

# El Patrimonio Natural y Cultural de Castrillón (Asturias): Geología, Fósiles e Historia Minera

MIGUEL ARBIZU E ISABEL MÉNDEZ-BEDIA

*Departamento de Geología, Univ. de Oviedo.*

*c/ Jesús Arias de Velasco s/n 33005 Oviedo.marbizu@geol.uniovi.es, imbedia@geol.uniovi.es*

---

**Resumen:** En el Ayuntamiento de Castrillón (Asturias, España), entre las playas de Santa María del Mar y Salinas, se encuentran dos yacimientos fosilíferos excepcionales del Devónico Inferior: la Plataforma de Arnao y el Arrecife de Arnao. La magnífica exposición y conservación de su fauna fósil hacen de estos yacimientos auténticos museos paleontológicos. Debido a su gran interés científico y didáctico, estas localidades son visitadas por grupos y asociaciones geológicas y paleontológicas, nacionales e internacionales, así como por estudiantes de distintas universidades. Desde hace tiempo se observa en estos yacimientos extracciones masivas de fósiles, degradando y empobreciendo este patrimonio natural. Su conservación, así como la del patrimonio industrial relacionado con los yacimientos carboníferos de Arnao, es urgente.

**Palabras clave:** Patrimonio Natural, conservación, fósiles, Devónico Inferior, Arnao, Asturias.

**Abstract:** Two outstanding fossiliferous deposits of Early Devonian age are located in the county of Castrillón (Asturias, Spain), between the Santa Maria del Mar and Salinas beaches; these localities are known as the Plataforma de Arnao and the Arrecife de Arnao. Owing to the excellent exposure and preservation of the fossils these outcrops are considered to be genuine palaeontological museum pieces. Due to the great scientific interest, these localities are visited by numerous national and international geological and palaeontological associations as well as university students. These deposits have been the object of a massive plundering for a long time leading to a degradation and impoverishment of this Natural Heritage. Their conservation, together with the Industrial Archaeological Heritage related to the carboniferous outcrops of Arnao, is urgently needed.

**Key words:** Natural Heritage, conservation, fossils, Early Devonian, Arnao, Asturias.

---

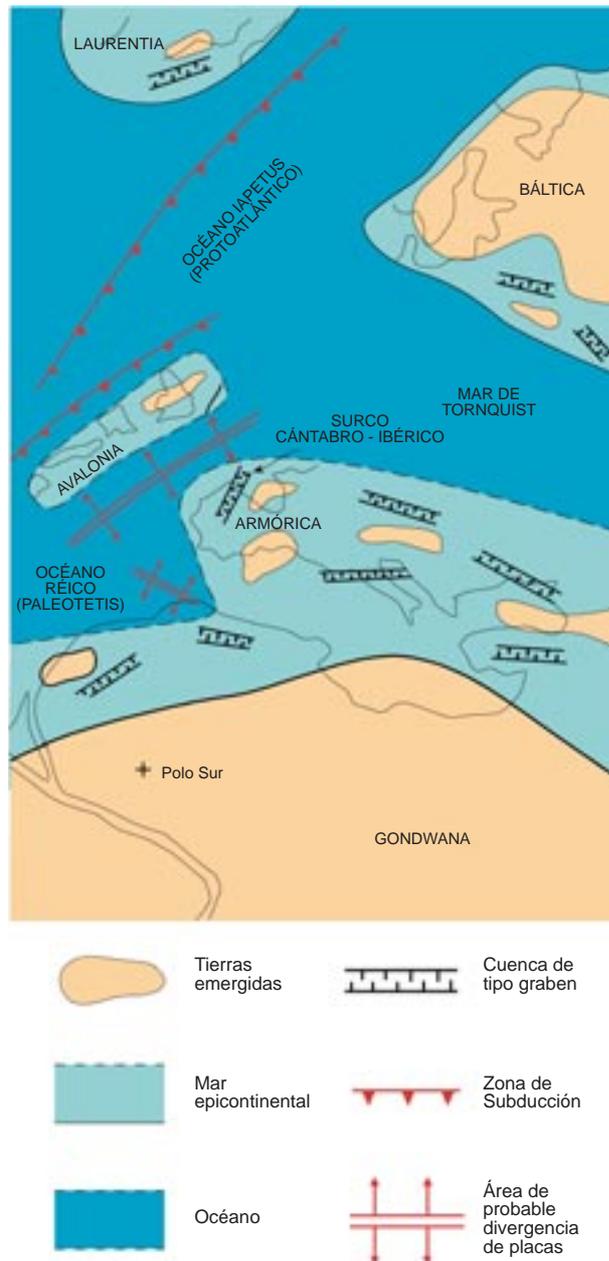
El Patrimonio Geológico-Paleontológico del municipio de Castrillón reúne unas características que hacen de él uno de los más importantes de Asturias y de España. Sin embargo, a pesar de las numerosas manifestaciones y denuncias por parte de paleontólogos de la Universidad de Oviedo, hasta el momento actual no se ha hecho ningún esfuerzo con el fin de proteger dos de los yacimientos paleontológicos más interesantes del Devónico de la Cordillera Cantábrica: la Plataforma de Arnao y el Arrecife de Arnao. Últimamente, en el año 2006, por primera vez un organismo oficial, el Ayuntamiento de Castrillón, ha incluido estos yacimientos paleontológicos como puntos de interés dentro del Plan especial de protección del Patrimonio Arqueológico de Arnao.

Hay que destacar que el Patrimonio Natural de Castrillón es mucho más amplio ya que, desde el punto de vista histórico-cultural, existe un magnífico Patrimonio

Geológico-Minero de los inicios de la industrialización de Asturias, relacionado con la explotación carbonífera de Arancés-Arnao. Todo este Patrimonio Cultural y Natural corre un gran peligro de desaparición o destroz

## Historia geológica

La historia geológica de Castrillón comienza antes del depósito de los materiales que dieron lugar a estos yacimientos de Arnao, cuyo conocimiento gracias a los estudios geológicos y paleontológicos nos permite realizar un viaje en el tiempo y el espacio. El testigo geológico más antiguo del municipio lo constituye las rocas cuarcíticas que hoy día forman el cabo de Vidrias; estos materiales se depositaron en tiempos cambro-ordovícicos, hace unos 490 millones de años, en una de las cuencas que bordeaban el paleocontinente de Gondwana que



**Figura 1.** Reconstrucción paleogeográfica de Europa durante el tránsito cambro-ordovícico. Según Aramburu (1995), con datos de Babin et al. (1980), Scotese y McKerrow (1991) y Trench y Torsvik (1992).

constituía el llamado surco Cantabro-Ibérico; durante ese tiempo Asturias estaba situada en latitudes altas, entre 60 y 75 grados, bajo las aguas de un mar frío y poco profundo próximo al Polo Sur (Fig. 1). Posteriormente esta posición fue variando y el surco Cantabro-Ibérico fue migrando hacia el norte alcanzando latitudes más bajas y mares menos fríos (Aramburu et al., 2004, con referencias previas).

De esta manera y si nos trasladamos en el tiempo hasta el Devónico Inferior (Paleozoico medio) hace unos 415 millones de años, momento en el que se depositaron los materiales de los yacimientos de Arnao, veríamos que la Asturias de hoy estaba situada entonces en zonas subtropicales (Fig. 2). Las áreas continentales serían casi un desierto, con unas pocas plantas adaptadas a zonas pantanosas y los animales realizando los primeros intentos de conquista del medio terrestre, mientras que los mares eran un hervidero de vida con una fauna riquísima y muy variada propia de mares subtropicales cálidos.

La serie paleozoica preorogénica, que comprende el Paleozoico inferior y medio, se encuentra cubierta discordantemente por los depósitos carboníferos postorogénicos del Estefaniense productivo de Arnao. Durante esta época de finales del Carbonífero, hace unos 300 millones de años, la tierra asturiana había emergido del mar y, en su viaje hacia el norte, había alcanzado latitudes próximas al ecuador; bajo unas condiciones climáticas ecuatoriales de alta humedad y temperatura, la Asturias de entonces se mostraba protegida por una espesa cubierta vegetal de bosques de pteridofitas y gimnospermas que dieron lugar a yacimientos carboníferos como los de Arnao, Tineo, Cangas del Narcea, puerto de Ventana y otros.

Por último, y también dispuestos discordantemente sobre todo lo demás, están los materiales considerados permo-triásicos, con los que aquí se inicia el Ciclo Alpino y la serie mesozoico/cenozoica; estos sedimentos del límite Paleozoico/Mesozoico son de colores rojizos y de naturaleza eminentemente siliciclástica (Figs. 3A y 3B). Sobre estas capas se disponen las areniscas y conglomerados jurásicos que forman la llamada Piedra Fabuda (Fig. 3B), explotada a un lado y otro de la ría de Avilés.

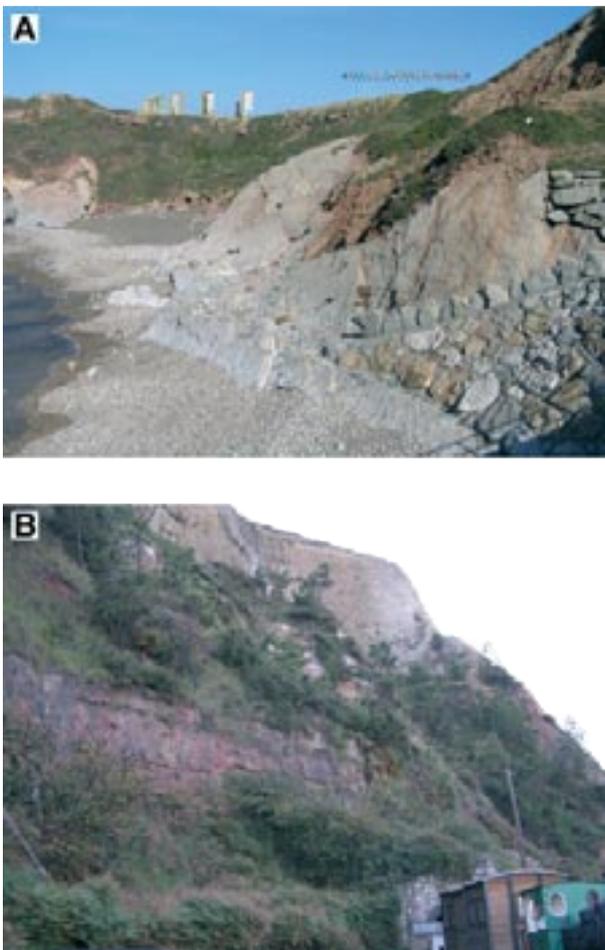
También se encuentran presentes en el concejo yacimientos paleontológicos del Cenozoico, principalmente del Cuaternario; la protección y el estudio de estos yacimientos, como el de la Cueva del Hueso, puede resultar de gran interés para poder resolver alguno de los problemas que plantean la distribución paleogeográfica de mamíferos y la evolución climática durante el Pleistoceno y Holoceno. De todas maneras, los yacimientos paleontológicos que corren más peligro son los de la Plataforma de Arnao (en el cabo La Vela) y el Arrecife de Arnao (en el Túnel de Arnao), situados entre las playas de Salinas y de Santa María del Mar (Fig. 4).

### Los fósiles del Devónico de Arnao

En la sucesión estratigráfica del Paleozoico de Castriellón, ya desde los primeros niveles del Devónico y con-



**Figura 2.** Reconstrucción paleogeográfica de la Tierra en el Devónico Inferior. Según García-Alcalde (1995b), con datos de Scotese y McKerrow (1990).

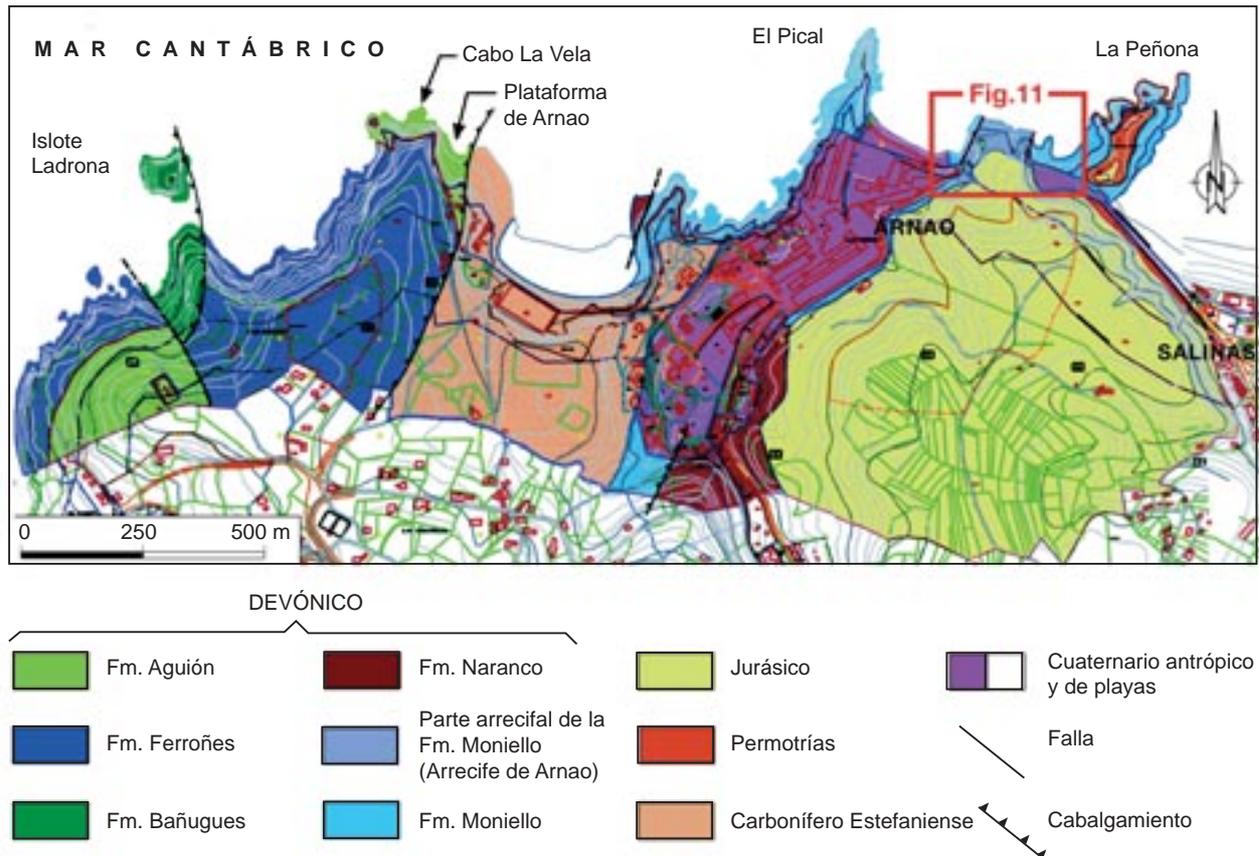


**Figura 3.** A: Discordancia angular al oeste de Salinas, en la playa del Cuerno, donde se ven los niveles grises de la Fm. Moniello, replegados y verticalizados, cubiertos por las capas subhorizontales de colores rojizos del Permo-trías. B: Niveles rojos del Permo-trías, al oeste de Salinas, cubiertos por el conglomerado silíceo de la Piedra Fabuda del Jurásico.

forme se asciende paulatinamente en la serie, se observa que con ciertos altibajos hay un incremento en la diversidad faunística, tanto a nivel de los diferentes grandes grupos fósiles como del número de especies presentes en cada uno de ellos, en comparación con el contenido fosilífero del Paleozoico Inferior.

Entre los grupos de macrofósiles más importantes del Devónico de Arnao y alrededores destacan, por su volumen, abundancia y variedad de especies, los organismos constructores de arrecifes, formas que muestran una gran plasticidad morfológica desarrollando distintos hábitos de crecimiento; estos organismos están representados por corales rugosos solitarios (Fig. 5A) y coloniales (masivos, ramificados, etc.) (Figs. 5B y C), corales tabulados (discoidales, ramificados, lamelares, etc.) (Figs. 5D y E) y, por último, los estromatoporoides (domales, tabulares, ramificados, etc.) (Fig. 5F).

Los siguientes grupos de fósiles más importantes en la serie estratigráfica son los crinoideos y los braquiópodos. Los crinoideos (Figs. 6 y 7A, B, C y D), formas de equinodermos llamadas popularmente “lirios de mar”, son por su volumen el grupo que sigue en importancia a la fauna arrecifal y, al igual que ésta, sus restos también dan lugar a conjuntos de rocas muy bien diferenciadas (Fig. 7D). Entre las distintas especies de crinoideos destaca *Trybliocrinus flatheanus* (Figs. 7A y C), motivo central de la primera reconstrucción paleoecológica del yacimiento de Arnao (Fig. 6). Esta interpretación de Schmidt (1931) no era correcta, ya que en la figura se mezclaban especies excluyentes procedentes de distintos niveles con condiciones ambientales muy diferentes. Los crinoideos de mayor tamaño corresponden al más llamativo de los fósiles de la Plataforma de Arnao, *Trybliocrinus flatheanus*, adaptado a medios turbios, mientras que la mayoría de los restantes organismos fi-



**Figura 4.** Cartografía geológica de la franja costera, entre el oeste de la Playa de Salinas y el este de la de Santa Mª del Mar y localización de los yacimientos paleontológicos de la región de Arnao. Según Arbizu y Méndez-Bedia (2006).

gurados (otros crinoideos, corales, briozoos y parte de braquiópodos) serían propios de ambientes de aguas más limpias.

Los braquiópodos constituyen el conjunto de fósiles más numeroso, tanto por la gran cantidad de individuos como por su diversidad específica; son invertebrados marinos que poseen una concha con dos valvas de morfología muy variada. Aunque a primera vista se parecen e incluso se pueden confundir con los moluscos bivalvos, su organización es muy diferente. En la figura 7E y F se ilustran dos especies, una de ellas con la valva dorsal levantada parcialmente que permite observar su parte interna en la que se ve su braquidio espiralado (Fig. 7F).

Otro grupo de organismos que aparecen en la sucesión devónica con cierta abundancia son los briozoos; entre ellos se encuentran numerosísimos representantes del orden Fenestrata, principalmente pertenecientes a la familia de los fenestélidos (Fig. 8A y B), con formas lamelares y en embudo, aunque también son abundantes en algunos niveles las formas tabulares; más escasos son los briozoos masivos, que siempre son de pequeñas dimensiones.

El resto de grupos fósiles que se encuentran en el Devónico de Castrillón es muy variado (trilobites, tentaculitoideos, bivalvos, gasterópodos, blastoideos, vertebrados pisciformes, etc.), pero su presencia, tanto en cuanto a la variedad de especies de cada uno de ellos como a la abundancia de ejemplares, es netamente más reducida que la de los que hemos visto hasta ahora, siendo mucho menor la frecuencia de sus hallazgos. Los fósiles más característicos del Paleozoico, presentan un cuerpo trilobulado y dividido en tres partes (una anterior o cefalón, la intermedia que constituye el tórax y la posterior denominada pígidio), siendo abundantes en algunos niveles (Figs. 8C y D). Por último se figura el filo de los moluscos, del que se muestran una imagen de los tentaculitoideos (Fig. 8E), clase de moluscos exclusivamente fósil con concha cónica, y otra de un *cluster* de bivalvos (Fig. 8F) que son los moluscos mejor representados en la actualidad.

Aunque la riqueza paleontológica del sector costero de este municipio, especialmente entre las playas de Salinas y Bahinas, es grande y también muy interesante, la gran mayoría del material figurado procede de los dos



**Figura 5.** Diferentes formas de corales rugosos (A-C), tabulados (D y E) y Estromatoporoides (F) de Arnao y alrededores. A: *Adradosia* sp. y *Microcyclus* sp., corales rugosos solitarios de la Fm. Ferroñes. B: *Xystriphyllum* sp. (x0,5), rugoso colonial masivo procedente de la parte alta del Arrecife de Arnao. C: *Synaptophyllum* sp., forma colonial ramificada, propia de la Fm. Moniello. D: *Pleurodictyum problematiocum* (x2), tabulado discoidal asociado simbióticamente con anélidos foronídeos. E: *Thamnopora* sp. (x1), tabulado ramificado muy abundante en Arnao; cada cavidad de las ramas corresponde a un individuo. F: Forma domal de un estromatoporoides del Arrecife de Arnao, en la que se observa su contorno semiesférico y la característica superposición de las láminas que constituyen el esqueleto.



**Figura 6.** Reconstrucción de la asociación biótica de la Plataforma de Arnao realizada por Schmidt (1931), basada en el estudio de los ejemplares fósiles aportados por R. Richter y W. Kegel.

yacimientos principales de Castrillón: la Plataforma de Arnao y el Arrecife de Arnao. En los mencionados yacimientos, además de la gran cantidad de fauna fósil presente, hay que destacar la buena conservación de estos fósiles de hace 400 millones de años y, gracias a la posición subhorizontal de las capas aflorantes, su magnífica exposición en amplias superficies de estratos. Esto ha permitido a los paleontólogos abordar estudios sobre las relaciones entre las diferentes especies y el medio que habitaron, dentro del nivel de individuo, población, comunidad y ecosistema.

### Museos Naturales y Aulas de la Naturaleza

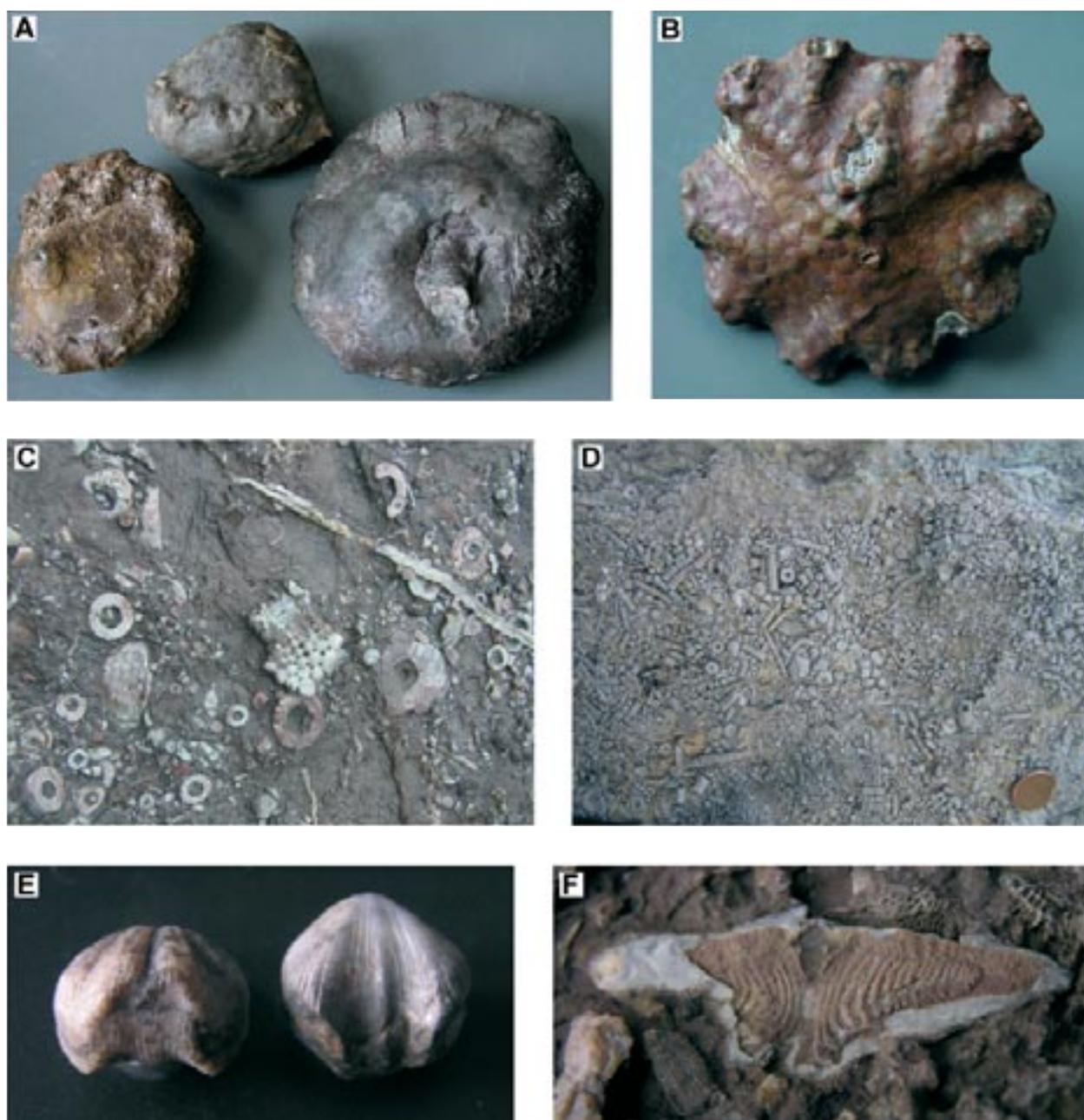
Las características mencionadas anteriormente para La Plataforma y Arrecife de Arnao, hacen que estos dos puntos geológicos se deban considerar auténticos museos al aire libre, habiendo sido visitados en diferentes ocasiones por profesores y estudiantes de universidades españolas (además de la de Oviedo, Barcelona, Madrid, Salamanca, Zaragoza y Granada) y extranjeras (Rennes, Lille, Toulouse, Lyon, Brest, Leiden, Bruselas, Würzburg, Montreal y Sudbury, entre otras), grupos y equipos de investigadores con motivo de congresos y reuniones especializadas, como el Groupe Francais du Paleozoique, Sociedad Paleontológica de España, Grupo Ibero-Americano de cuencas de antepaís en los Andes, los Pirineos y las Variscides, *Fossil Cnidaria and Porifera* y otras. Mu-

chas de las visitas realizadas por equipos de profesores de distintas universidades a estos yacimientos son de carácter didáctico para alumnos de últimos cursos de las licenciaturas de Geología y Biología.

De forma resumida se expone a continuación el gran interés paleoecológico que presentan estos yacimientos, centrado en la evolución de diferentes comunidades fósiles de la Plataforma y Arrecife de Arnao, y su relación con las condiciones ambientales.

### *Observaciones paleoecológicas en la Plataforma de Arnao*

Los diferentes estudios paleoecológicos realizados en la Plataforma de Arnao, han permitido conocer la evolución y desarrollo de diferentes paleocomunidades marinas. En esta localidad afloran los 58m inferiores de la Fm. Aguión (Emsiense superior) en los que se han distinguido informalmente tres conjuntos litológicos, o unidades, con características litológicas y faunísticas diferentes. En la primera de estas unidades, o Conjunto calcáreo, las paleocomunidades reconocidas se relacionan con el desarrollo sobre barras bioclásticas de una pequeña estructura biostromal de tipo *patch reef*, construida básicamente por corales tabulados y briozoos, con un espesor medio de 5m; en esta sucesión calcárea se pueden diferenciar las cuatro etapas clásicas de desarrollo de un arrecife: a) estabilización (Fig. 9A), b) colonización (Fig. 9B), c) diversificación (Fig. 9C) y d) domina-

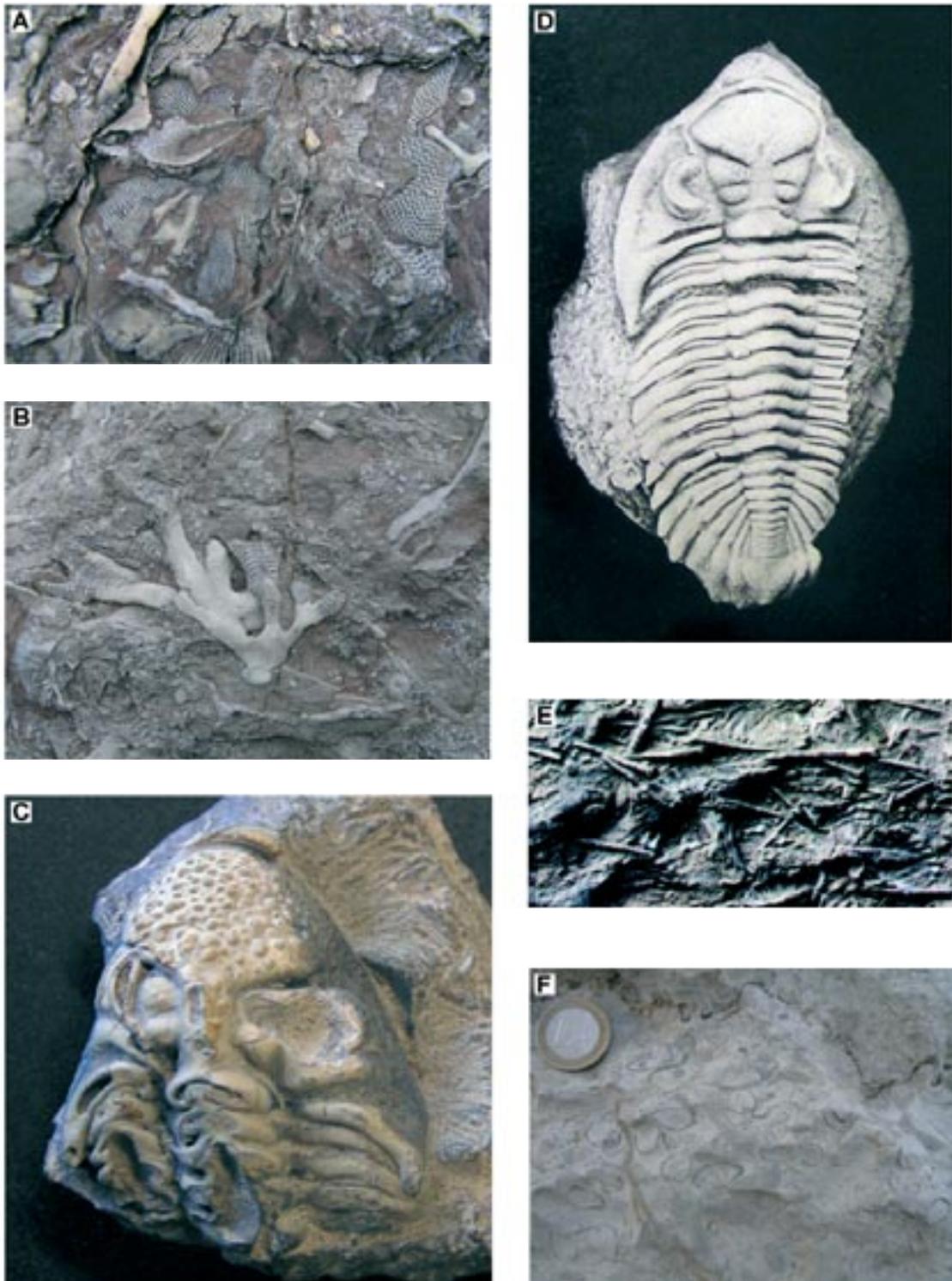


**Figura 7.** Crinoideos de la Plataforma de Arnao (A-D) y braquiópodos de Castrillón (E y F). A: Algunos cálices de *Trybliocrinus flatheanus* (x0,4), el crinoideo más llamativo y abundante de la Plataforma de Arnao. B: Cálix de *Stammocrinus intrastigmatus*(x1), la segunda especie de crinoideo más abundante en la localidad anterior. C: Fragmentos de *Trybliocrinus flatheanus* (x0,4), consistentes en partes internas y externas de cálices y artejos de tallos. D: Acumulación de artejos de crinoideos que dan lugar a las denominadas calizas encriníticas (x0,6). E: *Uncinulus orbygnianus* (x3), rinconélido típico de la Fm. Moniello. F: *Anathyris phalaena* (x2), ejemplar mostrando su braquidio espiralado.

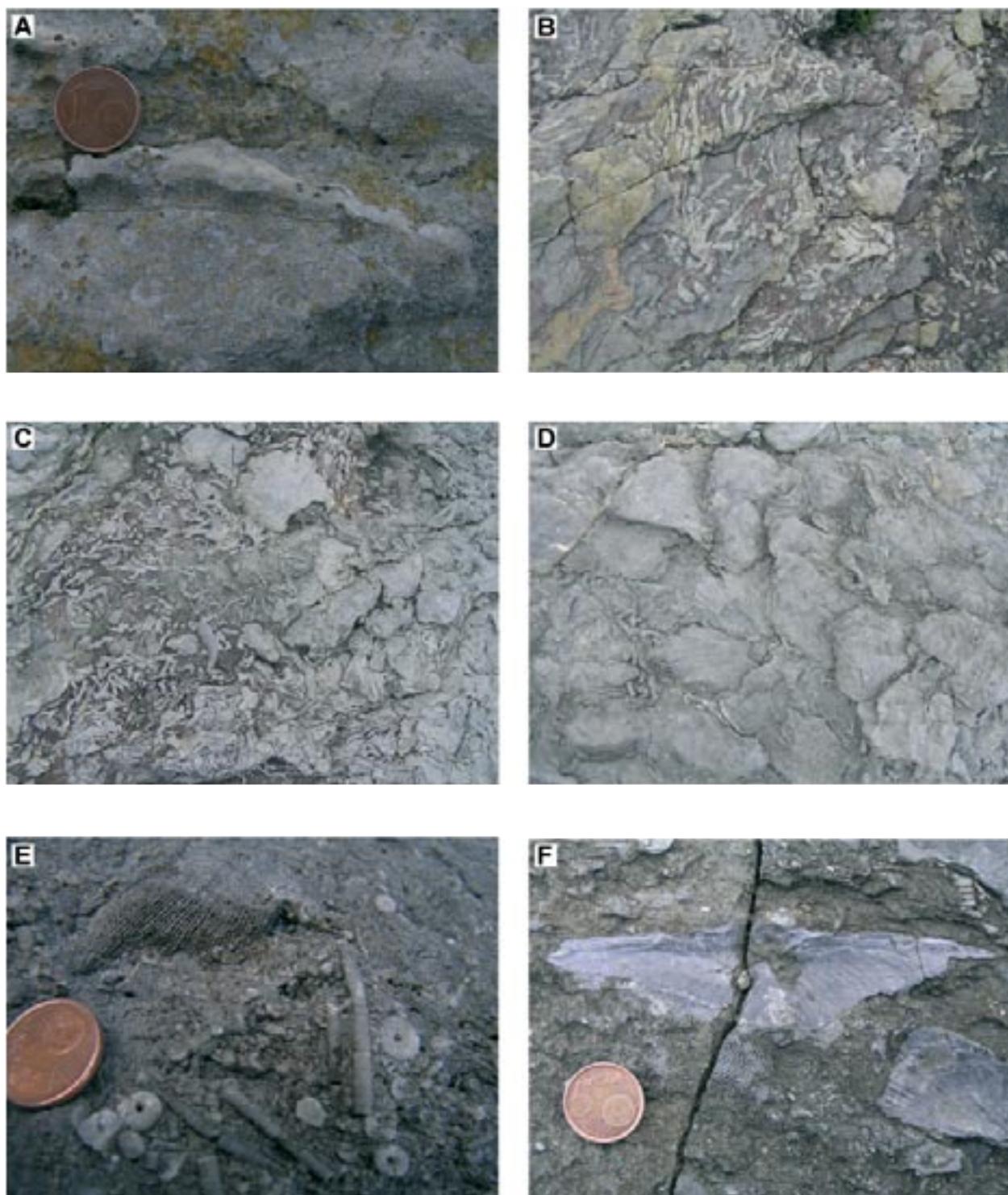
ción (Fig. 9D) (Álvarez-Nava, 1985; Álvarez-Nava y Arbizu, 1986; Arbizu y Méndez-Bedia, 2006; Arbizu et al., 1991,1993, 1995a; Méndez-Bedia et al., 1994, Fernández et al., 1995).

Como consecuencia de un episodio de profundización de la cuenca la fauna arrecifal se extingue para dar paso a paleocomunidades de ambientes más profundos y

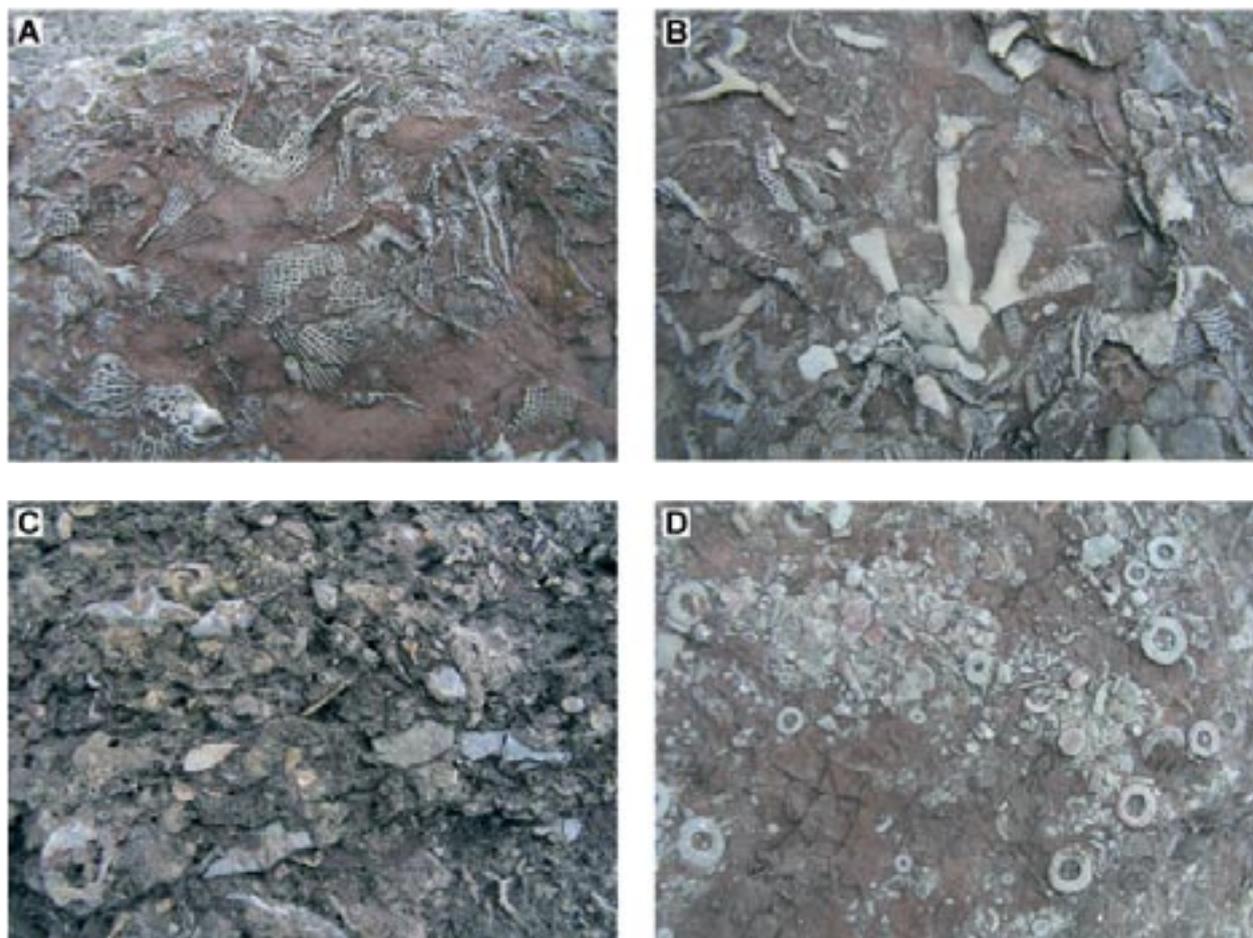
tranquilos. Este segundo episodio está representado por un Conjunto pizarroso-margoso de colores marrones y grises, donde los briozoos fenestélidos son uno de los grupos más importantes, apareciendo sus restos junto con crinoideos (Fig. 9E) y braquiópodos (Fig. 9F); éstos últimos muy corrientemente son formas expandidas lateralmente (Fig. 9F) para evitar su hundimiento en el



**Figura 8.** A-B, Briozoos fenestélidos del Devónico Inferior de Arnao. A: *Fenestella* sp. (x0,5), forma laminar aplanada. B: *Isotrypa* sp. (x0,7), de morfología cónica. C- D, Trilobites de Arnao. C: *Malladaia luciae* (x3), ejemplar parcialmente silicificado y algo deformado, procedente de la Fm. Moniello en los alrededores de la Fábrica de Arnao. D: *Delocare rostrata* (x3), ejemplar correspondiente al holotipo de la especie, encontrada en niveles de la Fm. Ferroñes próximos al cabo La Vela. E: Acumulación de *Tentaculites* sp. (x2,5), encontrada en la Fm. Ferroñes, al suroeste del Cabo La Vela. (Foto de García-Alcalde, 1995b). F: Agrupación de braquiópodos y bivalvos formando un *cluster* en el Arrecife de Arnao. En esta imagen se ven las secciones de sus conchas donde la mayoría conservan las dos valvas unidas, lo que indica que los individuos vivían en un medio protegido del oleaje y corrientes fuertes.



**Figura 9.** A-D, Etapas clásicas de desarrollo de un arrecife. A: Estabilización del sustrato. B: Colonización por formas constructoras (x0,1). C: Diversificación de la fauna arrecifal (x0,1). D: Dominación del medio por un taxón (x0,1). E-F, Depósitos tras profundización de la cuenca. E: Niveles con briozoos y crinoideos. F: Nivel con briozoos y braquiópodos.



**Figura 10.** Comunidades bióticas de la Plataforma de Arnao. A: Comunidad de *Fenestella* (x0,5). B: Comunidad de *Isotrypa* (x0,5). C: Comunidad de *Trybliocrinus* y *Anathyris* (x0,3). D: Comunidad de *Trybliocrinus* (x0,3).

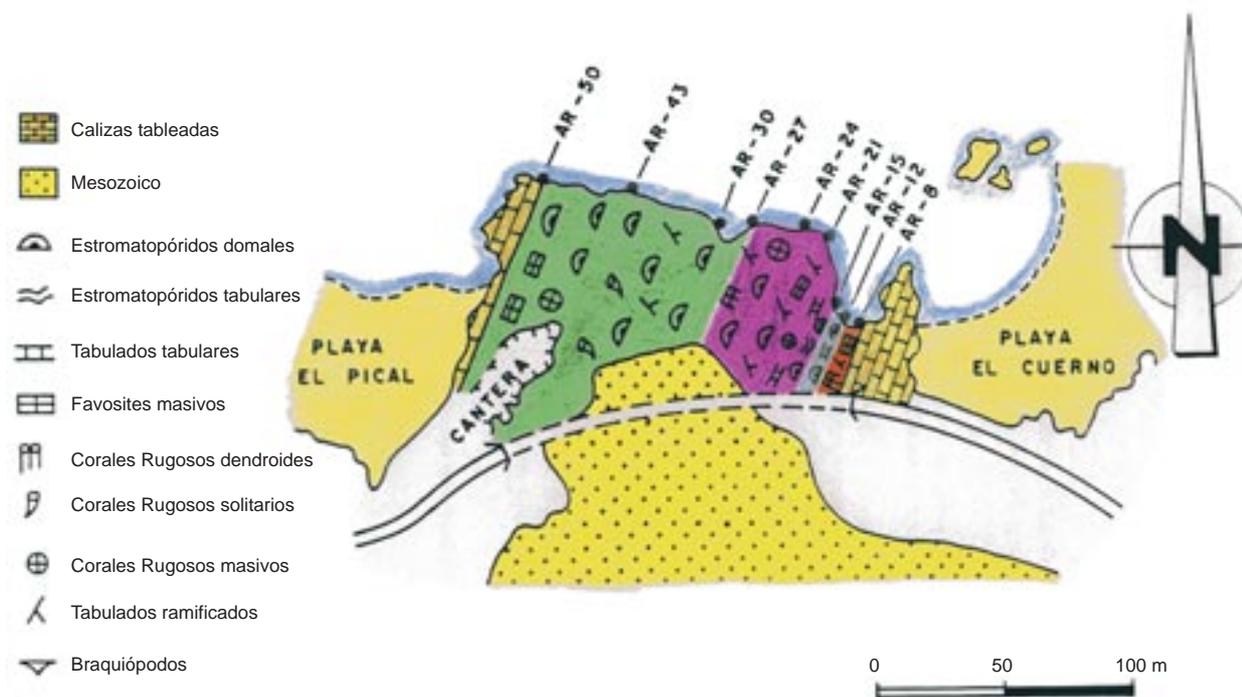
fango (Álvarez-Nava, 1985; Arbizu et al., 1995a; Fernández et al., 1995).

Finalmente, en la tercera unidad, Conjunto de margas rojas y verdes, se desarrollan cuatro paleocomunidades diferentes relacionadas con ambientes de plataforma y adaptadas a condiciones de aportes variables de material terrígeno que, en ocasiones, pueden llegar a ser importantes y producir una gran turbidez en el medio. La turbidez del medio ha quedado registrada en la cantidad de detríticos finos que se encuentran en los distintos niveles diferenciados, siendo la fauna dominante en cada uno de ellos la que da nombre a esa comunidad faunística; de menor a mayor tasa de sedimentación de terrígenos en la cuenca, las comunidades diferenciadas son: Comunidad de *Fenestella* (Fig. 10A), Comunidad de *Isotrypa* (Fig. 10B), Comunidad de *Trybliocrinus* y *Anathyris* (Fig. 10C), Comunidad de *Trybliocrinus* (Fig. 10D), esta última con un contenido de más del 55% de terrígenos en la roca (Álvarez-Nava, 1985; Arbizu et al., 1991, 1993, 1995a, Fernández et al., 1995).

#### *El Arrecife de Arnao: su importancia e interés paleoecológico*

En la parte media de la Fm. Moniello, entre la playa de Salinas y la Fábrica de Arnao, se encuentra un magnífico arrecife del Devónico Inferior (Emsiense superior) que con unos 140m de espesor (Fig.11) es uno de los ejemplos de arrecifes fósiles de esta edad mejor conservados a nivel mundial (Méndez-Bedia, 1976; Sánchez de la Torre y Manjón, 1976). Se trata de un cuerpo carbonatado masivo con una morfología en domo, originado por la acción de organismos bioconstructores tales como los estromatoporoides (Fig.5F) asociados en menor número a corales rugosos y tabulados (Figs. 5A, B, C y E), que en esa época formaba una estructura topográfica elevada sobre el fondo del mar (Fig.12).

El estudio detallado del arrecife (Méndez-Bedia, 1976, 1984; Méndez-Bedia y Soto, 1984; Soto y Méndez-Bedia, 1985; Arbizu et al., 1991; Méndez-Bedia et al., 1994; Soto et al., 1994; Fernández et al., 1995; Fernán-



**Figura 11.** Parte media de la Fm. Moniello en la que se desarrolla el Arrecife de Arnao mostrando su evolución paleoecológica: el tramo de color rojo corresponde a la etapa de estabilización, el gris a la de colonización, el morado a la de diversificación y el verde a la etapa de dominación (Méndez-Bedia, 1976).

dez-Martínez et al., 2001), basado fundamentalmente en el establecimiento de asociaciones fósiles y facies asociadas, ha puesto de manifiesto una sucesión vertical de taxones, morfologías y tipos de calizas arrecifales que reflejan los distintos estadios de desarrollo paleoecológico del arrecife (Fig. 11), desde su inicio en un ambiente de aguas tranquilas hasta alcanzar ambientes con una gran energía; las condiciones del medio en donde tiene lugar el crecimiento de este arrecife, corresponden a las de áreas próximas al margen de una plataforma (Fig. 12).

Desde el punto de vista paleoecológico se han reconocido, asimismo, varios grupos de organismos que han ejercido diferentes funciones dentro del proceso bioconstructor que genera este cuerpo arrecifal. Entre ellos se encuentran los organismos propiamente constructores del armazón arrecifal (estromatoporoides domales e irregulares, figura 13A, y, en menor proporción, corales rugosos y tabulados, figura 13B), de efecto pantalla (principalmente tabulados ramificados, figura 13C), organismos que incrustan y cohesionan sedimento (corales tabulados y estromatoporoides laminares y tabulares, figura 13D) y organismos moradores (algas, braquiópodos, briozoos, trilobites, bivalvos, gasterópodos, equinodermos y otros, figuras 7 y 8).

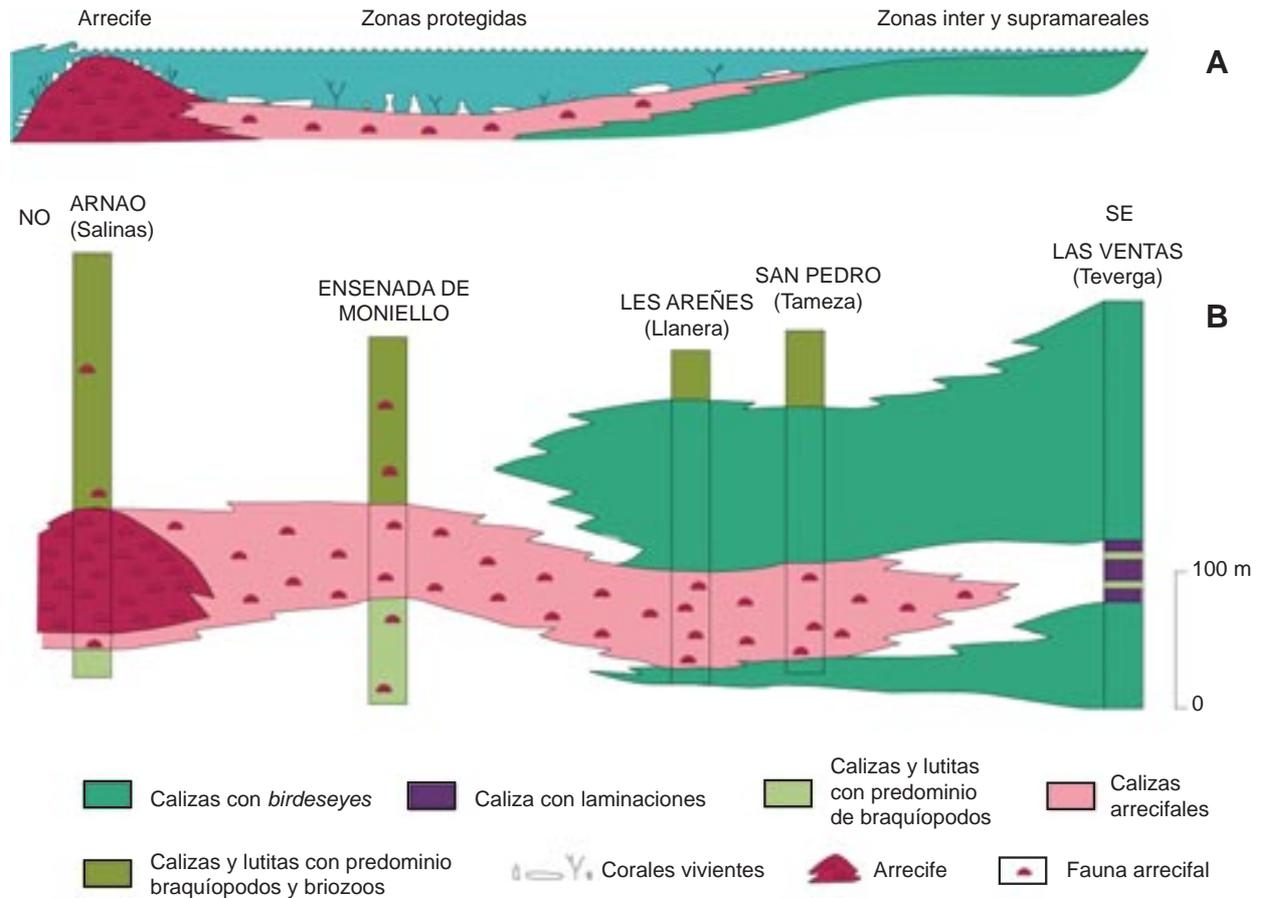
### Otros valores patrimoniales en el entorno de los yacimientos paleontológicos

Además de los yacimientos paleontológicos que se han mostrado hasta aquí y que son los principales puntos a proteger, existe todo un conjunto de elementos ligados al Patrimonio Natural. Entre ellos está el propio entorno geológico de los yacimientos, los valores histórico-culturales y el patrimonio minero-metalúrgico.

#### El entorno geológico

Sobre los depósitos preorogénicos de los yacimientos de Arnao y sus alrededores, con aportes que hasta finales del Devónico procedían de un área emergida situada al este de la Zona Cantábrica, se pueden diferenciar dos discordancias. La primera de éstas corresponde a la registrada entre los depósitos postorogénicos del Estefaniense de Arnao y los materiales inferiores; las rocas carboníferas de Arnao se disponen discordantes en el margen oeste de esta pequeña cuenca continental, mientras que al este se encuentran cobijadas, en capas subhorizontales de disposición inversa, por el Devónico del cabalgamiento de Arnao (Fig. 14A); en distintos puntos se pueden ver las rocas cataclásticas asociadas al cabalgamiento (Fig. 14B).

La segunda discordancia separa las estructuras variscas de los materiales del ciclo alpino (ver Fig. 3A); este ci-



**Figura 12.** A: Ambientes sedimentarios y facies durante el depósito de la Fm. Moniello; B: Distribución de facies en la Fm. Moniello, en un corte este-oeste a través de Asturias, destacando la posición del Arrecife de Arnao. Según Arbizu et al. (1995b), basado en Méndez-Bedia (1976).

clo alpino se inicia con un conjunto de capas con colores rojos que corresponden a una etapa extensional permotriásica (Martínez-García, 1983). A esta serie permotriásica se le superponen unos conglomerados Jurásicos que constituyen la llamada Piedra Fabuda (ver Fig. 3B), explotada a un lado y otro de la ría de Avilés mediante diversas actividades extractivas.

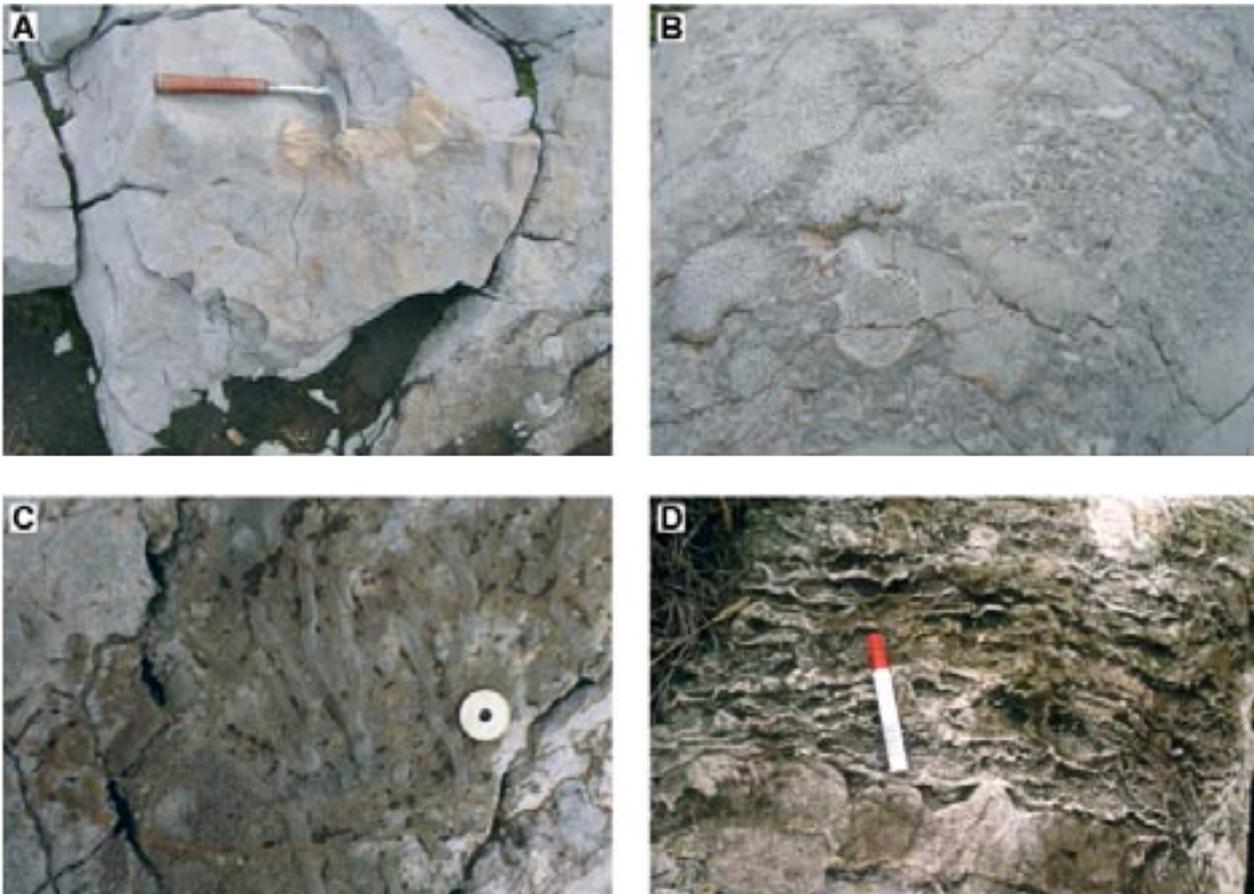
También se puede destacar la presencia de otros tipos de estructuras, como pliegues de distintos tipos y dimensiones (Fig. 14C) y fallas de diferente importancia, que son muy numerosas por toda la zona.

Por último, se encuentran los depósitos cuaternarios, discordantes sobre todos los sedimentos previos, como los de las playas y dunas del Espartal-Salinas y del Sablón de Bayas (Fig. 14D), de indudable valor e interés. Ya más al interior, destacan las terrazas fluviales y las formas cársticas, como la cueva de Arbedales (Fig. 14E), abierta al público por sus formaciones estalagmíticas, y la cueva del Hueso, actualmente en estudio por su gran interés paleontológico y arqueológico. Un depósito

de origen antrópico, mucho más moderno que el de la cueva del Hueso, es el de las escombreras originadas por la explotación del carbón de la cuenca de Arnao (Fig. 14F).

#### Historiografía

La historiografía ligada a Castrillón y, de una forma particular, a los yacimientos carboníferos de la pequeña cuenca de Arnao es muy amplia; de esta localidad existen documentos, ya desde tiempos de Felipe II El Prudente, que sitúan en Arancés las primeras labores en Asturias de explotación del carbón, tal como consta en la placa del monolito existente en dicha localidad (Fig. 15A). Según comunicación personal de D. Pedro Fandos, geólogo historiador de la minería, con base en los trabajos de Adaro Ruiz (1981), Mases (2001), Cires y Fandos (2003) sobre la Mina de Arnao, dicha explotación comenzó ya a inicios del siglo XVI, siendo la primera mina de carbón de España. También es el primer pozo vertical de Asturias y el único de España cuyas ga-



**Figura 13.** Principales grupos de organismos arrecifales en la bioconstrucción de Arnao. A: Estromatoporoides irregulares de gran tamaño, en el que se observan las típicas laticlavas de su esqueleto. B: corales rugosos solitarios, abundantes tabulados ramificados y algún estromatoporoides laminar; relleno de los huecos entre estos organismos constructores se observan artejos y fragmentos de crinoideos transportados (x0,7). C: Corales tabulados ramificados (thamnopóridos) que originan una roca de tipo *bafflestone*. D: Corales tabulados laminares y tabulares que generan una roca de tipo *bindstone*.

lerías discurren por debajo de los fondos marinos, motivo de las filtraciones que inundaron sus galerías y obligaron al abandono de la explotación.

La explotación efectiva de la mina comienza en la primera mitad del siglo XIX, tiempo en el que la Real Compañía Asturiana de Minas de Carbón fue creada por Nicolás Maximiliano Lesoinne, Joaquín María Ferrer y Cafranga y Felipe Riera y Roses, (Fig. 15B). En esta época, y debido a la particular disposición de las capas carboníferas formando un auténtico emparedado entre terrenos devónicos, Arnao se convierte en un foco de atención internacional para prestigiosos geólogos e ingenieros europeos que se sentían atraídos por el estudio de este yacimiento al que consideraban de singularidad mundial. El primer estudio geológico del lugar fue debido a Paillette, geólogo francés que en 1845 realizó un trabajo en el que muestra el primer corte transversal de este criadero pero que no supo interpretar correctamente esa extraña disposición de materiales carboníferos entre

depósitos devónicos. Paillette estudia también los fósiles de Arnao en colaboración con sus eminentes compatriotas de Verneuil y d'Archiac (1845), quienes no consiguiendo comprender la situación de esos estratos carboníferos entre capas de una edad devónica, dirían en una nota a pie de página: *'Nous croyons devoir appeler l'attention sur ce fait, car c'est la première fois que l'on trouve des fossiles incostestablement dévoniens, régulièrement superposés à des couches de combustible d'une importance réelle. En effet, tous les grands dépôts houilliers et antracifères de l'Angleterre, de l'Amérique et de la Russie sont, comme on sait, supérieurs au système dévonien'*.

Hay que esperar a los estudios de Desoignie (1850), hijo del fundador de la Real Compañía, para tener la primera interpretación correcta de la posición de las capas hulle-ras de Arnao; este autor indica la posición discordante del Carbonífero al oeste de la cuenca y como una falla inversa es la causante de esta intercalación de niveles



**Figura 14.** A-B, Cabalgamiento en la “Plataforma de Arnao”. A: En la parte inferior de la fotografía se ven los materiales de colores grises y oscuros de las pizarras y areniscas carboníferas; los colores rojos y claros, situados al fondo, corresponden a la Fm. Aguión del Devónico. B: Brechas originadas en la superficie del cabalgamiento (x0,1). C: Vista, desde “La Peñona”, de una estructura anticlinal en la que se ven replegados los niveles inferiores de la Fm. Moniello. D: Dunas del Sablón de Bayas. E: Entrada de la cueva de Arbedales (Pillarno, Castrillón). F: Una antigua escombrera carbonífera localizada en las inmediaciones de la mina de Arnao.



**Figura 15.** A: Monolito con la placa conmemorativa de la primera explotación de carbón de Asturias. B: Documento que autoriza la constitución de la Real Compañía Asturiana de Minas, en el que constan las prebendas concedidas: 'La Compañía gozará la denominación y título de Real Compañía Asturiana de Minas de carbón, y podrá colocar el escudo de Armas Reales en sus edificios, obradores, y almacenes, gozando de las franquicias, exenciones y prerrogativas de que gozan tales establecimientos según las leyes pragmáticas y declaraciones que S. M. tiene promulgadas y de la protección especial, que ha acordado a los que se dedican al laboreo de Minas'. C: Castillete de la mina carbonífera de Arnao y edificios anexos con cubiertas de zinc; primer pozo vertical de Asturias y el único en España cuya explotación se desarrolla en galerías submarinas.

carboníferos entre capas devónicas. Esta idea es compartida por la práctica totalidad de los investigadores posteriores que visitaron esta localidad durante el siglo XIX, entre los que podemos destacar a Schulz (1858), Geinitz (1867), Barrois (1882) y Zeiller (1882). En la primera mitad del siglo XX cabe citar a Termier (1918a,b) que quiso ver en esta localidad mantos de corrimiento comparables a los descritos en los Alpes, y Schmidt (1931) quién propuso la primera reconstrucción paleoecológica del yacimiento de la Plataforma de Arnao (Fig. 6). A partir de mediados de los años 50 del siglo pasado, hasta hoy, se han publicado numerosos tra-

bajos, entre los que destacan los de Llopis-Lladó (1957, 1965), promotor y fundador de la Facultad de Geología de Oviedo, y Julivert et al. (1973) en cartografía de la zona; los de de Águeda Villar et al. (1985 y 2002) sobre divulgación del patrimonio geológico de Asturias; en Paleontología, además del trabajo de Breimer (1962) sobre crinoideos, hay que destacar los trabajos realizados a partir de 1971 por García-Alcalde (1971, 1992, 1995a,b y 1996), García-Alcalde et al. (1990), Racheboeuf (1981) y Álvarez (1990) sobre braquiópodos, Arbizu (1979) sobre trilobites, Truyols-Massoni y García-Alcalde (1994) sobre tentaculitoideos, Suárez Andrés



**Figura 16.** A: Boca este del túnel que atraviesa el Arrecife de Arnao y que permitía el acceso del antiguo ferrocarril a la fábrica de AZSA, y de aquí hasta la mina. B: Locomotora de vapor O-3-O T, bautizada como Eleonore, hoy en proceso de restauración por los amigos del C.I.F.V.M. C: Clase práctica en la Plataforma de Arnao. D: Huella de expolio en la Plataforma. E: Cantera situada al norte de la boca oeste del túnel, abierta en las calizas masivas de la parte más alta del Arrecife de Arnao.

(1999a,b) sobre briozoos, y por último, sobre Paleoeología y desarrollo arrecifal, Méndez-Bedia (1976, 1978, 1984), Méndez-Bedia y Soto (1984), Méndez-Bedia et al. (1994), Soto (1975, 1986), Soto y García-Alcalde (1976), Soto y Méndez-Bedia (1985), Soto et al. (1994), Álvarez-Nava (1985), Álvarez-Nava y Arbizu (1986), Arbizu y Méndez-Bedia (2006), Arbizu et al. (1991, 1993, 1995a,b), Fernández-Martínez (1994), Fernández-Martínez et al. (2001), Fernández et al. (1995), que con sus publicaciones y nuevas aportaciones siguen mostrando el interés paleontológico y geológico de Arnao.

Un hecho más para la historia de este lugar es el que se recoge en una placa que existe en la mina, en la que dice que el 24 de agosto de 1858 la mina fue visitada por Isabel II y su marido Francisco de Asís, quienes descendieron a ella y caminaron por sus galerías submarinas.

#### *Patrimonio industrial*

De toda esta época de inicios de la industrialización en Asturias, y tal como indican Cires y Fandos (2003), hoy día se conservan en Arnao importantes muestras de arqueología industrial que deberían preservarse como la memoria viva de la apasionante historia que hemos tratado aquí de sintetizar.

De esta etapa minera sería conveniente conservar, o recuperar en la medida de lo posible, el edificio del Castillete de la Mina, la Casona del Director, las viviendas obreras de corredor, algunas dependencias de la fábrica, con sus tejados cubiertos por planchas de zinc (Fig. 15C), el trazado del ferrocarril minero con el túnel que atraviesa el Arrecife de Arnao (Fig. 16A) y la máquina de vapor llamada Eleonore (Fig. 16B), utilizada para transportar carbón y que se encuentra guardada en el edificio del Castillete.

De la explotación carbonífera, clausurada prácticamente a partir de 1915, el Castillete de la mina y los edificios anexos (Fig. 15C) serían susceptibles de ser habilitados como un centro de interpretación geológico-minero-metalúrgico de la zona, donde se llevaría a cabo la explicación de la geología, minería y metalurgia del concejo de Castrillón. En este centro de información existiría un museo paleontológico que mostraría la importancia de Arnao, donde se podrían mostrar algunos de los fósiles más notables del concejo, desde el Cámbrico-ordovícico, alrededor de los 500 millones de años, hasta finales del Carbonífero, hace unos 300 millones de años. Además existe un archivo documental, celosamente guardado por la Real Compañía Asturiana, que podría constituir los fondos bibliográficos, bien originales o duplicados, para crear una biblioteca específica sobre Patrimonio Geológico-Minero e Historia Natural de Castrillón.

No olvidemos que los principales puntos de interés paleontológico de Arnao, la Plataforma y Arrecife, aulas naturales que muchas veces son utilizadas como tales para clases de estudiantes (Fig. 16C), siguen corriendo grave peligro y el expolio de los furtivos (Fig. 16D). En los años setenta del siglo pasado, a petición del Departamento de Paleontología de la Universidad de Oviedo, se detuvo la extracción de material de una cantera en la que se explotaban las calizas de la Fm. Moniello, cuya actividad estaba haciendo desaparecer la parte superior del Arrecife de Arnao. Esta cantera se podría recuperar y, con el tratamiento adecuado, sería posible mostrar las diversas formas arrecifales características de ambientes de alta energía que se pueden encontrar en la etapa final del desarrollo arrecifal (Fig. 16E).

Por otro lado, a causa de la casi desaparición de las explotaciones carboníferas de Asturias y a la política de protección del medio ambiente, se ha llegado prácticamente a la imposibilidad de recoger restos vegetales fósiles de aquellas plantas que dieron lugar a los importantes depósitos de carbón de la Zona Cantábrica. Por este motivo, sería de gran interés recuperar de las escombreras de la mina (Fig. 14F) y de los afloramientos del Carbonífero de Arnao algunos de los vegetales fósiles citados desde Geinitz (1867) hasta Lorenzo (1977) y Horvarth et al. (1987); entre los fósiles vegetales reconocidos hasta hoy destacan formas de esfenópsidas pertenecientes al género *Calamites*, como *C. suckovii* y otros, licopsidas como *Sigillaria brardii* y *S. mamillaris*, filicópsidas y pteridospermas pertenecientes a los géneros *Neuropteris*, *Odontopteris*, y *Alethopteris*, así como *Cordaites borassifolius*, una coniferofitina primitiva.

#### **Conclusiones**

El interés de los Yacimientos Paleontológicos de Arnao y la necesidad de su protección radica en: 1) La diversidad faunística que refleja la riqueza de los mares de Asturias de hace 400 millones de años. 2) La gran abundancia de fósiles. 3) La magnífica conservación de la fauna fósil. 4) Las excepcionales condiciones de exposición de algunos de los yacimientos. 5) Su historiografía: trabajos realizados, visitas de grupos nacionales y extranjeros, entorno, etc. 6) Su deterioro y expolio en los últimos años.

Todo esto ha hecho que el Instituto Geológico y Minero de España contemple estos yacimientos de Arnao como uno de los Puntos de Interés Geológico (PIG) del Paleozoico de España que se presentarán a la UNESCO, primer paso para ser propuestos, al igual que los yacimientos de icnitas de dinosaurios, como futuro Patrimonio Natural de la Humanidad.

Teniendo en cuenta las características geológicas del entorno, el patrimonio industrial derivado de la mine-

ría del carbón y la historia ligada a la explotación carbonífera y metalurgia, se contempla la posibilidad de crear un Centro de Interpretación Geológica de Castrillón y un Itinerario que daría una visión de la Historia geológica de Asturias, base de un futuro Parque Geológico de Castrillón.

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Ayuntamiento de Castrillón la ayuda prestada para la elaboración del informe geológico-paleontológico del Anteproyecto del Plan especial de protección del Patrimonio Arqueológico de Castrillón que podrá permitir la conservación de este patrimonio paleontológico. Igualmente agradecemos las indicaciones bibliográficas y sobre patrimonio aportadas por J. Truyols, L. C. Sánchez de Posada y G. Adán, así como las observaciones que nos han proporcionado sobre diferentes grupos de fósiles devónicos nuestros compañeros J. L. García-Alcalde, F. Soto, F. Álvarez, R. Pidal y J. L. Suárez Andrés. Damos las gracias también a H. Álvarez-Nava por sus aportaciones sobre Paleogeología de la Plataforma de Arnao, a C. Álvarez por las indicaciones sobre Paleobotánica y a P. Fandos por la gran cantidad de datos aportados sobre patrimonio minero e historiografía de la mina carbonífera de Arnao y por las fotografías 15B y 16B. Agradecemos a nuestro amigo Carlos Aramburu todas sus observaciones sedimentológicas, paleogeográficas y su ayuda en la realización de las láminas; finalmente a los revisores de este trabajo, cuyas correcciones y acertadas indicaciones han supuesto una notable mejora del mismo. Este trabajo es una contribución al proyecto CGL2005-03715 del Ministerio de Educación y Ciencia y Fondos FEDER.

### Bibliografía

- ADARO-RUIZ, L. (1981): *Los comienzos de la minería del carbón de piedra y los hornos de cok, y Real Instituto Asturiano*. En: Datos y documentos para una historia minera e industrial de Asturias. Ed.: Suministros Adaro S.L. Gijón., 1: 1-908.
- ÁGUEDA VILLAR, J., ELIZAGA MUÑOZ, E., GONZÁLEZ LASTRA, J. A., PALACIO SUÁREZ-VALGRANDE, J., SÁNCHEZ DE LA TORRE, L., SUÁREZ DE CENTI ALONSO, C. y VALENZUELA FERNÁNDEZ, M. (1985): *Puntos de Interés Geológico de Asturias*. Inst. Geol., Min. España: 1-130.
- ÁGUEDA VILLAR, J., PALACIO SUÁREZ-VALGRANDE, J., SALVADOR GONZÁLEZ, C. I. y VERA DE LA PUENTE, C. (2002): Paisajes geológicos de Asturias. Itinerarios geológicos por Asturias. En *Patrimonio Geológico de Asturias, Cantabria y País Vasco* (Ed.: R. Nuche del Rívero) Enresa, 36-155.
- ÁLVAREZ, F. (1990): *Devonian athyrid brachiopods from the Cantabrian Zone (NW Spain)*. *Biostratigraphie du Paléozoïque*, 11: 1-311.
- ÁLVAREZ-NAVA, H. (1985): *Estudio Paleocológico de los materiales Devónicos de la "Plataforma de Arnao"*. Tesis licenciatura Universidad de Oviedo, 1-108.
- ÁLVAREZ-NAVA, H. y ARBIZU, M. (1986): Composición y desarrollo de un arrecife emsiense en la Plataforma de Arnao (Asturias, NO. de España). En *Mem. I Jornadas Paleont.*, Zaragoza, (E. Villas, coord.). Dip. Gen. Aragón, Depto. Cult. Educ. Col. Actas, 5: 33-51.
- ARAMBURU, C. (1995): El Precámbrico y el Paleozoico Inferior. En *Geología de Asturias* (C. Aramburu y F. Bastida, Eds.). Ediciones Trea, S.L. Gijón, 35-50.
- ARAMBURU, C., MÉNDEZ-BEDIA, I., ARBIZU, M. y GARCÍA-LÓPEZ, S. (2004): Zona Cantábrica. Estratigrafía. La secuencia preorogénica. En *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). Soc. Geol. España-Inst. Geol. Min. España, 27-34.
- ARBIZU, M. (1979): *Asteropyginae (Trilobita) du Devonien des Montagnes Cantabriques (Espagne)*. *Bull. Soc. Géol. Mineral. Bretagne* (C), 9 (2): 59-102.
- ARBIZU, M. y MÉNDEZ-BEDIA, I. (2006): Patrimonio natural y cultural de Castrillón, Asturias. En *Resúmenes VII Reunión Comisión Patrimonio Geológico, Colunga* (J.C. García-Ramos, M. Jiménez-Sánchez, L. Piñuela, M. J. Domínguez Cuesta y C. López Fernández, Eds.). Soc. Geol. España, Oviedo, 18.
- ARBIZU, M. y MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO, F. (1991): Desarrollo arrecifal en el Devónico Inferior de los alrededores de Arnao, Costa Asturiana. En *Guía de Campo de la excursión n.º 1, VII Jornadas de Paleontología (Paleontología del Paleozoico)*, Oviedo. Ed. Univ. Oviedo, 1-30.
- ARBIZU, M., ÁLVAREZ-NAVA, H., MÉNDEZ BEDIA, I. y GARCÍA-LÓPEZ, S. (1993): Las comunidades bióticas de las "Capas con *Tryblocrinus*" (Devónico Inferior) en la plataforma de Arnao (Asturias, noroeste de España). *Rev. Esp. Pal.*, n.º extr. 1993: 71-77.
- ARBIZU, M., MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO, F. (1995a): Fossil communities in the Aguión Formation (Lower Devonian) of the Arnao Platform. *Geobios*, 28 (5): 567-571.
- ARBIZU, M., ALLER, J. y MÉNDEZ-BEDIA, I. (1995b): Rasgos geológicos de la región del Cabo Peñas. En *Geología de Asturias* (C. Aramburu y F. Bastida, Eds.). Ediciones Trea, S.L. Gijón, 231-246.
- BABIN, C., COCKS, L. R. M. ET WALLISER, O. H. (1980): Faciès, faunes et paléogéographie antécarbonifère de l'Europe. *Mém. B.R.G.M.*, 108: 191-202.
- BARROIS, C. (1882): Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mém. Soc. Géol. Nord*, 2 (1): 1-630.
- BREIMER, A. (1962): A monograph on Spanish Palaeozoic Crinoidea. *Leidse Geol. Meded.*, 27 (2): 1-190.
- CIRES, V. y FANDOS, P. (2003): El pozo abuelo del carbón asturiano: una historia europea del XIX: la mina de Arnao de la Real Compañía Asturiana de Minas. En *Actas del Primer Encuentro de Escritores de la Mina*, Oviedo abril 2001, GRUCOMI: 80-94.
- DESOIGNIE, A. (1850): Descripción con plano y cortes geognósticos del criadero carbonífero de Arnao. *Revista Minera*, 1: 274-277.
- FERNÁNDEZ, L. P., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E., MÉNDEZ-BEDIA, I., RODRÍGUEZ, S. y SOTO, F. (1995): *Devonian and Carboniferous reefal facies from the Cantabrian Zone (NW Spain)*. En VII International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera, Madrid, Field Trip A. (A. Perejón, Ed.). Gráficas Varona, Salamanca, 1-76.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. (1994): *Tabulados y Chaetétidos de las formaciones Moniello-Santa Lucía y Candás-Portilla (Devónico, Cordillera Cantábrica, NW de España)*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 1-420.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E., MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO FERNÁNDEZ, F. M. (2001): Los arrecifes devónicos de la Cordillera Cantábrica: organismos constructores y tipos de bioconstrucciones. En *La Era Paleozoica. El desarrollo de la vida marina. Homenaje al profesor Jaime Truyols* (J. A. Gámez Vintaned y E. Liñán, Eds.). Institución "Fernando el Católico", Zaragoza. Publicación 2.233: 147-168.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1971): Braquiópodos Devónicos de la Cordillera Cantábrica. 1) Estudio del género *Pradoia* Comte 1938 (Brachiopoda, Athyridacea). *Brev. Geol. Astúrica*, 15 (4): 49-59.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1992): El Devónico de Santa María del Mar (Castrillón, Asturias, España). *Rev. Esp. Pal.*, 7 (1): 53-79.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1995a): L'évolution paléogéographique pré-varisque de la Zone Cantabrique septentrionale (Espagne). *Rev. Esp. Pal.*, 10 (1): 9-29.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1995b): El Devónico. En *Geología de Asturias* (C. Aramburu y F. Bastida, Eds.). Ediciones Trea, S.L. Gijón, 51-61.

- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1996): El Devónico del Dominio Astur-Leonés en la Zona Cantábrica (N de España). *Rev. Esp. Pal.*, n.º extr.: 58-71.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L., ARBIZU, M., GARCÍA-LÓPEZ, S., LEYVA, F., MONTESINOS, R., SOTO, F. y TRUYOLS-MASSONI, M. (1990): Devonian stage boundaries (Lochkovian/Pragian, Pragian/Emsian, and Eifelian/Givetian) in the Cantabrian region (NW Spain). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 180 (2): 177-207.
- GEINITZ, H. B. (1867): Über organische Überreste aus der Steinkohlengruben Arnao bei Avilés, in Asturien. *N. Jb. Mineral.*, 283-286.
- HORVATH, V., LEYVA, F. y NAVARRO, D. (1987): Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España). *Bol. Geol. Min. España*, 98 (5): 630-639.
- JULIVERT, M., TRUYOLS, J., MARCOS, A. y ARBOLEYA, M. L. (1973): Mapa y Memoria explicativa de la Hoja n.º 13 (Avilés) del Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (Segunda serie MAGNA). Inst. Geol. Min. España: 1-30.
- LORENZO, P. (1977): La edad de las cuencas de San Juan de Nieva y Arnao (NW de España). *Brev. Geol. Astúrica*, 21 (2): 29-32.
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1957): Sobre la estratigrafía del Devónico entre Avilés, Gijón y Oviedo. *Brev. Geol. Astúrica*, 1 (1-2): 5-12.
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1965): *Estudio geológico de los alrededores de Avilés*. Mapa Geológico de Asturias e. 1:25.000, Hoja n.º 5 (1962). Inst. Geol. Min. España, 76: 75-142.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, E. (1983): El Pérmico de la región Cantábrica. En *Carbonífero y Pérmico de España* (Martínez, C., ed.), Inst. Geol. Min. España, 391-402.
- MASES, J. A. (2001): *Asturias vista por viajeros románticos extranjeros y otros visitantes y cronistas famosos. Siglos XV al XX*, Ediciones Trea, S.L. Gijón, 1: 1-448.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. (1976): Biofacies y litofacies de la Formación Moniello-Santa Lucía (Devónico de la Zona Cantábrica, NW de España). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 9: 1-93.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. (1978): Relación entre el contenido en Algas y las litofacies de la Formación Moniello (Devónico, NW de España). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 10: 351-365.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. (1984): Primera nota sobre los Estromatopóridos de la Formación Moniello (Devónico de la Cordillera Cantábrica, NW de España). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 14: 151-159.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO, F. (1984): Paleocological succession in a Devonian organic buildup (Moniello Fm., Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geobios*, 8: 151-157.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO, F. y FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. (1994): Devonian reef types in the Cantabrian Mountains, NW Spain and their faunal composition. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 172: 161-183.
- PAILLETE, A. (1845): Recherches sur quelques unes roches qui constituent la province des Asturies. *Bull. Soc. Géol. France*, (2ª série), 2: 489.
- RACHEBOEUF, P. R. (1981): Chonétacées (Brachiopodes) Siluriens et Dévoniens du Sud-Ouest de l'Europe. *Mém. Soc. Géol. Min. Bretagne*, 27: 1-294.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. y MANJÓN, M. (1976): Facies de la Caliza de Moniello en la zona de Arnao, Asturias. *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 8: 109-129.
- SCOTSE, CH. R. AND MCKERROW, W. S. (1990): Revised world maps and introduction. En *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography* (W. S. McKerrrow y Ch. R. Scotese, eds.). Geol. Soc. Mem., 12: 1-21.
- SCOTSE, CH. R. AND MCKERROW, W. S. (1991): Ordovician plate tectonic reconstructions. En *Advances in Ordovician Geology* (Ch. R. Barnes y S. H. Willians, eds.). *Geol. Surv. Can.*, Paper 90 (9): 271-282.
- SCHMIDT, W. E. (1931): Crinoiden und Blastoiden aus dem Jüngsten Unterdevon Spaniens. *Palaeontographica*, 76: 1-34 (Traducción al español, 1952: Crinoides y Blastoides del Devónico inferior de Asturias. *Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España*, 6: 117-181).
- SCHULZ, G. (1858): *Descripción geológica de la provincia de Oviedo*. Ed.: José González, Madrid: 1-138.
- SOTO, F. (1975): *Metriophyllum album* n. sp. (Coelenterata, Rugosa) del Devónico Inferior de la Cordillera Cantábrica (NW de España). *Brev. Geol. Astúrica*, 19 (4): 51-54.
- SOTO, F. (1986): Asociaciones coralinas del Devónico astur-leonés (Cordillera Cantábrica, NO de España). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 16: 25-35.
- SOTO, F. y GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1976): La fauna silicificada del Devónico de Piedras Blancas. *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 8: 87-103.
- SOTO, F. y MÉNDEZ-BEDIA, I. (1985): Estudio de una asociación coral Rugoso-Estromatopórido en el arrecife de Arnao (Fm. Moniello, Asturias, NO de España). *Trabajos Geol., Univ. Oviedo*, 15: 203-209.
- SOTO, F., MÉNDEZ-BEDIA, I. y FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. (1994): Construcciones arrecifales del Devónico de la Cordillera Cantábrica (NO de España). *Rev. Esp. Pal.*, 9 (1): 29-36.
- SUÁREZ ANDRÉS, J. L. (1999a): Briozoos Fenestrados de la Formación Moniello (Devónico) en el área de Arnao (Asturias, España). I: Fenestellidae. *Rev. Esp. Pal.*, 13 (2): 187-196.
- SUÁREZ ANDRÉS, J. L. (1999b): Briozoos Fenestrados de la Formación Moniello (Devónico) en Arnao (Asturias, España). II: Septoporidae, Polyporidae y Acanthoclaudiidae. *Rev. Esp. Pal.*, n.º extr.: 185-193.
- TERMIER, P. (1918a): Contributions à la connaissance de la tectonique des Asturies: anomalies au contact du Houiller et le Dévonien d'Arnao. *C. Rendus'Acad. Sci. Paris*, 166: 433-439.
- TERMIER, P. (1918b): Contributions à la connaissance de la tectonique des Asturies: la signification des mylonites d'Arnao. *C. Rendus'Acad. Sci. Paris*, 166: 516-520.
- TRENCH, A. AND TORSVIK, T. H. (1992): Palaeomagnetic constraints on the Early-Middle Ordovician palaeogeography of Europe: Recent advances. En *Global perspectives on Ordovician Geology* (B. D. Webby y J. R. Laurie, eds.). Balkema, Rotterdam: 255-259.
- TRUYOLS-MASSONI, M. ET GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1994): Faune rhéno-bohémienne (Dacryoconarides, Brachiopodes) à la limite Emsien inférieur/supérieur au Cabo La Vela (Asturies, Espagne). *Geobios*, 27 (2): 221-241.
- VERNEUIL DE, E. ET ARCHIAC, D'A. (1845): Recherches sus quelques unes roches qui constituent la province des Asturies. *Bul. Soc. Géol. France*, (2ª série), 2: 439-458.
- ZEILLER, R. (1882): Notes sur la flore houillère des Asturies. *Mém. Soc. Géol. Nord*, 1 (3): 1-22.