIERRO, F. J., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., FLORES, J. A., DABRIO, C. J. y CIVIS, J. (1990). The Neogene of the Guadalquivir Basin (SW Spain). *Paleontologia i Evolució*, Memoria Especial (2); 209-250.
- SPRINGER, V. G. (1964). A revision of the carcharhinid shark genera *Scoliodon*, *Loxodon*, and *Rhizoprionodon*. *Proc.US Natl. Mus.* 115; 559-632.
- STAHL, B. J. (1999). Chondrichthyes III. Holocephali. En: Schultze, H.-P. (Ed.), *Handbook of Paleichthyology*, 4. (Friedrich Pfeil), München, 164 pp.
- STEURBAUT, E. (1983). Les otolithes de Téléostéens de la Formation de Tamaro (Langhien inférieur da Piémonte Italia septentrionale). *Geologia et Palaeontologica*, 17; 255-263.
- STEURBAUT, E. (1984). Les otolithes de Teleosteens de L'Oligo-Miocene D'Aquitaine (Sud-Ouest de la France). *Paleontographica*, 186; 1-162.
- STEWART, J. R., JACOBI, R. M. (2015). The Long Term Response of Birds to Climate Change: New Results from a Cold Stage Avifauna in Northern England. *PLoS ONE* 10(5): e0122617. doi:10.1371/ journal.pone.0122617, 40 pp.
- TAVANI, G. (1941). Revisione dei resti del Pinnipede conservato nel Museo di Geologia di Pisa. *Palaeontographica Italica, Memorie di Paleontologia* 40; 97-113.
- TAVANI, G. (1942). Revisione dei resti di Pinnipedi conservati nel Museo geopaleontologico di Firenze. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali* 51; 3-11.
- THENIUS, E. (1950). Ergebnisse der Neuuntersuchung von *Miophoca vetusta* Zapfe (Phocidae, Mammalia) aus dem Torton des Wiener Beckens. *Österreichische Akademie der Wissenschaften, der mathematisch-407 naturwissenschaftlichen Klasse vom 9. März 1950*, 5; 99-107.
- TOSCANO, A., (2010). Vertebrados marinos del Neógeno del Suroeste de España: Una contribución al Patrimonio Paleobiológico: Huelva, Universidad de Huelva, Trabajo de investigación fin de máster (inédito), 122 pp.
- TOSCANO, A., ABAD, M., GARCÍA, E. X. M., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L., RUIZ, F., PRUDÊNCIO, M. I. y DIAS, M. I. (2009). Datos preliminares sobre la ictiofauna de la Formación "Arcillas de Gibraleón" (Huelva, S.O de España). *Studia Geologica Salmanticensia*. 45 (2); 129-138.
- TOSCANO, A., ABAD, M., GARCÍA, E. X., RUIZ, F. y GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. (2011). First occurrence of Chimaeroid Fishes (Chondrichthyes, Holocephali) in the Neogene of the Iberian Península, *en* Climate changes, bioevents and geochronology in the Atlantic and Mediterranean over the last 23 Myr, *en* RCMNS-RCANS Colloquium, Salamanca, Spain, Abstract Book: Universidad de Salamanca y Ministerio de Ciencia e Innovación, 212-213.
- TOSCANO A., ABAD, M., MUÑIZ, F., CLEMENTE-PÉREZ M. J., RUIZ F., TOSQUELLA J., GONZÁLEZ-REGALADO M. L. y GARCÍA E. X. M. (2013b). Nuevas aportaciones al conocimiento de los Odontocetos del Neógeno de Huelva (SO España). V RCANS Congress. Universidad de Huelva, Huelva. 30. ISBN: 978-84-695-8480-4.
- TOSCANO, A., ABAD, M., RUIZ, F., MUÑIZ, F., ÁLVAREZ, G., GARCÍA, E. X. y CARO, J. A.

- (2013a), Nuevos restos de *Scaldicetus* (Cetacea, Odontoceti, Physteridae) del Mioceno superior, sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir (sur de España): *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 30, núm. 2, p. 436-445.
- TOSCANO, A., GARCÍA-RAMOS, D., RUIZ, F., GONZÁLEZ-REGALADO, M. L., ABAD, M., CIVIS, J., GONZÁLEZ-DELGADO, J. A., RICO-GARCÍA, A., MARTÍNEZ-CHACÓN, M. L., GARCÍA, E. X. y PENDÓN, J. G. (2010). Braquiópodos neógenos del suroeste de la depresión del Guadalquivir (sur de España): *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, V. 27, núm. 2; 254-263.
- TOSQUELLA, J., GONZÁLEZ-REGALADO, M^a L., RUIZ, F. y BACETA, J. I. (2001). The Genus *Heterostegina* (Nummulitidae, Foraminifera) in the Upper Miocene of Southwestern Spain. *Geobios*. Vol. 34. Núm. 3; 279-290.
- TUSET, V. M., LOMBARTE, A. y ASSIS, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci Mar* 72 (Suppl 1); 1-203.
- UGOLINI, R. (1900). Di uno scheletro fossile di Foca trovato ad Orciano. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali* 12; 146-148.
- UGOLINI, R. (1902). Il *Monachus albiventer* Bodd. del Pliocene di Orciano. *Palaeontographia Italica, Memorie di Paleontologia* 8; 1-21.
- UGOLINI, R. (1903). Resti di foche Fossili Italiane. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Memorie* 19; 80-89.
- UNDERWOOD, C. J., MITCHELL, S. F. y VELTKAMP, C. J. (1999). Microborings in mid-Cretaceous fish teeth. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 52; 269-274.
- VALLE, M. F. y PEÑALBA, M. C. (1987). Aspectos palinológicos en el Neógeno del suroeste de España. En: *Paleontología del Neógeno de Huelva (W. Cuenca del Guadalquivir)* (J. Civis, Ed.). *Ediciones Univ. de Salamanca*, 153-158.
- VAN ASSEN, E., KUIPER, K. F., BARHOUN, N., KRIJGSMAN, W. y SIERRA, F. J. (2006). Messinian astrochronology of the Melilla Basin: Stepwise restriction of the Mediterranean-Atlantic connection through Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238; 15-3.
- VAN BENEDEN, P. J. (1876^a). Les Phoques Fosiles du basin d'Anvers. *Bulletin del'Academie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-arts de Belgique*. 45 annee, 2 serie, 41 (4); 783-802.
- VAN BENEDEN, P. J. (1876b). Les Phoques Fossiles du Basin D'Anvers. *Journal de Zoologie Comprenant les différentes Branches de Science*, 188-205. Paris.
- VAN BENEDEN, P. J. (1877). Description des ossements fossiles des environs d'Anvers, première partie. Pinnipèdes ou Amphithériens. *Musee Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, Annales*, 1; 88 p.
- VAN DEINSE, A. B. (1931). De fossiele en recente Cetacea van Nederland, I-IX ; 1-304, abf. 1-39.
- VEEN, J. y HOEDEMAKERS, K. (2005). Synopsis iconographique des otolithes de quelques espèces de poissons des côtes ouest africaines. Wageningen, The Netherlands.
- VICENS, E. y OMS, O. (2001). Los Fósiles: que son y para qué sirven. *Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, V. 9, N^o. 2; 110-115.
- VICENS, D. Y RODRÍGUEZ-PEREA, A. (2003). Vertebrats fossils (Pisces i Reptilia) del Burdigalia de cala Sant Vicenç (Pollença, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46, 117-130.
- VISERAS, C., SORIA, J. M. y FERNÁNDEZ, J. (2004b). Cuencas neógenas postorogénicas de la Cordillera Bética. En: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 576-581.
- WARD, D. J. (1973). The English Palaeogene Chimaeroid fishes. *Proceedings of the Geologists' Association*, 84 (3); 315-330.
- WALDROP, J.S. y WILSON, D. (1990). Late Cenozoic stratigraphy of the Sarasota Area. In: W. Allmon, and T. Scott (eds.). *Plio-Pleistocene Stratigraphy and Paleontology of South Florida. Southeastern Geological Society Annal Field Excursion 1990, Guidebook*, 31; 195-227.
- WARD, D. J. y DUFFIN, C. J. (1989). Mesozoic Chimaeroids. 1. A new chimaeroid from the Early Jurassic of Gloucestershire, England. *Mesozoic Research*, 2 (2); 45-51.

- WARD, D. J. y GRANDE, L. (1991). Chimaeroid fish remains from Seymour Island, Antarctic Peninsula. *Antarctic Science* 3; 323-330.
- WEEMS, R.E. (1974). Middle Miocene sea turtles (*Syllomus*, *Procolpochelys*, *Psephophorus*) from the Calvert Formation. *J. of Paleontology* 48; 278-303.
- WHITMORE, F. C. y KALTENBACH, J. A. (2008). Neogene Cetacea of the Lee Creek Phosphate Mine, North Carolina: Virginia Museum of Natural.
- WYNEKEN, J. (2001). The Anatomy of Sea Turtles. *U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470*, 1-172.
- ZAPFE, H. (1937). Ein bemerkenswerter Phocidenfund aus dem Torton des Wiener- Beckens. *Verhandlungen der K.K.Zoologisch-botanischen Gesellschaft*. Vienna. 86/87; 271-276.
- ZBYSZEWSKI, G. Y MOITINHO D'ALMEIDA, F., (1950). Os peixes miocénicos portugueses.- *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 31, 309-412.
- ZUG, G. R. (2001). Turtles of the Lee Creek Mine (Pliocene: North Carolina). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 90; 203-218.

-----o-----

