

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ASOCIACIONES
DE AMMONITES DEL JURÁSICO SUPERIOR DE LA
PLATAFORMA IBÉRICA (SIERRA DE ARCOS) Y DEL
NORTE DE CHILE (PACÍFICO ORIENTAL).
TAFONOMÍA, BIOGEOGRAFÍA Y TAXONOMÍA.
APLICACIÓN A LAS TÉCNICAS DE REPLICADO DE
EJEMPLARES FÓSILES”.**



Trabajo de fin de Grado en Geología
Diciembre 2015

Alizia Núñez Blasco
Director: Guillermo Meléndez Hevia

Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra.

INDICE

ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3
METODOLOGÍA.....	3
CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO	4
Situación geográfica	4
Contexto geológico.....	6
PRESENTACIÓN.....	9
Taxonomía y descripción	9
Tafonomía.....	16
Biogeografía.....	22
DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONS	23
BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXOS.....	26

ABSTRACT

A comparative quantitative analysis is carried out on the Oxfordian ammonite subfamilies Perisphinctinae Steinmann 1890 and Viñalesphinctinae Meléndez 1987 on the basis of a rich collection of specimens from the Chilean region of Antofagasta. The results fully confirm the proposal of G. Meléndez of the Cuban genus *Viñalesphinctes* and related forms as a locally, partly endemic, form evolved from pacific ancestors rather than from Tethyan Perisphinctaceans as previously supposed, despite their homoeomorphy shown in early stages of development. The paligenetic process of evolution rules a clear process of iterative evolution, which becomes more evident in the Cuban taxon *Viñalesphinctes*. This genus constitutes a clear example of geographic speciation.

The study focuses on some selected Callovian-Oxfordian sequences in the area of the Arcos Plateau (between the localities of Ariño-Oliete and Andorra) mainly on the subfamilies Pseudoperisphinctinae, Perisphinctinae and Passendorferiinae. Some other sections from Sierra de Albarracín (such as Moscardón or Frías de Albarracín), being especially relevant for these purposes are also used as clean-cut cases to show the processes occurred at the Callovian-Oxfordian boundary, such as the generalised emersion of the platform. Besides that, the detailed analyses of the ammonite successions, shows the high biostratigraphic potential of the representatives of these ammonite subfamilies.

Among the main conclusions it is worth noting the width of the stratigraphic gap at the Callovian-Oxfordian boundary, which can be evidenced on both biostratigraphic and, most of all, taphonomic evidence. The study clearly sets the relevance of taphonomic analyses and data for both biostratigraphic, biogeographic, paleoecological and paleoenvironmental reconstructions, supporting the numerous works and results published by many authors before, among them, mainly, S. Fernández-López and G. Meléndez.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone realizar un estudio comparativo de las asociaciones de ammonites del Jurásico Superior (Calloviense-Oxfordiense) de la Plataforma Ibérica Nororiental (Sector de Sierra de Arcos) y de un material de la misma edad de Chile (Plataforma Pacífica Oriental). La existencia de una colección de ejemplares de valor excepcional de esta región americana en el departamento de paleontología de la Universidad de Zaragoza, constituye el motivo principal para abordar este estudio.

El análisis del sector de la Sierra de Arcos, se ha realizado mediante trabajo de campo en los materiales jurásicos que afloran en los entornos de las localidades de Ariño, Andorra y Calanda a lo largo de una transversal NW-SE.

Los materiales del Jurásico presentes en otras localidades como Ricla, Aguilón, Moscardón y Frías de Albarracín, también se han citado en el presente trabajo a modo de ejemplo, por presentar evidencias que apoyan las hipótesis propuestas en este estudio (Centrando más atención en Ricla y Aguilón). La información de estas otras zonas se ha obtenido a partir del análisis del material existente ya en el Departamento y de la revisión bibliográfica de trabajos anteriores (Sequeiros y Meléndez, 1979; Aurell y Fernández-López, 1988; Meléndez, 1989; Aurell, 1990; Fontana y Meléndez, 1990; Meléndez *et al.*, 1997).

El análisis tafonómico cobra especial relevancia en este trabajo, ya que los ejemplares estudiados, muestran un conjunto de caracteres tafonómicos que permiten reconstruir por un lado los procesos alterativos experimentados por las entidades conservadas y por otro, la dinámica evolutiva de la cuenca (tectónica de basculamiento de bloques) durante el Jurásico Medio y Superior, como evidencia el análisis de las poblaciones tafónicas registradas.

La realización del análisis tafonómico de los ejemplares resulta esencial, puesto que la no consideración de estos caracteres adquiridos en procesos posteriores no solo daría lugar a unas conclusiones biogeográficas erróneas, sino que limitaría la posibilidad de conocer la información paleoambiental reflejada en las asociaciones conservadas (por el análisis de las poblaciones tafónicas) y la implicación que ha tenido la evolución y dinámica de la cuenca, en la formación de este yacimiento clásico de invertebrados marinos de relevancia internacional.

Los trabajos realizados hasta el momento en la región estudiada y zonas limítrofes han dado origen a dos trabajos de carácter patrimonial y paleontológico, presentados respectivamente en la XI Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España (SGE) en Zumaya (Núñez *et al.*, 2015) y de la XXXI Reunión de la Sociedad Española de Paleontología en Baeza (Meléndez *et al.*, 2015).

Por último es preciso señalar que, como precaución ante la alarmante acción destructiva y esquilmadora de los coleccionistas y comerciantes ilegales de fósiles, desde hace tiempo los paleontólogos (concretamente en invertebrados Jurásicos) no señalan la ubicación precisa de los yacimientos. Esta misma norma se ha seguido igualmente en este trabajo.

OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales del presente estudio incluyen, en primer lugar, la situación de los ejemplares en el ambiente de depósito de la cuenca y el análisis de los procesos alterativos de los mismos, en el marco de la evolución de la cuenca marina en los entornos de la Sierra de Arcos y la cordillera Domeyko en Chile, mediante un análisis tafonómico y taxonómico de detalle.

En segundo lugar, El reconocimiento de las afinidades biogeográficas de las asociaciones registradas, así como su distribución en la zona de estudio y relación con el ambiente de sedimentación y las variaciones en la cuenca, con objeto de determinar su grado de autoctonía o aloctonía.

En tercer lugar, el análisis de las afinidades y diferencias taxonómicas entre las asociaciones registradas y la justificación de la inclusión de las formas chilenas en la subfamilia Viñalesphinctinae (Meléndez y Myczynski 1987).

METODOLOGÍA

El proceso metodológico seguido incluye los siguientes pasos:

- (1) Toma de datos bibliográficos y análisis previo de los mapas geológicos de la zona.
- (2) Trabajo de campo; Levantamiento de columnas de detalle. Documentación fotográfica de los afloramientos. Muestreo detallado del material fósil a estudiar.
- (3) Preparación en el laboratorio de los ejemplares recogidos. Estudio tafonómico y taxonómico del material. Clasificación y establecimiento de la sucesión bioestratigráfica a partir de los datos obtenidos de dicho análisis en las asociaciones conservadas.
- (4) Replicado de los ejemplares chilenos en colaboración con la empresa QETEO (especializada en la conservación y divulgación del patrimonio geológico). La razón de este replicado se justifica por la necesidad de devolver dicha colección a su universidad de origen.
Para ello, primero se utilizó silicona blanca Sculpey moldmaker, para hacer los moldes en negativo; posteriormente, se realizó el relleno de los mismos con escayola Pastel Rock tipo 4 de fraguado rápido, mezclada con tinte líquido tipo Luxens color “marrón topo”, para dar a las réplicas una tonalidad más real, semejante al color original de los ejemplares de estas facies. En este proceso resulta fundamental asegurarse de que no quede aire atrapado en el seno de la mezcla. Esto tiene una especial importancia, ya que la presencia de burbujas en una réplica dificulta su posterior estudio, puesto que puede modificar o alterar la ornamentación externa. Por ello en el proceso de fraguado de la escayola es conveniente someterla a vibración.
- (5) Discusión de las afinidades y diferencias taxonómicas entre las asociaciones procedentes de la Cordillera Ibérica y de la Cordillera Domeyko en Chile.
- (6) Análisis de las implicaciones biogeográficas y las relaciones filogenéticas entre los grupos analizados. Elaboración de la memoria.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO

Situación geográfica

La Sierra de Arcos se sitúa al NE de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, en el área nororiental de la provincia de Teruel, en la comunidad autónoma de Aragón, España. Dentro del ámbito de este área, el estudio se ha realizado a lo largo de una transversal NW-SE entre las comarcas de Andorra-Sierra de Arcos y el Bajo Aragón, en los alrededores de las localidades de Ariño (Ventas de San Pedro), Andorra y Calanda. El estudio y la recogida de los ejemplares analizados, se ubicó en esta zona, por el mayor interés y relevancia científica del límite Calloviense-Oxfordiense presente en los materiales que afloran, en donde forman secuencias condensadas muy fosilíferas. Asimismo se ha utilizado la información estratigráfica y paleontológica de otras secciones próximas, como Aguilón y Ricla, debido a la relevancia de la información que aportan tanto la sucesión estratigráfica (secuencias dilatadas) como de los ammonoideos registrados en ellas. Igualmente, se ha utilizado la información complementaria de las localidades de Moscardón y Frías de Albarracín en la Sierra de Albarracín por la relevancia de la información tafonómica, bioestratigráfica y paleogeográfica que aportan a la reconstrucción evolutiva de la plataforma en el intervalo Calloviense-Oxfordiense.

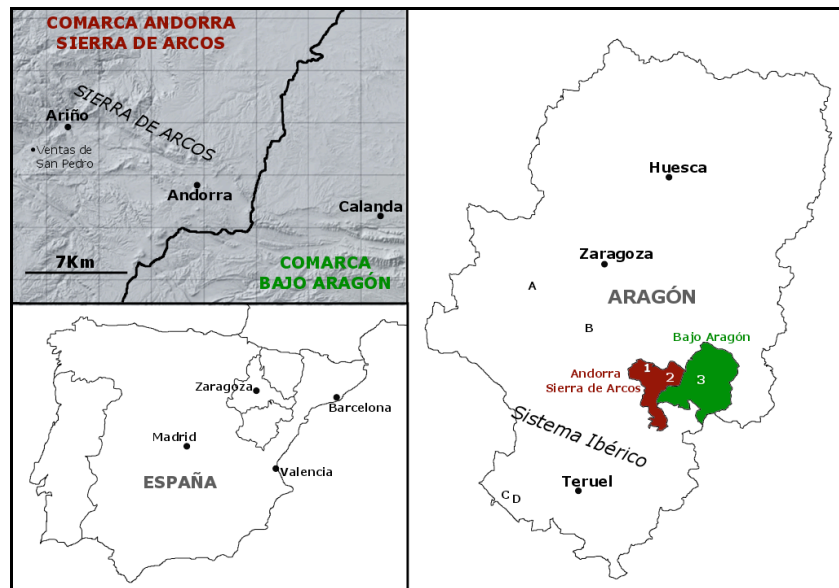


Figura 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio de Aragón. Los números 1, 2 y 3 señalan la situación de las zonas estudiadas, alrededores de Ariño, Andorra y Calanda respectivamente. Las letras A, B, C y D señalan la ubicación de las zonas tomadas como referencia.
(A: Ricla, B: Aguilón, C: Frías de Albarracín y D: Moscardón).

El material estudiado de Sudamérica, corresponde a la zona de Chile continental, más concretamente a la Región de Antofagasta, ubicada al norte de este país. Limita al Noreste con Bolivia, al Sureste con Argentina, al Oeste con el Océano Pacífico, al Norte con la región de Tarapacá y al Sur con el Desierto de Atacama.

Los ejemplares fueron recogidos en los afloramientos jurásicos marinos de la Cordillera Domeyko por el profesor Guillermo Chong Díaz y sus alumnos entre los años 1975 y 1980. Dicha cordillera, marca el límite oriental natural del Desierto de Atacama. La localización de la zona de estudio y toma de los ejemplares está señalada en la figura 2.

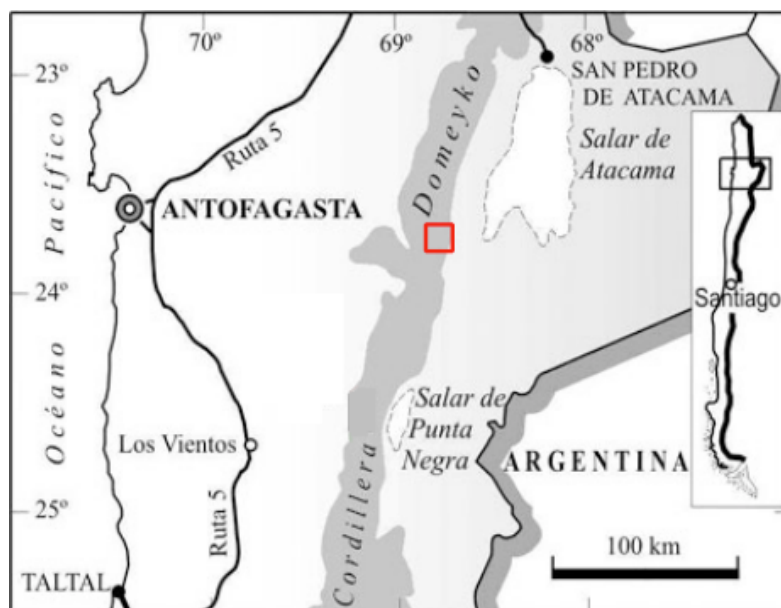


Figura 2: Ubicación geográfica de la zona de estudio en Chile (cuadro rojo).
Modificada de Berrios *et al.*, (2004).

Contexto geológico

En la zona de estudio, las unidades mesozoicas forman parte de un sistema de cabalgamientos y pliegues con dirección preferente NW-SE, debido a la dirección de compresión general de la Cordillera Ibérica NE-SW. El estudio estratigráfico y la toma de los ejemplares se ha realizado en los alrededores del anticlinal que se observa en la parte central de la figura 3. Dicho anticlinal está formado por materiales que abarcan desde el Triásico (aflorando en el núcleo) hasta ciertas unidades del Paleógeno y el Neógeno que en ocasiones también se encuentran plegadas.

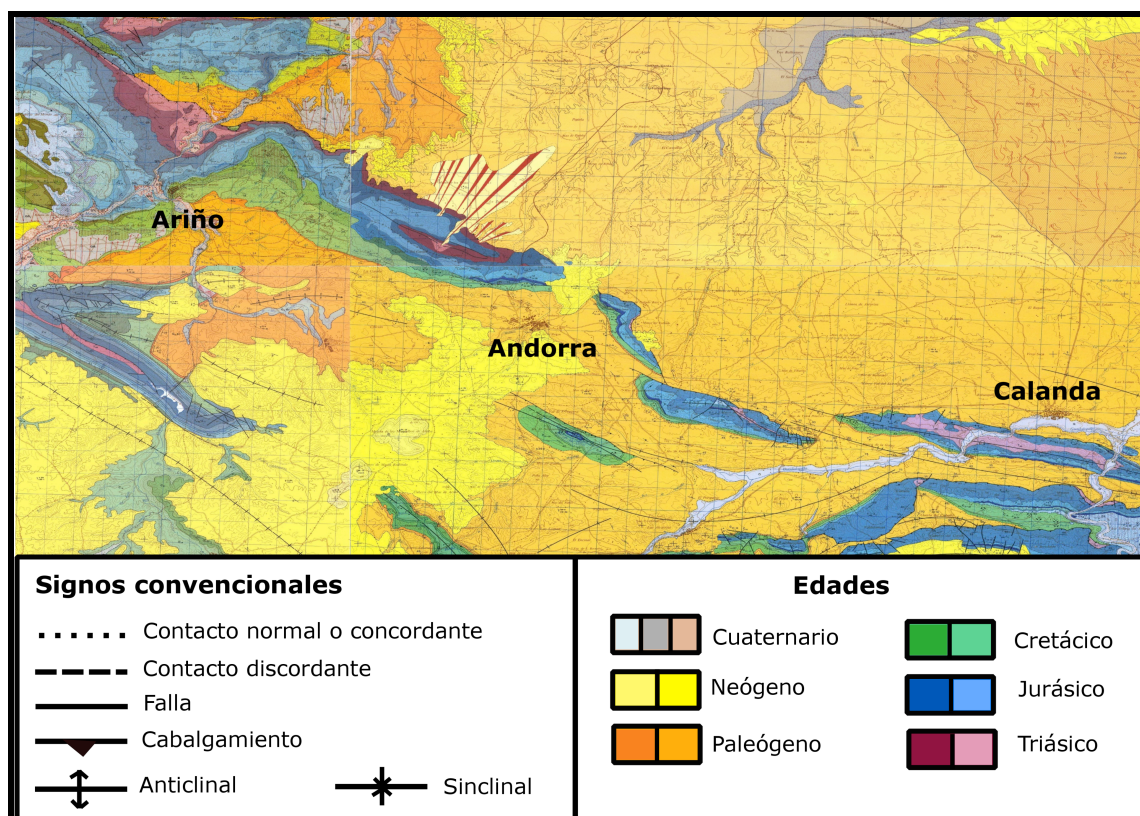


Figura 3: Mapa geológico de las inmediaciones de las localidades de Ariño, Andorra y Calanda. Escala 1:50.000. Modificado de las hojas 467 (Muniesa), 468 (Albalate del Arzobispo), 493 (Oliete) y 494 (Calanda) de la serie MAGNA.

Para la realización de este trabajo, se ha estudiado una colección de ammonites procedentes de los materiales del Jurásico Medio y Superior que componen parte del Grupo Chelva. Dicho grupo lo integran de base a techo la formación Pedregal (Aalenense-Bajociense medio), la formación Moscardón (Bajociense superior-Bathonense inferior), la formación Domeño (Bathonense superior-Calloviense) y la formación Yátova (Oxfordiense).

Los afloramientos jurásicos clásicos que muestran el límite entre los pisos Calloviense y Oxfordiense en las localidades de Ariño (Ventas de San Pedro y alrededores), Andorra y Calanda presentan un interés excepcional por su gran riqueza fosilífera en invertebrados marinos, el desarrollo del nivel de oolitos ferruginosos de la capa de Arroyofrío y los caracteres tafonómicos que muestran los ammonoideos, permiten reconocer un clino tafonómico por abrasión que indica la exposición subaérea de la plataforma durante este

intervalo. De acuerdo con algunos autores (Meléndez *et al.*, 1997) los materiales analizados, se encontraban durante el Jurásico Medio y Superior, formando parte de un alto paleogeográfico: el denominado “Alto de Ariño-Andorra” (Aurell, 1990; Fontana y Meléndez, 1990). La exposición subaérea de este sector de la plataforma, propició el desarrollo de una laguna estratigráfica de amplitud variable, mayor en la parte distal y menor en la parte proximal de la plataforma, tal como se refleja en la figura 4.

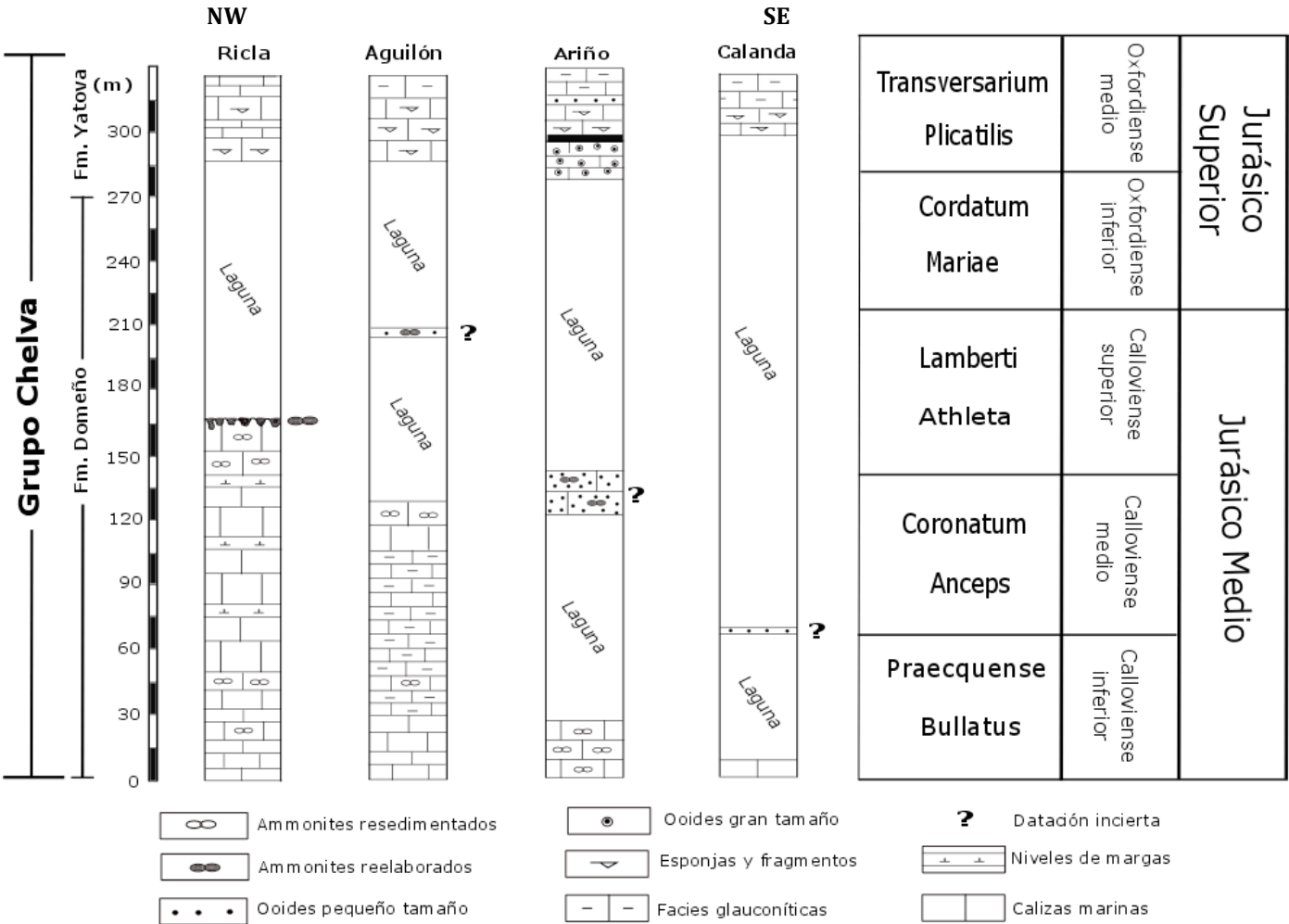


Figura 4: Columnas estratigráficas sintéticas de los materiales del Calloviense-Oxfordiense en las localidades de Ricla, Aguilón, Ariño y Calanda. Información bibliográfica tomada de Sequeiros y Meléndez (1979) para Aguilón y Meléndez (1989) para Ricla.

Los ejemplares procedentes de Chile, por otro lado, han sido recogidos en los materiales jurásicos aflorantes en la Cordillera Domeyko; estos materiales se corresponden con las unidades carbonatadas marinas del Grupo Caracoles, que abarca desde el Bajociense hasta el Neocomiense, incluyendo una buena representación del intervalo Calloviense-Oxfordiense. Dicho grupo lo integran de base a techo la formación Torcazas, la formación Caracoles, la formación Dolarisa, la formación Millonana y la formación Honda.

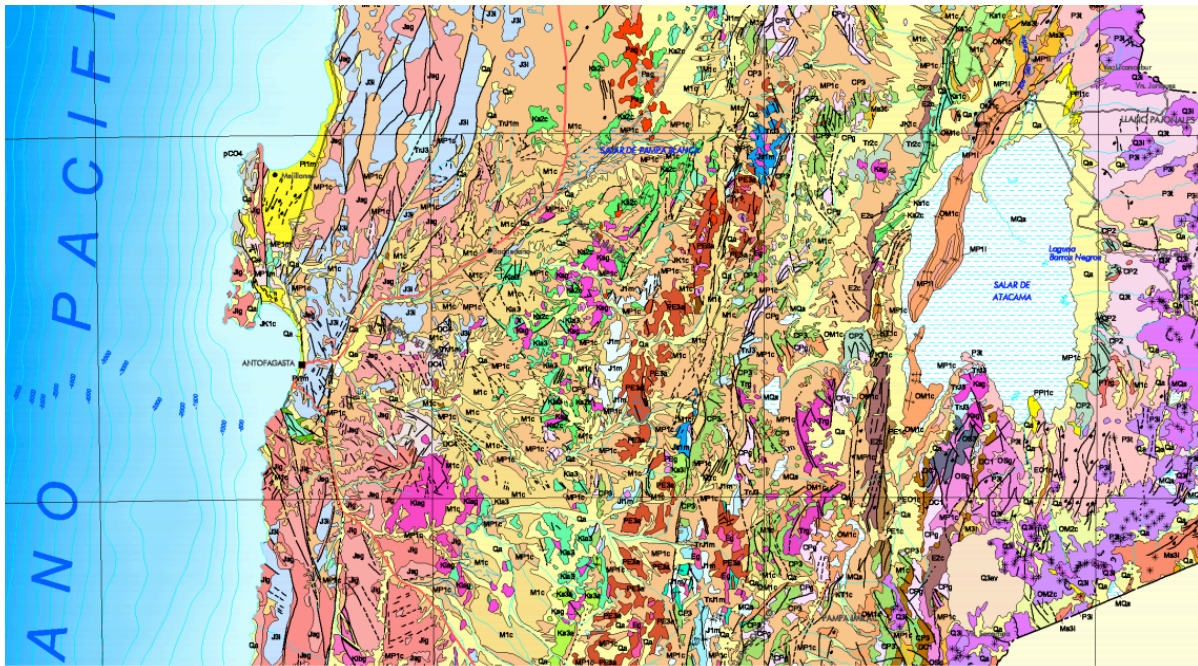


Figura 5: Mapa geológico de Chile, versión digital, escala 1:1.000.000. Modificado del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Los ejemplares recogidos por el Doctor Guillermo Chong Díaz y sus alumnos, fueron tomados en los materiales correspondientes con la formación Dolarisa (Calloviense-Oxfordiense), rica en contenido fósil de invertebrados marinos (ammonites). Según los datos aportados por Valenzuela (2014) esta unidad corresponde a 325 metros de lutitas y calizas marinas (en algunos casos oolíticas), intercaladas en bancos de 30 a 40 metros de espesor.

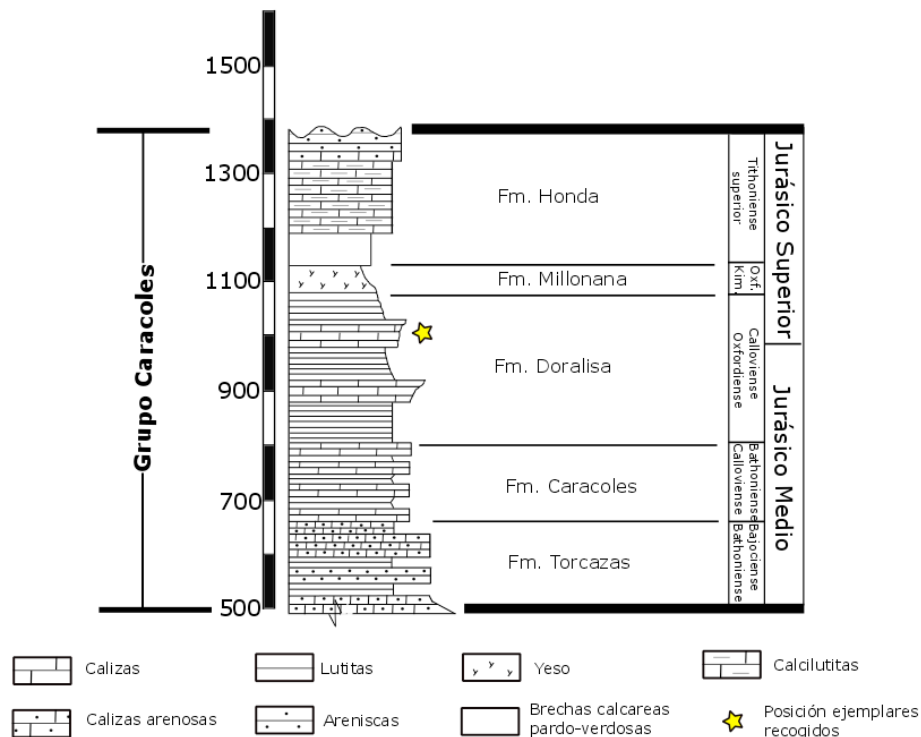


Figura 6: Columna estratigráfica sintética del Grupo Caracoles y localización del punto de toma de los ejemplares chilenos. Modificada de Valenzuela (2014).

PRESENTACIÓN

El trabajo paleontológico realizado, abarca el estudio y la determinación de algunas formas relevantes de ammonoideos del intervalo comprendido entre el Bathoniense superior (Biozona Discus) y el Oxfordiense medio (Biozona Bifurcatus). Estas formas corresponden a las familias Zigzagiceratinae, Pseudoperisphinctinae, Oppeliidae (subfamilia: Hecticoceratinae y Oppeliinae) Macrocephalitidae y Perisphinctinae. Asimismo, entre el material estudiado procedente de la Cordillera Domeyko (Chile) encontramos representantes de la subfamilia Viñalesphinctinae tal como fue definida por Meléndez y Myczynski (1987). Estas formas han sido comparadas con las formas cubanas que estudiaron Judoley y Furrázola-Bermúdez (1969), y que muestran un marcado endemismo respecto a las chilenas.

Taxonomía y descripción

A lo largo de las sesiones dedicadas al trabajo de campo recorriendo la transversal citada anteriormente en la Sierra de Arcos, se recogieron una serie de ejemplares de ammonoideos en las localidades de Ariño, Andorra y Calanda (láminas I-III). Además, se ha utilizado como material complementario algunos ejemplares representativos procedentes de Ricla y Aguilón, y de la Sierra de Albarracín (láminas IV-V). Estos ejemplares sumados a la colección de ammonoideos chilenos (láminas VI-VII) incluyen representantes de los siguientes grupos taxonómicos:

Ricla

En esta localidad, en los afloramientos Ri.2 a Ri.4 la sucesión Bathoniense-Calloviense-Oxfordiense se puede seguir en detalle a lo largo del Barranco de la Paridera y sus numerosas ramificaciones. El límite entre el Bathoniense y el Calloviense viene marcado por una discontinuidad estratigráfica, que de acuerdo con algunos autores indicaría un episodio de emersión generalizada de la plataforma. Desde el punto de vista paleontológico, viene marcado por la desaparición de la subfamilia Zigzagiceratinae, la expansión de los Pseudoperisphinctinae (*Homoeoplanulites*) y los Macrocephalitidae. Los representantes de la familia Tullitidae (*Bullatimorphites bullatimorphus* y *B. hannoveranus*) y formas afines (*Kheraicerias*) muestran una clara disminución aunque algunas formas representativas de esta familia, como *B. bullatus* y *B. praecuense* continúan durante todo el Calloviense inferior y son instrumentos clave en el establecimiento de las unidades bioestratigráficas. Los Hecticocerátidos (géneros: *Prohecticoceras*, *Hecticoceras*, *Brightia* y otros) forman una sucesión continua durante todo el Calloviense. La especie *H. (Obignyceras) trezeense* encontrada en los niveles superiores de la sucesión, por debajo del límite Calloviense-Oxfordiense, junto con un ejemplar de *Peltoceras trifidum* no reelaborado (figura 3, lamina V) ha permitido datar con precisión la base de la Biozona Athleta y reconocer la amplitud de la laguna estratigráfica en este punto, que se extendería aproximadamente entre la parte media de esta biozona hasta la parte superior del Oxfordiense medio (Biozona Plicatilis). Durante este intervalo la plataforma habría permanecido emergida, interrumpida sólo por breves intervalos o episodios de inundación. La presencia en este intervalo de un conjunto de ejemplares que muestran un clino tafonómico por abrasión confirma esta hipótesis, el estudio tafonómico de los ejemplares será desarrollado en el siguiente apartado.

Por encima de esta discontinuidad se reconocen los niveles de espongiarios de la Fm Yátova. Los niveles de esta formación abarcan desde el Oxfordiense medio (Biozona Plicatilis o base de la Biozona Transversarium) hasta la parte media de la Biozona Hypselum.

Aguilón

Las unidades del Jurásico Medio y Superior en Aguilón afloran ampliamente y en buenas condiciones para su estudio, al norte de esta localidad en el flanco sur de un anticlinal vergente (o cabalgante) hacia el Norte. Los trabajos que han tratado la estratigrafía del Jurásico son numerosos. Entre los que han tratado más en detalle las sucesiones de ammonoideos destacan los de Sequeiros y Meléndez (1979) y Meléndez (1989). En esta localidad la sucesión del Jurásico Medio muestra un espesor notablemente menor que en Ricla, lo que puede seguramente ser debido a la acción de fallas contrapuestas a las fallas lítricas que determinan el basculamiento de la plataforma durante este intervalo. De hecho, las variaciones de espesor de la sucesión Jurásica coinciden de modo bastante ajustado con el curso de los principales ríos tributarios del Ebro en esta zona (Jalón, Huerva, Aguas Vivas, Martín y Guadalope).

La sucesión del Bathoniense muestra una sucesión semejante a la reconocida en Ricla, si bien bastante menos potente, no superando aquí los 50 o 60 metros. La presencia de ejemplares (macroconchas adultas) de *Procerites*, *Wagnericeras*, *Homoeoplanulites* y *Bullatimorphites* en los niveles terminales de la sucesión, formando poblaciones tafónicas de tipo 3, indica claramente el proceso de somerización y la llegada de conchas de individuos adultos por deriva necroplañtónica desde áreas distales más abiertas de la plataforma. La discontinuidad a techo de este intervalo de la unidad (definida como formación Domeño) abarca al menos la mayor parte de la Biozona Discus (no se ha encontrado ningún ejemplar de *Clydoniceras* hasta la fecha) y parte del Calloviense inferior (Biozona Bullatus): En los primeros niveles del Calloviense no se han encontrado ejemplares de *Macrocephalites* aunque son frecuentes los Hecticocerátidos del intervalo Bullatus-Praecquense y sobre todo, algún ejemplar de *Dolikephalites gracilis* SPATH no reelaborado, que permite datar con precisión este intervalo como parte alta del Calloviense inferior. El Calloviense medio (Biozona. Coronatum) estaría representado, al menos en parte, en los últimos metros de esta sucesión que forma una secuencia claramente somerizante, por la presencia de algún ejemplar no reelaborado de *Erymnoceras* y de *Reineckeia (Collotia)* (Sequeiros y Meléndez, 1979). Por encima, una fuerte discontinuidad erosiva da paso a la capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrío, que en esta localidad tiene un espesor que no suele superar los 20 a 30 cm. En esta capa se observó una asociación conservada que contiene ejemplares reelaborados de ammonoideos de distintos niveles del Oxfordiense inferior, como *Prososphinctes* o *Passendorferia czenstochowiensis* (Siemiradzki). La presencia de estas formas indicaría la existencia de pequeños intervalos de inundación en un amplio intervalo en el que la plataforma debió estar predominantemente expuesta.

En esta localidad los ejemplares de espongiarios de la Formación Yátova muestran un alto grado de encajamiento, llegando en ocasiones a una imbricación total y, al contrario que en Ricla, no se ha registrado la presencia de biohermos de espongiarios con los ejemplares en posición de producción. Los montículos que se pueden observar localmente corresponden a

concentraciones de ejemplares en posición invertida reteniendo fango micrítico por el efecto “baffle” (o pantalla), e indicando la acción de agentes mecánicos previos al enterramiento y posteriores a la micritización de los mismos. Constituyen claramente niveles de tormenta. En cualquier caso, aunque estos niveles reflejan una profundización clara de la plataforma por debajo del nivel de base del oleaje de buen tiempo, ésta debió ser menos que en Ricla. En estos mismos niveles la Biozona Transversarium se caracteriza por la presencia de formas de perisphinctidos como *Perisphinctes (Dichotomosphinctes) wartae* Bukowski, *Perisphinctes parandieri* De Loriol o *Passendorferia birmensdorfensis* (Moesch). La Biozona Bifurcatus queda evidenciada por diversas formas de *Perisphinctes (Dichotomoceras) bifurcatoides* Enay; *P.(D.) duongi* Meléndez y *P.(D.) bifurcatus* Quenstedt. La transición a la Biozona Hypselum del Oxfordiense Superior viene marcada por el primer registro de *Euaspidoceras hypselum* (Oppel), *Passendorferia gygii* Brochwicz-Lewinski y *Passendorferia rozaki* Meléndez.

Ariño (Ventas de San Pedro)

En los entornos de esta localidad, se han estudiado los afloramientos AR.1 y AR.2, en la margen derecha del Río Marín y el del Barranco de las Estacas en la margen izquierda. En estos puntos encontramos los materiales del Jurásico Medio y Superior representados por el grupo Chelva con la Fm. Domeño a base y a techo la Fm. Yátova.

El Calloviense inferior está representado por las biozonas Bullatus y Praequense, que se caracterizan por la presencia de ejemplares de *Macrocephalites* del grupo *verus* SPATH y ejemplares de *Bullatimorphites* de los grupos *bullatus* y *praequense*. Esta secuencia basal termina con un nivel fuertemente cementado y limitado a techo por una superficie de truncamiento con evidencias de karstificación. La presencia de ejemplares truncados y reelaborados indica la existencia de procesos prolongados de removilización previos a la sedimentación de la siguiente secuencia. Por encima de esta discontinuidad se localiza un intervalo de 30 cm de espesor formado por calizas más o menos bioclásticas con ooides bien clasificados y de pequeño tamaño, con multitud de ejemplares de *Dolikephalites gracilis* SPATH y distintas formas de *Hecticoceras* y *Brightia*: Se trata de moldes internos micríticos desarticulados a favor de un septo y rodeados por caliza oolítica en discontinuidad litológica, textural y estructural con la matriz, lo que indica su estado mecánico de conservación reelaborado.

Por encima de esta superficie se encuentra un segundo episodio oolítico formado por dos niveles separados por una superficie de discontinuidad neta. Al contrario que en la capa inferior, en ambos niveles los oolitos son muy abundantes y heterométricos. El primer nivel contiene localmente concentraciones de moldes de ammonites con alto grado de imbricación, superficies de desgaste y desarrollo de encostramientos ferruginosos. Aunque no está clara la existencia de ejemplares determinativos de ammonites no reelaborados, con la excepción de algún ejemplar de *Prososphinctes* característico de la Biozona Cordatum en otras áreas próximas, los datos disponibles parecen indicar que estos niveles oolíticos representarían distintos episodios de inundación de la plataforma entre el Oxfordiense inferior (Biozona Cordatum) y la base del Oxfordiense medio (Biozona Plicatilis), si bien la sedimentación durante dicho intervalo debió ser discontinua y episódica, desarrollándose en medios poco profundos y en ocasiones, aunque no siempre relativamente energéticos. En

conjunto, las estructuras generadas por procesos tafonómicos que muestran los ejemplares forman un clino tafonómico por abrasión indicativo del paso de condiciones submareales someras a intermareales o supramareales. La presencia en afloramientos de otras áreas como Moscardón y Frías de Albarracín (que en este intervalo forman parte del mismo bloque de la plataforma) confirma claramente esta interpretación. En Moscardón tiene un especial interés el registro de ejemplares de *Macrocephalites* conservados como *moldes concrecionales sin septos* imbricados. Los materiales correspondientes al Oxfordiense medio consisten en unas calizas con ooides de mayor tamaño y mal clasificados, prueba de que el área fuente se encontraba más cerca que el caso anterior, estos materiales corresponden con las biozonas Plicatilis y Transversarium. A techo de la serie, la Fm. Yátova de edad Oxfordiense superior consta a base de unas calizas de esponjas y a techo de una secuencia glauconítica, estas representan las facies más someras (sometidas al oleaje) de toda la serie descrita. El material recogido en estos cortes descritos corresponde con los siguientes taxones:

(1) Familia Macrocephalitidae:

Macrocephalites: Concha de morfología globosa (esferoconos), presentan costulación fina, bifurcada casi desde ombligo. Estos ejemplares corresponden al Calloviense inferior.

Dolikephalites: La microconcha corresponde con formas de arrollamiento más evolutivo y costulación más gruesa. Sin embargo, la macroconcha corresponde con formas más globosas y de arrollamiento más involuto, además la costulación que presentan suelen ser más fina que en las microconchas y se va atenuando en los estadios adultos. En ambos casos la costulación es simple. Este género (para algunos autores subgénero de *Macrocephalites*), se desarrolla sobre todo en la parte superior del Calloviense inferior, en la Biozona Praecquense, o Gracilis).

(2) Familia Tullitidae:

Bullatimorphites: La microconcha corresponde con formas de arrollamiento más evolutivo y costulación más gruesa. Sin embargo, la macroconcha corresponde con formas más globosas y de arrollamiento más involuto. La costulación que presentan suele ser más fina que en las microconchas y se va atenuando en los estadios adultos. En ambos casos la costulación es simple. Estos ejemplares corresponden al Calloviense inferior.

(3) Familia Perisphinctidae:

Otosphinctes: Serpenticonos relativamente evolutos evolucionando hacia formas más involutas. Presentan frecuentes nudos o costillas parabólicas (engrosadas) las costillas son gruesas en la región de la espira externa de la concha más próxima al ombligo. Costulación generalmente bifurcada. *Otosphinctes* se admite como la microconcha de *Kranaosphinctes*.

Subfamilia Pseudoperisphinctinae:

Homoeoplanulites: Platyconos evolutos en microconchas, en las macroconchas se aprecia un crecimiento acelerado en las últimas vueltas reflejado por el aumento del espaciado entre las costillas. La costulación primaria es regular y posteriormente se dividen en múltiples finas. Estas formas corresponden al intervalo Bathoniense-Calloviense inferior.

Andorra y Calanda

Los materiales que representan el Jurásico Medio y Superior en los entornos de las localidades de Andorra y Calanda se encuentran formando parte de una serie de pliegues, cuya dirección principal es E-W. Estos niveles, se caracterizan por representar altos valores de condensación estratigráfica, que llega a alcanzar los valores máximos en las secciones de Alcorisa (Pantano de Gallipué) y Ejulve. La similitud entre los materiales que se encuentran en los alrededores de estas dos localidades (Andorra y Calanda) ha permitido agrupar la descripción de ambas localidades en una.

El Calloviense inferior en este sector está representado por unos bancos de calizas masivas compactas de tono rojizo, con presencia de *Macrocephalites* spp. (biozonas Bullatus y Praequense). Entre este nivel y el siguiente se observan frecuentes costras ferruginosas, indicadoras de un período de tiempo de no sedimentación, en este punto podría comenzar el desarrollo de la laguna estratigráfica que se ha mencionado anteriormente para las otras localidades. En los alrededores de Andorra y Calanda, dicha laguna alcanzaría su máxima amplitud, al no encontrar ningún material representativo del resto del Calloviense ni del Oxfordiense inferior, a excepción de la capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrío, que se sitúa inmediatamente por encima de las costras ferruginosas citadas. Este tramo se corresponde con calizas de tonos crema, con oolitos ferruginosos de pequeño tamaño y bien clasificados junto con ejemplares de *Dolikephalites* reelaborados. El estado de conservación reelaborado de los ejemplares de ammonoideos, no permite concretar con exactitud la edad de este nivel, a pesar de que su posición en la serie estudiada permite reconocerlo como anterior al Oxfordiense medio.

El Oxfordiense medio está representado por la Formación Yátova, compuesta por unas calizas beige claro estratificadas en bancos regulares con restos de espongiarios, intercaladas con pequeños niveles de margas grises, en algunos puntos los niveles de margas se hacen gradualmente más potentes en los tramos superiores. En estas calizas, se han observado ocasionalmente ejemplares de *Passendorferia* (Pass.) *tenuis* (ENAY) y otro ejemplar de *Sequeirosia* (Seq.) *brochwiczi*, estos corresponden con la biozona Plicatilis. A techo de la secuencia se observa una costra limonítica en la que abundan restos de espongiarios, y fragmentos de ammonites y crinoides.

El último tramo de esta formación, consiste en unas calizas glauconíticas en el que se encuentra algún fragmento de *Perisphinctes* sp. en la zona de Calanda. A techo se encuentran ejemplares de *Orthosphinctes* gr. *polygyratus* (REIN.) cubiertos por una costra ferruginosa. Estas formas corresponden ya a la biozona Bimammatum (Oxfordiense Superior) por tanto esta superficie podría corresponderse con el Oxfordiense terminal y marcar el límite con el Kimmeridgiense.

Los ammonites recogidos en este área corresponden con los siguientes ejemplares:

(1) Familia Macrocephalitidae:

Macrocephalites: Presentan Concha de morfología globosa (esferoconos), la costulación es en todos los casos fina, de espaciado regular y se bifurca casi desde ombligo. Estas formas corresponden al Calloviense inferior.

Dolikephalites: La microconcha corresponde con formas de arrollamiento más evolutivo y costulación más gruesa. Sin embargo, la macroconcha corresponde con formas más globosas y de arrollamiento más involuto, además la costulación que presentan suelen ser más fina que en las microconchas y se va atenuando en los estadios adultos. En ambos casos la costulación es simple. Este género (para algunos autores subgénero de *Macrocephalites*), se desarrolla sobre todo en la parte superior del Calloviense inferior, en la Biozona Praecquense, o Gracilis).

(2) Familia Perisphinctidae:

Subfamilia Pseudoperisphinctinae:

Homoeoplanulites: Platyconos evolutos en microconchas, en las macroconchas se aprecia un crecimiento acelerado en las últimas vueltas reflejado por el aumento del espaciado entre las costillas. La costulación primaria es regular y posteriormente se dividen en múltiples finas. Estas formas corresponden al intervalo Bathoniense-Calloviense inferior

Antofagasta (Chile)

Esta colección de ammonites procede de los niveles carbonatados de la Formación Dolarisa. Esta formación está compuesta por una intercalación de niveles de calizas y niveles más potentes de lutitas, dicha secuencia podría representar diferentes ciclos de profundización y somerización de la cuenca.

La información existente de estos niveles es, por lo general, escasa y poco detallada, ya que la mayoría de los trabajos existentes son antiguos y muy generales o corresponden a recolecciones realizadas en períodos de prácticas con alumnos o que cubren aspectos muy diversos de la geología regional. A pesar de ello, el estudio realizado sobre los ammonoideos ha permitido su determinación taxonómica y su asignación con relativa precisión, a los sucesivos niveles del Oxfordiense, en muchos casos comparando las formas de las familias Oppeliidae y Euaspidoceratidae con las formas equivalentes del Tethys occidental. Los ejemplares que se han estudiado procedentes de la Cordillera Domeyko corresponden con los siguientes grupos:

Ochetoceras: Los ejemplares de *Ochetoceras* de esta región de Chile no han sido aún objeto de un estudio taxonómico detallado. Ciertamente muestran un claro homeomorfismo con las formas correspondientes del Tethys occidentales, lo que ha llevado a algunos autores a afirmar el carácter cosmopolita de este grupo. No obstante, esta afirmación no ha sido corroborada por estudios taxonómicos y bioestratigráficos de detalle.

(1) Subfamilia Viñalesphinctinae:

Viñalesphinctes: Presencia de constricciones ocasionales que pueden aparecer a lo largo de toda la concha, incluyendo la región del ombligo y la vuelta externa. Interpretadas clásicamente como indicadores de momentos de detención del crecimiento por unos autores, otros las consideran como los puntos de emplazamiento de los peristomas juveniles. Este taxón agrupa a un conjunto de formas típicamente perisphinctoides (serpenticonos relativamente evolutos) que, al contrario que los Perisphinctinae tethysianos, muestran en las macroconchas una tendencia temprana a la obliteración de la costulación en el estadio adulto. Este carácter, interpretado como un proceso evolutivo iterativo y

divergente de la rama pacífica, se encuentra desarrollado sólo en los estadios adultos en las formas chilenas, mientras que en las formas cubanas se encuentra ya presente en los estadios efébicos, evidenciando una acentuación del endemismo de las mismas. En los estadios nepiónicos tanto para las formas chilenas como cubanas, las costillas se presentan muy marcadas y el crecimiento es progresivo

El género *Viñalesphinctes* fue definido por Judoley y Furrázola-Bermúdez como una forma particular de la región cubana de Viñales y tradicionalmente ha sido considerada por la mayoría de los autores como un endemismo local de los Perisphinctidos del Tethys occidental. No obstante, la información aportada por las formas procedentes de la Cordillera Domeyko de Chile apunta claramente en sentido contrario, como un endemismo local de una rama divergente de los Perisphinctinae en el Pacífico oriental. Esto llevó a Meléndez y Myczynski en 1987 a proponer la subfamilia Viñalesphinctinae como una rama independiente de la familia Perisphinctidae.

(2) Familia Tulitidae:

Bullatimorphites: La morfología que presentan estas formas en Chile es muy similar a los ejemplares que se pueden encontrar en el Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica.

La microconcha corresponde con formas de arrollamiento más evolutivo y costulación más gruesa. Sin embargo, la macroconcha corresponde con formas más globosas y de arrollamiento más involuto, además la costulación que presentan suele ser más fina que en las microconchas y se va atenuando en los estadios adultos. En ambos casos la costulación es simple. Estas formas corresponden al Calloviense inferior.

(3) Familia Aspidoceratide:

Mirosphinctes: Las formas de este género, probable microconcha de los Euaspidoceratinae, son relativamente abundantes entre el material estudiado. Se caracterizan por su pequeña talla y su costulación bifurcada y retroversa. Su fuerte similitud con las formas equivalentes del Tethys occidental ha llevado a la mayoría de los autores a asociarlos a la misma edad (Oxfordiense medio, Biozona Bifurcatus) si bien esto podría variar, pero por el momento no se ha podido precisar más la edad de estos niveles.

Tras la recopilación de todos los datos taxonómicos extraídos del estudio de las asociaciones de formas Chilenas y de las Ibéricas, se puede concluir que los perisphinctidos conservados en los materiales correspondientes al Jurásico Medio y Superior de la Sierra de Arcos, presentan una serie de diferencias y similitudes con los ammonoideos correspondientes a la subfamilia Viñalesphinctinae de Chile. Los perisphinctidos, a grandes rasgos, suelen presentar un elevado número de constricciones presentes a lo largo de toda la concha, de la misma forma que los *Viñalesphinctes* de Chile, otro rasgo similar es que estas formas son serpenticonos relativamente evolutos, sin embargo, no se observa en estos grupos de perisphinctidos la atenuación de la ornamentación en las últimas vueltas en ningún estadio ontogenético, al contrario que en los Viñalesphinctinae en los que se observa este rasgo ornamental en los estadios efébicos y adultos.

Tafonomía

“La Tafonomía se ocupa del estudio de los procesos de fosilización y de la formación de los yacimientos de fósiles. La Tafonomía es un subsistema conceptual de la Paleontología que aspira a explicar cómo ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado el registro fósil”. Fernández-López (2000).

Aceptando esta definición, los elementos fósiles en cualquiera de sus tres estados tafonómicos (acumulado, resedimentado y reelaborado) reflejan los procesos dinámicos naturales de un sistema, por tanto, la información obtenida de un análisis de este tipo, puede ser fundamental para comprender la evolución de una cuenca, complementar el estudio estratigráfico de un yacimiento y conocer en definitiva todos los acontecimientos experimentados por las diferentes entidades fósiles tras su producción.

Ejemplares de Ricla

Los restos de ammonoideos encontrados en las inmediaciones de Ricla en el límite Calloviense-Oxfordiense, constituyen moldes fosfáticos de Perisphinctidos, Hecticocerátidos y otros grupos de ammonoideos característicos de este intervalo (*Prososphinctes*). En medios marinos muy energéticos, sometidos a un alto grado de agitación de las aguas, la materia orgánica contenida en las conchas de los ammonoideos libera ácido trifosfórico, el cual en presencia de oxígeno puede combinarse con los cationes de calcio libres en la masa de agua. El resultado se traduce en la precipitación de fosfato tricálcico, que se presentará como el componente de los moldes internos de los ejemplares.

Según Juárez *et al.* (1998) estas formas fueron posteriormente sometidas a un metamorfismo de bajo grado, junto con un aumento de la temperatura, durante el Cretácico Inferior que habría provocado la remagnetización de los materiales del Jurásico. Así, las sucesiones Jurásicas del entorno del Moncayo han dado siempre resultados negativos en los análisis de Paleomagnetismo.



Figura 7: Molde fosfático de un Perisphinctido. Obsérvese el color negro del mismo por el posterior aumento de la temperatura que afectó a estos materiales durante el Cretácico Inferior.

Desde el primer nivel también se encuentran ejemplares de espongiarios que se conservan como ejemplares completos, generalmente en posición invertida, que mantienen la forma y el volumen y que muestran un alto grado de encajamiento e imbricación junto a belemnites y ammonoideos removilizados. Con frecuencia desarrollan encostramientos bacterianos en la cara inferior (conservada como cara superior, dado su carácter invertido) y que además suelen presentar fósiles de serpúlidos y otros grupos incrustantes.

Estos caracteres son indicativos de (1) micritización temprana (previa al enterramiento) de los restos de espongiarios por la acción de cianobacterias en un ambiente subóxico, por debajo del nivel de base del oleaje de buen tiempo pero dentro del nivel de base del oleaje de tormenta. (2) Acción de tormentas que habría propiciado la inversión de los restos de espongiarios y su concentración en posición de máximo equilibrio mecánico así como el encajamiento y en algunos momentos la imbricación de los restos. (3) Exposición prolongada sobre el fondo, lo que habría propiciado la generación de velos bacterianos y su posterior colonización por epizoarios. (4) enterramiento rápido en una fase posterior de aporte sedimentario (figura 1, Lámina V). Esta misma situación se repite en todas las demás localidades estudiadas y es indicativa de un rápido proceso de profundización de la plataforma tras el episodio de exposición subaérea en el límite Calloviense-Oxfordiense según apuntan Fernandez-Lopez y Melendez (2004).

A techo de la secuencia encontramos un paleorelieve, cuyas cavidades fueron rellenas por ejemplares reelaborados de ammonites, en estos ammonoideos reelaborados se observa el desarrollo de surcos anulares, estos indicadores son la evidencia de este estado tafonómico (figura 2, lámina V). Además de las evidencias tafonómicas observables en los ammonoideos y las asociaciones que se han citado anteriormente, también se observaron en campo a unos metros de la secuencia descrita anteriormente, el desarrollo de biohermos de espongiarios conservados en posición de producción. Este hecho implica por un lado la autoctonía de las esponjas y por otro un claro proceso de profundización, que llega a su máximo en los niveles del límite de las biozonas Bifurcatus-Hypsolum en los que se ha caracterizado la existencia poblaciones tafónicas de tipo 2 en distintas formas de ammonoideos (Fernández-López y Meléndez, 2004)



Figura 8: A la izquierda (A) biohermos de esponjas en posición de producción. A la derecha (B) ciclos de episodios de tormentas en cuyo seno se encuentran los ejemplares resedimentados y reelaborados.

Ejemplares de Aguilón

Según se ha mencionado anteriormente en el apartado de taxonomía, la presencia de entidades conservadas correspondientes a macroconchas adultas de diferentes ejemplares en los niveles terminales de la sucesión, formando poblaciones tafónicas de tipo 3, lo que indica el proceso de somerización que afectó a la cuenca en este sector y la llegada de conchas de individuos adultos por deriva necroplanctónica desde áreas distales más abiertas de la plataforma. Este hecho sumado al grado de fragmentación de las conchas de los ammonoideos (figura 1B, lámina IV), pone en evidencia que estas formas se vieron sometidas a un proceso de removilización desde su ambiente de vida natural hasta otras zonas, por tanto además de confirmar la aloctonía de estos grupos, tafonómicamente también podríamos clasificarlos como entidades resedimentadas.

Por otro lado, al estudiar en detalle los ejemplares correspondientes a la capa de oolitos ferruginosos de Arroyofrío, se observa como el relleno que compone los moldes internos, no está compuesto por caliza oolítica (siendo exclusivamente micrítico), al contrario que la matriz en la que se encuentran. Tras un largo intervalo de tiempo en el que ya se ha dado un primer estadio de enterramiento de la entidad producida y se han ido generando distintos procesos de cambio de estado, el ejemplar puede desenterrarse a causa de procesos erosivos. Por tanto, el último episodio de enterramiento, puede desarrollarse en un ambiente sedimentario muy diferente al ambiente original. De esta forma, el material que constituirá la segunda matriz, distará mucho del relleno de la concha que al cementarse en procesos anteriores se ha conservado. De acuerdo con esta descripción del proceso, una evidencia clara de reelaboración es el observar una discontinuidad litológica entre el material que constituye el relleno del ejemplar y la matriz circundante, tal y como se observa en estos ejemplares estudiados.

Por último también se han encontrado ejemplares de “ammonites huecos” (figuras 2A 2B y 3A 3B, lámina IV). El desarrollo de esta característica física y los procesos de cambio que implica, se explicarán más en detalle en los ejemplares de Ariño, ya que es en esa localidad donde son más frecuentes y numerosos los citados “ammonites huecos”.

Ejemplares recogidos en Ariño (Ventas de San Pedro)

La mayor parte de los ejemplares hallados en los entornos de la localidad de Ariño presentan el fragmocono con relleno sedimentario parcial, estado que comúnmente se ha calificado con el término “ammonites huecos”. La génesis y conservación de cavidades que los procesos de sedimentación no llegaron a colmar en las vueltas más internas de las conchas, es resultado de un proceso de enterramiento rápido y cementación temprana.

Posteriormente, distintos procesos diagenéticos tardíos, han dado lugar a que dichas cavidades se encuentren recristalizadas por el fenómeno del neomorfismo (sustitución de componentes minerales de igual composición química); generando un cambio de forma, textura, tamaño y orientación de los cristales de calcita.

Las entidades estudiadas también presentan reelaboración. Según la definición del término reelaboración, se trata de un proceso tafonómico ocurrido tiempo después del primer evento de enterramiento y necesariamente, una vez que los ejemplares se encontraban ya fosilizados y/o cementados (si el evento de desenterramiento no presenta una diacronía significativa). Los caracteres secundarios que han sido adquiridos durante los diferentes

procesos de alteración tafonómica y que han sido considerados para calificar el estado tafonómico de los ejemplares como reelaborados, se detallan a continuación.

Moldes internos desarticulados a favor de un septo. Este estado implica la disolución de la concha tras la fosilización del ejemplar. En presencia de aguas subsaturadas en carbonato cálcico y aun más rápidamente en aguas que presenten cierto carácter ácido, se produce la disolución de la concha y por tanto de los tabiques entre cámaras, este proceso de disolución, genera en última instancia una serie de planos de debilidad, a través de los cuales se produciría la desarticulación del molde interno cuando este se vea desenterrado y removilizado. La removilización de los ejemplares y su desarticulación parece haber sido originada por una corriente bidireccional que bien podría asociarse a la acción del oleaje.

Otro criterio apreciable en estas formas, es la discontinuidad litológica del relleno interno con la matriz, de la misma forma que en la descripción tafonómica de los ejemplares anteriores de la localidad de Aguilón. El hecho de observar una discontinuidad entre el relleno de las conchas y la matriz que los contiene, es un criterio claro y muy común de reelaboración. En algunos ejemplares además de la discontinuidad litológica relleno/matriz se observan más diferencias estructurales, esto es, se aprecia laminación por compactación en la matriz que curiosamente no se observa en el ejemplar. Este fenómeno ha actuado de forma diferencial entre ambos componentes porque el elemento conservado se encontraba ya litificado antes de ocurrir el episodio de compactación, a diferencia de la matriz, que al no encontrarse cementada si se ha visto afectada, este es otro criterio claro de reelaboración (figura 1C, lámina II).

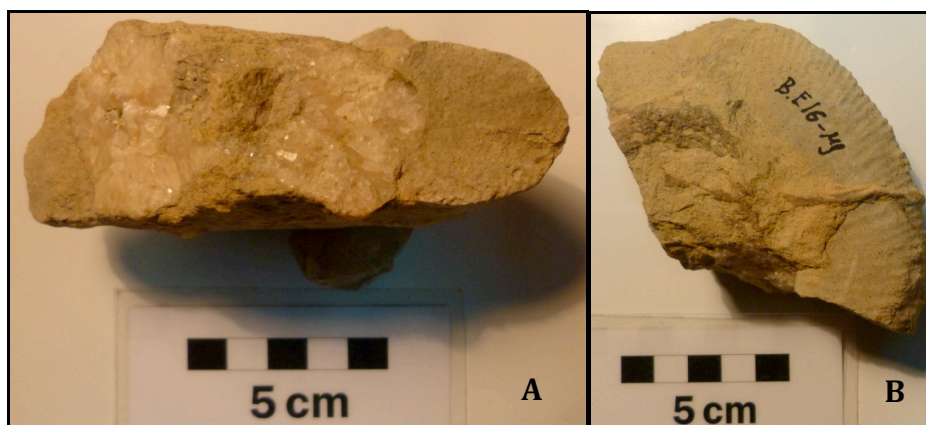


Figura 9: Ammonites hueco recogido en las cercanías de Ariño. Véase en la imagen A, las cámaras internas ocupadas por los cristales de calcita recrystalizada. Véase en la imagen B, la discontinuidad del relleno con la matriz.

Ejemplares recogidos en Andorra y Calanda

El estado tafonómico reelaborado que presentan estos ejemplares, se ha deducido de la interpretación de los procesos e información tafonómica registrada en las diferentes entidades conservadas. Dicha información es muy similar a la de las anteriores localidades analizadas, repitiéndose indicadores como por ejemplo: Presencia de “ammonites huecos” aunque en menor proporción que en las inmediaciones de Ariño (figura 1, lámina III), o el desarrollo de superficies de desarticulación a favor de un septo. Por ello, se van a explicar de manera más detallada otros criterios de reelaboración diferentes que encontramos

también en estos ejemplares y que sin duda son más relevantes para apoyar la hipótesis del anteriormente citado “alto de Ariño-Andorra”.

Acumulaciones de ejemplares con disposición caótica en el espacio, localizadas en lugares puntuales del afloramiento. Estos conjuntos, podrían corresponder a avalanchas o flujos de masa similares a los procesos de debris flow. Puesto que estas disposiciones evidentemente no corresponden con depósitos de corrientes direccionales, y de otra forma no se podrían encontrar ejemplares fósiles en posición vertical, para la conservación no solo de la forma y el volumen de las conchas de ammonoideos, sino también su integridad física y estructural, al no observar la fragmentación de dichas conchas, estos elementos necesariamente debían estar ya fosilizados (o al menos cementados) antes del episodio de caída gravitacional de la masa. Además, en algunos ejemplares correspondientes a estos conjuntos descritos, se ha observado el desarrollo de entalladuras elipsoidales o surcos anulares. Estos caracteres secundarios son fruto de procesos de abrasión que han afectado a los ejemplares tras el episodio de movimiento del flujo de masa, situando el conjunto en otra zona de la cuenca (aunque relativamente cercana) en el que ya se han visto afectados por procesos de desgaste de corrientes direccionales que han generado estas estructuras. El desarrollo diferencial y selectivo de las facetas abrasivas es debido a la exposición a las corrientes de los ejemplares que se encontraban en la superficie de la masa deslizada, con una posición en el espacio relativamente vertical (figura 6, lámina III).

Por último se observa la discontinuidad litológica y estructural del relleno interno con la matriz de la misma forma que se observa en los ejemplares de las anteriores localidades. Este criterio de reelaboración es un indicador determinativo de este estado tafonómico (figura 4, lámina III). El hecho de que se den criterios muy similares de reelaboración en las asociaciones conservadas de los materiales del Jurásico Medio y Superior de las cuatro localidades, es la prueba de que toda la zona pertenecía a la misma plataforma, que al experimentar el basculamiento del bloque, afectó con un grado similar en diferentes episodios a la ganancia de información que actualmente se ha podido estudiar en estos ejemplares. Las diferencias tafonómicas entre las asociaciones son debidas a su ubicación respecto al citado “alto de Ariño-Andorra”.

Ejemplares estudiados de Antofagasta (Chile)

Los ejemplares chilenos presentan las conchas rellenas de sedimento hasta las vueltas más internas, este hecho implica un periodo de exposición en un ambiente de cuenca profunda (o por lo menos más profunda que el ambiente de las asociaciones ibéricas) lo suficientemente largo para colmar todas las cámaras, anterior a su primer estadio de enterramiento.

Los ejemplares también presentan una faceta de truncamiento bajo una cúpula bacteriana. Estos caracteres secundarios adquiridos por las entidades registradas y generados mediante procesos tafonómicos, son indicadores de que los restos producidos se encontraban en un medio de aguas tranquilas, en el que la dinámica de las corrientes oscilatorias, ejercieron sobre los mismos un efecto de abrasión únicamente en la superficie expuesta, afectando tanto a la concha aragonítica del ejemplar como al relleno de la misma. La razón de que este fenómeno erosivo haya afectado con el mismo grado e intensidad tanto a la concha como al relleno, implica la fosilización del elemento conservado en un

primer evento de enterramiento anterior al desarrollo de la faceta de truncamiento, por tanto los ejemplares están también reelaborados.

Según afirma Fernández-López (1984) “Para llegar a establecer que una asociación de fósiles es una asociación condensada sólo es necesario tener en cuenta las relaciones topológicas que, basadas en los caracteres secundarios resultantes de la alteración tafonómica, existen entre los elementos conservados”. Por ello, el hecho de presentar el desarrollo de una colonia bacteriana (microbiolitas) sobre la faceta de truncamiento (estructura generada por procesos de alteración tafonómica), es señal de que la relación establecida entre los ejemplares de ammonoideos y las bacterias, corresponde a una asociación condensada, ya que ambos grupos representan una diacronía temporal, observable en un mismo conjunto.



Figura 10: Muestra de uno de los ejemplares chilenos colonizado por la cúpula bacteriana, en este caso la cúpula incrustó además valvas desarticuladas de otros moluscos.

Por otro lado, bajo un punto de vista paleoambiental la energía del medio debía de ser necesariamente baja, pues un incremento en la misma, no habría sido compatible con la estabilidad necesaria para la construcción y preservación de esta colonia sobre la pieza. Este conjunto de caracteres adquiridos y modificaciones experimentadas por el registro fósil, son indicativas de un ambiente de cuenca marina de cierta profundidad.

Tras la recopilación de todos los datos tafonómicos extraídos del estudio de las asociaciones de formas Chilenas y de las Ibéricas, se puede concluir que los ambientes de los primeros estadios de enterramiento eran diametralmente opuestos (ammonites Chilenos ambiente de cuenca marina profunda y ammonites Ibéricos ambiente de cuenca marina somera). Sin embargo, las entidades que componen dichas asociaciones, han experimentado posteriormente procesos de cambio de estado, en especial, fenómenos de abrasión y removilización tras la fosilización del ejemplar (reelaboración) que permiten relacionar ambos sistemas con procesos de exposición subaérea de las plataformas, habiendo sometido ambos grupos a procesos de alteración tafonómica similares, anteriores al último estadio de enterramiento.

Biogeografía

Los grupos de ammonoideos recogidos a lo largo de la transversal estudiada (NW-SE) en las cercanías de las localidades de Ariño, Andorra y Calanda, constituidos exclusivamente por ejemplares micro y macroconcha, pero con predominio de macroconchas adultas, ponen de manifiesto, en especial atendiendo a los resultados de su análisis tafonómico, su carácter claramente alóctono. El ambiente de vida de estas formas de cefalópodos corresponde a áreas de cuenca marina distal y abierta. No obstante, los resultados del análisis tafonómico y los datos estratigráficos presentados en estudios de la zona por otros autores indican condiciones de enterramiento en áreas someras (submareal somero a intermareal). El hecho de que únicamente se hayan encontrado ejemplares adultos (poblaciones tafónicas tipo 3) pone en evidencia, que los restos fueron transportados del área de vida a zonas de menor profundidad por deriva necroplanctónica, durante o tras la degradación de las partes blandas. Posteriormente, tras el enterramiento y cementación temprana del relleno, los ejemplares se desenterraron y reelaboraron. El clino tafonómico que presentan estas entidades, sumado a la información tafonómica de ejemplares estudiados anteriormente en Ricla, Aguilón, Frias de Albarracín y Moscardón, indican que son elementos que fueron concentrados en una zona inter o submareal somera de la cuenca (alto paleogeográfico de Ariño) por episodios de corrientes predominantemente unidireccionales, como indica su carácter en algunos casos resedimentado, el bajo grado de fragmentación de las conchas y la frecuente imbricación de los ejemplares. A partir de la Biozona Gracilis y del límite de las biozonas Gracilis-Anceps (Limite Calloviense inferior-medio) se produjeron diversos episodios de exposición subaérea de la plataforma dando origen a frecuentes procesos de reelaboración y episodios puntuales de inundación, en los cuales los elementos reelaborados pudieron ser enterrados de nuevo en materiales distintos (caliza de oolitos ferruginosos). Los moldes concrecionales sin septos imbricados reconocidos en las localidades de Moscardón y Frías de Albarracín indican claramente condiciones de exposición subaérea de la plataforma, hecho que corrobora la evolución de la cuenca que estamos planteando al corresponder con puntos que formaban parte del mismo bloque.



Figura 11: Ejemplo de moldes concrecionales sin septos imbricados de las mismas unidades y edad que el material estudiado, fotografiados en los entornos de la localidad de Moscardón.

Respecto a la distribución biogeográfica de los grupos de ammonoideos chilenos del Jurásico Superior, según afirman Meléndez y Myczynski (1987) “El problema de las afinidades biogeográficas de estos grupos se encuentra relacionado con la existencia durante el Oxfordiense de una vía de comunicación abierta, a través del proto-Atlántico, entre el Tethys occidental y el océano Pacífico (corredor hispánico)”.

No obstante las nuevas evidencias indicarían que, pese a que la apertura del Corredor Hispánico facilitó la comunicación entre ambas provincias, la evolución y el endemismo de la subfamilia Viñalesphinctinae comenzó en el Pacífico oriental, apareciendo ya ejemplares con caracteres derivados en Chile (material estudiado en este trabajo) y alcanzando el punto máximo de especiación en las formas cubanas.

DISCUSIÓN

El proceso evolutivo de divergencia de estas formas, es un proceso de especiación que se puede explicar como un proceso de palingénesis, en algunos casos combinado también con aceleración ontogenética. La palingénesis consiste en la aparición de nuevos caracteres en el adulto descendiente, si además se produce aceleración el adulto descendiente puede presentar menor talla aún manteniendo las innovaciones. Este es probablemente el caso de los representantes de la subfamilia Viñalesphinctinae en el dominio Pacífico, puesto que las macroconchas adultas mantienen las innovaciones (atenuación de la costulación en el adulto, constricciones acusadas, etc) con una talla adulta claramente menor que en los Perisphinctinae.

En la subprovincia Cubana, donde fue definido el género *Viñalesphinctes* Spath, los procesos de endemismo local han dado origen a formas adultas de mayor talla, aunque sus caracteres y el desarrollo ontogenético son básicamente los mismos. Las diferencias y similitudes entre los grupos de *Viñalesphinctes* cubanos y los ejemplares chilenos clasificados como correspondientes a la subfamilia Viñalesphinctinae se pueden observar de modo gráfico en la lámina VII contenida en los anexos del presente trabajo, en la que se incluyen ejemplares del estudio de Judoley y Furrázola-Bermúdez (1969). Estas diferencias básicamente consisten en que la atenuación de la ornamentación (costulación) de las macroconchas de ammonoideos cubanos, comienza en etapas ontogenéticas más tempranas, presentando ya estos rasgos derivados en las etapas efébicas o preadultas.

CONCLUSIONS

The present study clearly shows the relevance of ammonite systematics as a valuable tool for establishing the biostratigraphic subdivisions in the Jurassic sequences, throughout the different biogeographic provinces and realms. The potential of such palaeontological group can be regarded as unique in the context of marine Jurassic fossil groups. Similarly, the comparison of similar fossil groups in different biogeographic realms also provides a sound evidence for different modalities of evolution, geographic speciation and endemism. Such evolutionary processes as palingenesis result in a more rapid evolution in geographically isolated populations, as in the case of Cuban in respect to Chilean groups.

The detailed study of Oxfordian ammonite recorded associations from the dessert of Atacama (Cordillera Domeyko, Chile) seems to fully confirm the proposed subfamily

Viñalesphinctinae (Meléndez and Myczynski, 1987), first established for Cuban taxa, and subsequently recognized in Chile. Such proposal, although in clear contradiction with the previously assumed Tethyan origin for this group, fits much better as the result of an iterative evolution from a pacific group.

On what concerns the studied Ammonite recorded associations from the Iberian basin, the study proves the relevance of taphonomic analysis towards the reconstruction of the palaeogeographic evolution of the Jurassic platform. The interpretative strength of such taphonomic features as the different sorts of taphonic populations (conforming a taphonomic cline by dispersal) or the different sorts of abrasion features (conforming a taphonomic cline by abrasion) including the special case of hollow ammonites and concretionary moulds without septa prove undoubtful evidence, respectively, of allochthony of the recorded associations and the subaerial exposure of the platform in different moments of middle and upper Jurassic, but more precisely at the Bathonian-Callovian and Callovian-Oxfordian boundary. Evolutionary taphonomy, hence, proves to be a stronger theoretical model and system than other peripheral theoretical systems.

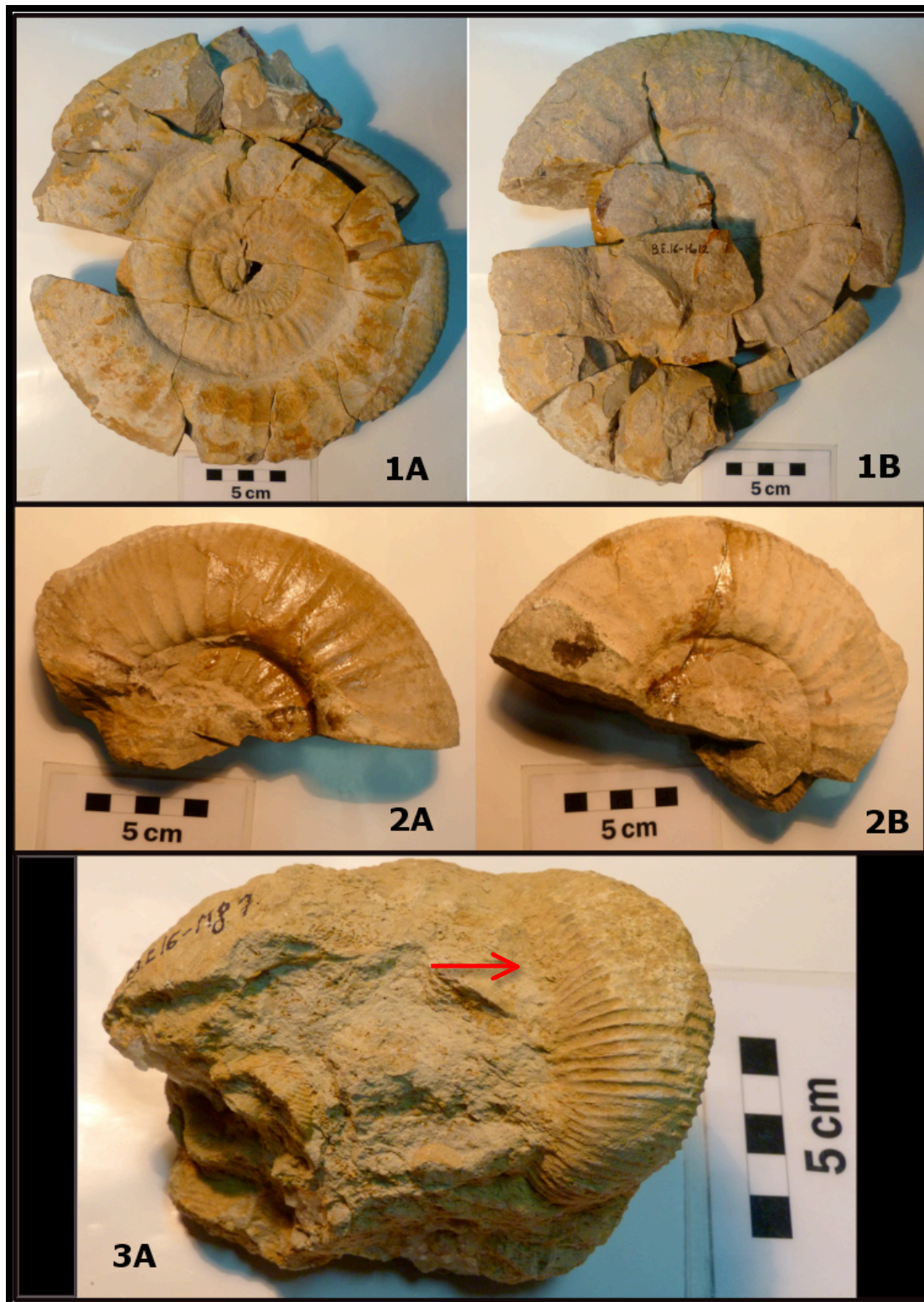
BIBLIOGRAFÍA

- Aurell, M. (1990): *El Jurásico Superior de la Cordillera Ibérica central (provincias de Zaragoza y Teruel). Análisis de cuenca*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 509 p.
- Berrios, H., Niemeyer, H. y Ruiz-Cruz, M.D. (2004): Temperaturas de formación en cataclasitas triásicas de la Cordillera Domeyko, Antofagasta, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 31: 3-18.
- Fernández-López, S.R. (1984): Nuevas perspectivas de la tafonomía evolutiva: tafosistemas y asociaciones conservadas. *Estudios geológicos*, 40: 215-224.
- Fernández-López, S.R. (2000): *Temas de tafonomía*. Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, 28040- Madrid (España). 167 p.
- Fernández-López, S.R. y Meléndez, G. (2004): Fossilization of ammonites and sedimentary events in deep environments of carbonate platform (highest middle to lowest upper Oxfordian, Iberian Range, Spain). *Rivista Italiana di Paleontología e Stratigrafía*, 110: 219-230.
- Fontana, B. y Meléndez, G. (1990): Caracterización bioestratigráfica de la Biozona Transversarium (Oxfordiense medio) en el sector oriental de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta*, 8:76-78.
- Juárez, M.T., Lowrie, W. Osete, M.L. y Meléndez, G. (1998): *Evidence of widespread Cretaceous remagnetisation in the Iberian Range and its relation with the rotation of Iberia*. Earth and planetary science letters. 160: 729-743.
- Judoley K.M. y Furrázola-Bermúdez G. (1969): *Estratigrafía y fauna del Jurásico de Cuba*. ICRM, y Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 126 p., 81 lám.
- Marín, Ph., Pallard, B., Duval, B. y Miroschedji, A. (1977): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 494 (Calanda) y memoria*. IGME, Madrid. 35 p.

- Meléndez, G. y Myczynski, R. (1987): Sobre la posición sistemática de los ammonites del Oxfordiense de los Andes Chilenos (Cordillera Domeyko, Chile, Provincia Andina). *Geogaceta*, 2: 12-14.
- Meléndez, G. (1989): *El Oxfordiense en el sector central de la Cordillera Ibérica (provincias de Zaragoza y Teruel)*. Tesis Doctoral, Institución Fernando el Católico Instituto de estudios turolenses, 418 p.
- Meléndez, G., Bello, J., Delvene, G. y Pérez-Urresti, I. (1997): El Jurásico Medio y Superior (Calloviense-Kimmeridgiense) en el sector de la Llanura de Arcos (Ariño-Oliete, Teruel): Análisis tafonómico y Bioestratigrafía. *Cuadernos de Geología Ibérica*, Tafonomía y fosilización. *Servicio de publicaciones Universidad Complutense*, Madrid, 23: 269-300.
- Meléndez, G., Bello, J., Page, K., Ramajo, J., Núñez, A. y Tomás, M. (2015): Valoración patrimonial de los yacimientos fósiles más relevantes del Jurásico de las ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica. En: *XXXI Reunión de la Sociedad Española de Paleontología* en Baeza. Libro de resúmenes, Reolid, M.(ed). 187-189.
- Núñez, A., Tomás, M. y Meléndez, G. (2015): Valoración de áreas protegidas en Aragón por su interés científico, didáctico y geoturístico: El Parque Cultural del Río Martín. En: *XI Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico SGE*. Libro de actas, 18: 401-406.
- Quintero, I., Almela, A., Gómez Nogueroles, E. y Mansilla, H. (1977): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 493 (Oliete) y memoria*. IGME, Madrid. 44 p.
- Ríos, L.M., Beltrán, F.J. y Lanaja del Busto, J.M. (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 467 (Muniesa) y memoria*. IGME, Madrid. 25 p.
- Ríos, L.M., Beltrán, F.J. y Lanaja del Busto, J.M. (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 468 (Albalate del Arzobispo) y memoria*. IGME, Madrid. 23 p.
- Sequeiros, L. y Meléndez, G. (1979): Nuevos datos bioestratigráficos del Calloviense y Oxfordiense de Aguilón (Cordillera Ibérica, Zaragoza). *Cuadernos de Geología*, 10: 167-177.
- SERNAGEOMIN (2003): *Mapa geológico de Chile 1:1000000, versión digital*. Servicio Nacional de Geología y Minería, publicación Geológica Digital, Santiago.
- Steinmann, G. (1890): Zur Kenntnis der Jura und Kreide Formation von Caracoles (Bolivia) *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Stuttgart*. (1): 239-301.
- Valenzuela, J.I. (2014): *Estratigrafía y geología estructural de la región de Cerro La Ballena-Portezuelo Azabache (Cordillera Domeyko 23°40'-24°00'S)*. Tesis para optar al grado de magíster en ciencias mención geología, Universidad de Chile, 147p.

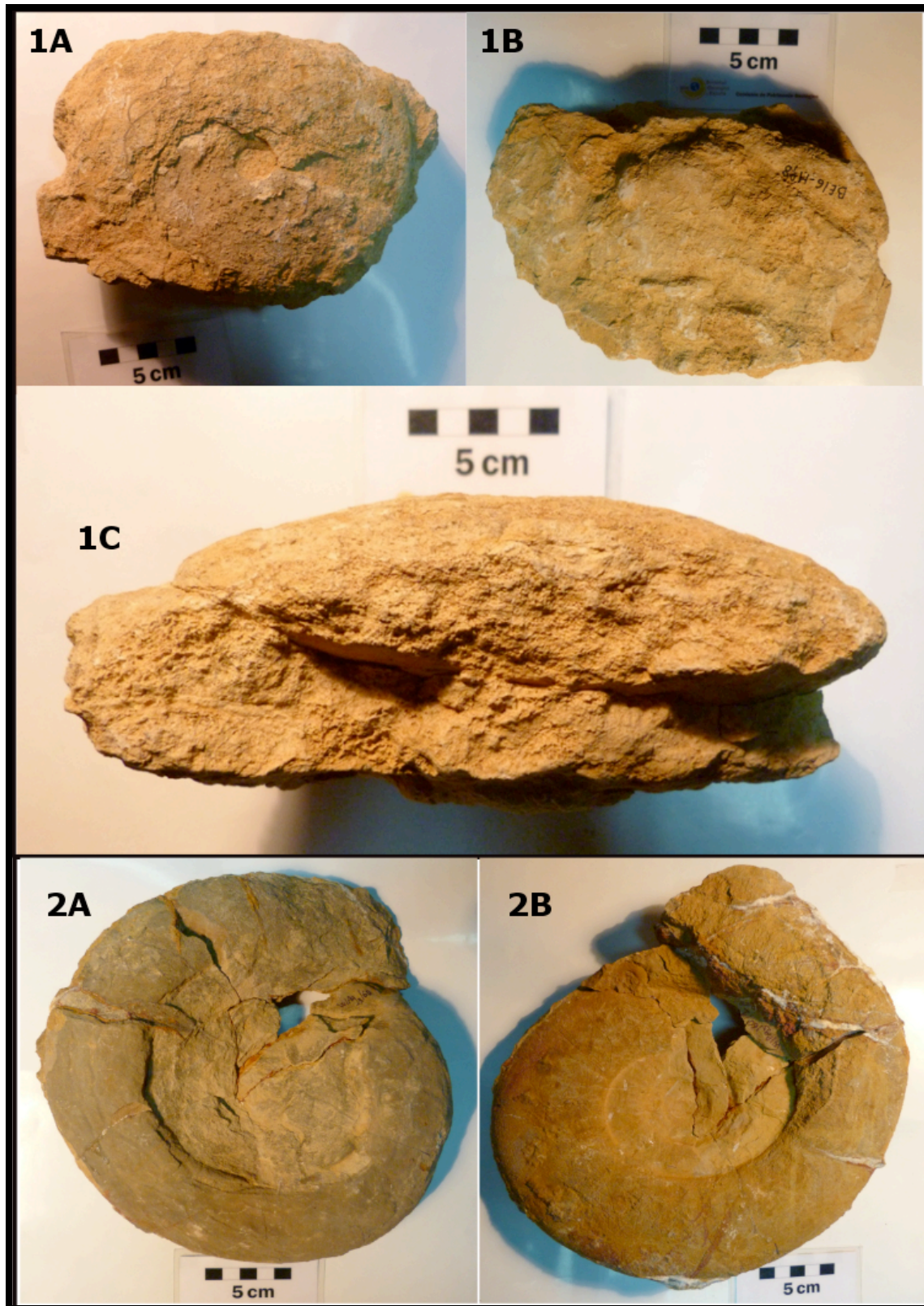
ANEXOS

Lámina I



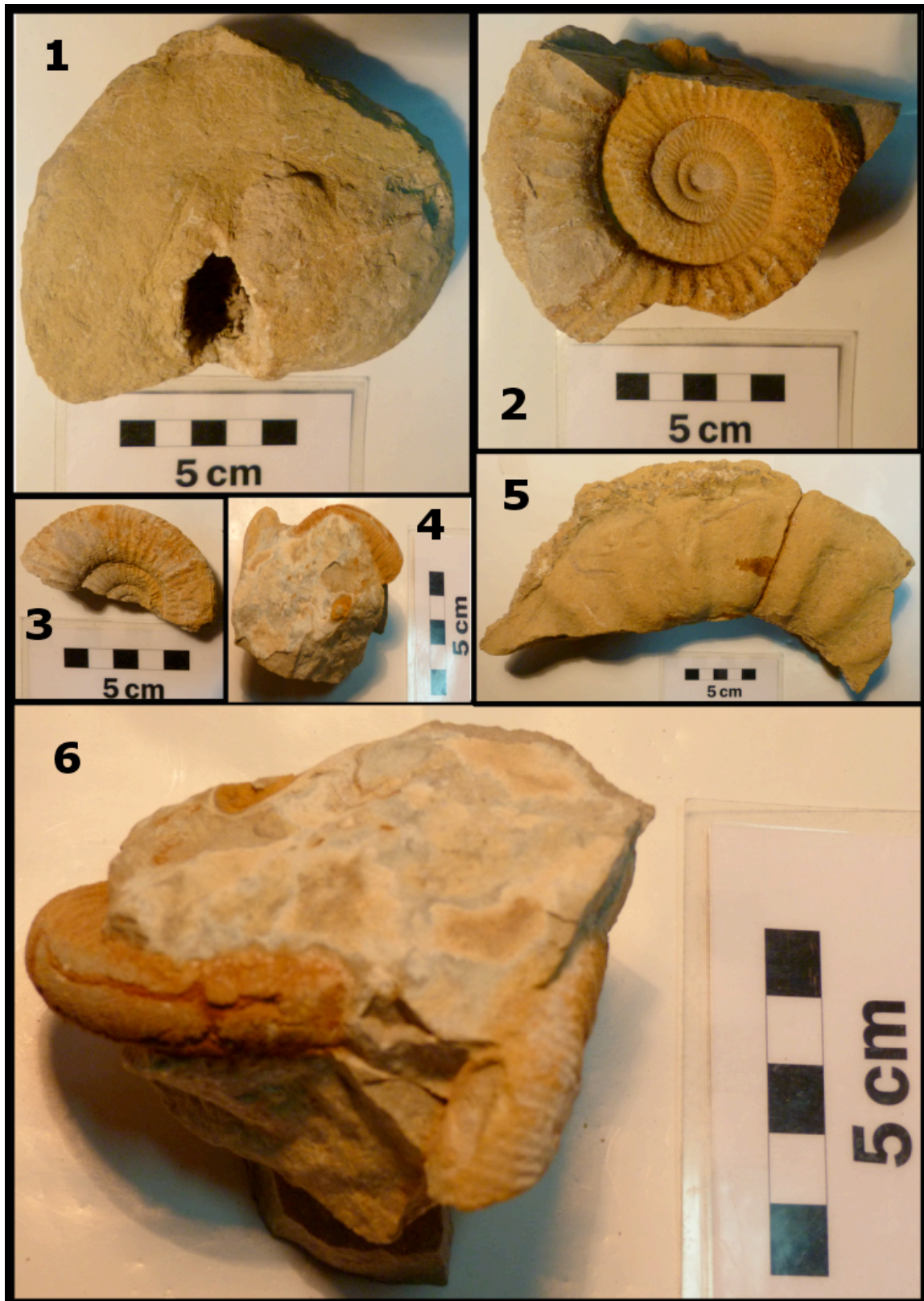
Ejemplares de Ariño: 1A y 1B Macroconcha de *Homoeoplanulites homoeomorphus*; 2A y 2B *Homoeoplanulites* cfr. *Homoeomorphus* (forma microconcha); 3A Ejemplares de Macrocephalites (*Dolikephalites*) con relleno micrítico, orientados en diferentes posiciones y envueltos en matriz oolítica (marcado por la flecha). Estos caracteres son evidencias claras de reelaboración.

Lámina II



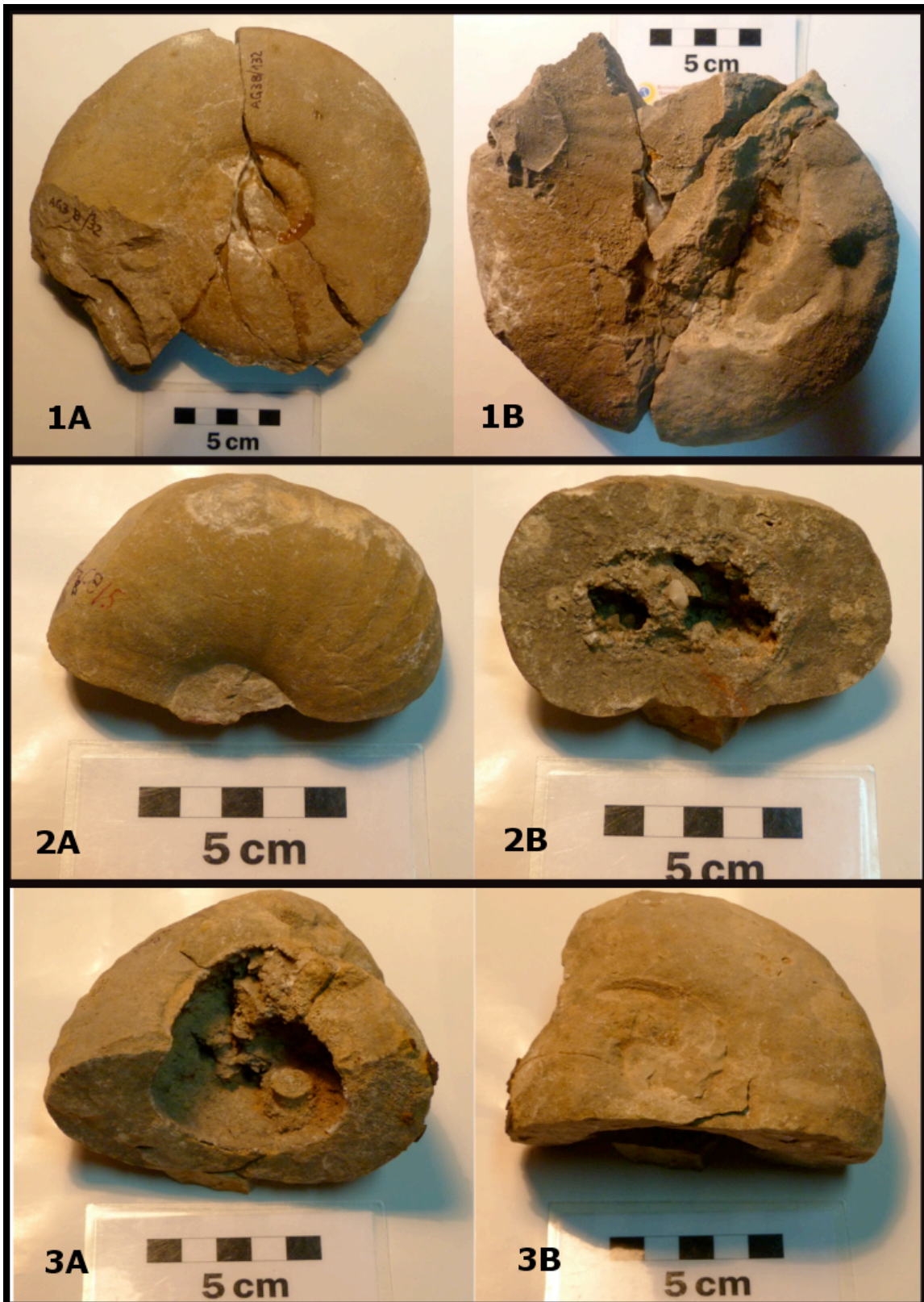
Ejemplares de Ariño: 1A, 1B y 1C Macroconcha de *Macrocephalites*, en matriz con laminación por compactación; 2A y 2B Macroconcha de *Homoeoplanulites* (molde deformado por fractura) con desarrollo de grietas por compactación posterior a la litificación.

Lámina III



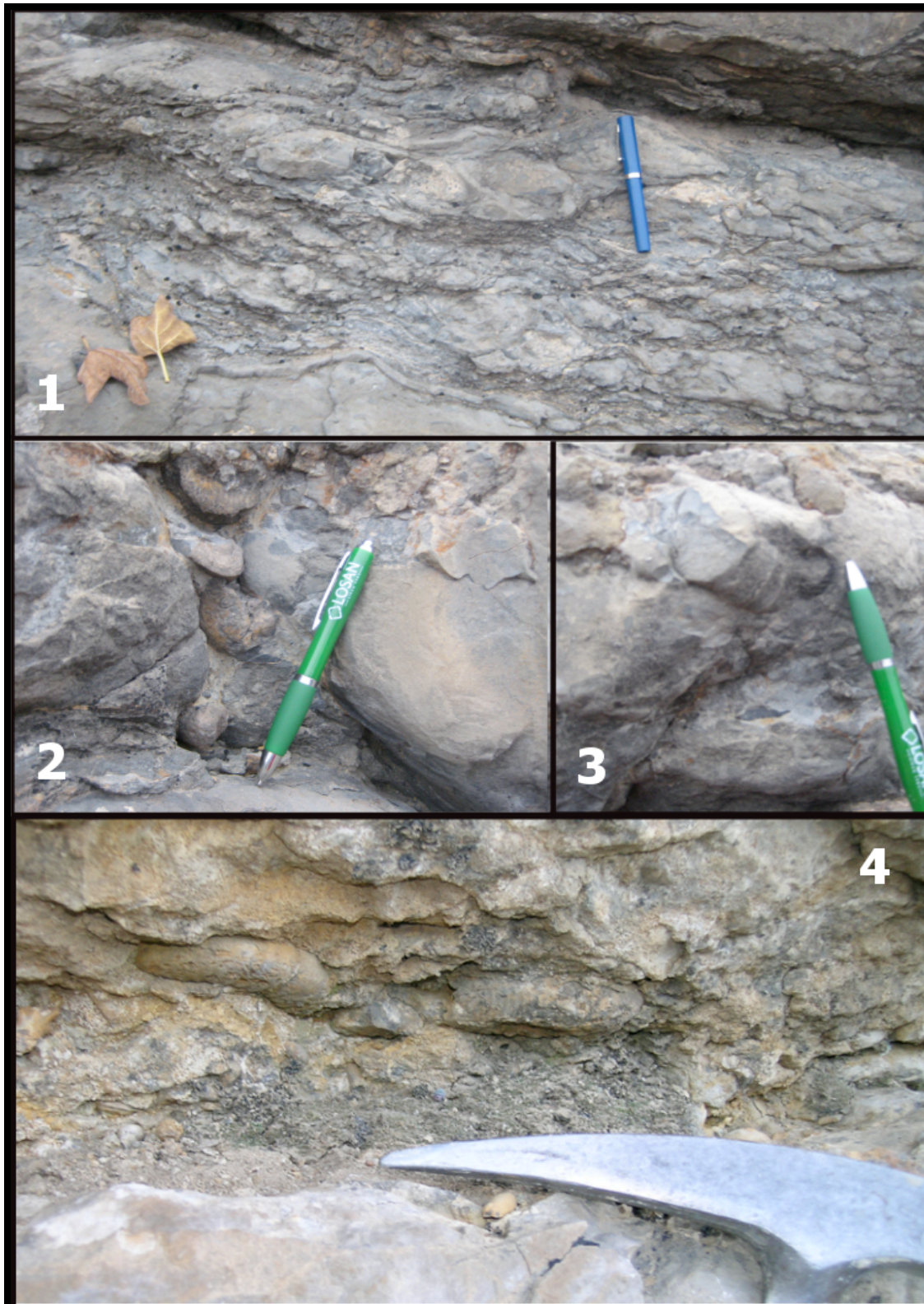
Ejemplares de Andorra y Calanda: 1 ammonites hueco indeterminado; 2 y 3 microconchas de *Homoeoplanulites*; 4 ejemplo discontinuidad del relleno del ejemplar con la matriz; 5 espira de *Homoeoplanulites*; 6 ejemplares con disposición caótica envueltos en matriz de distinta naturaleza.

Lámina IV



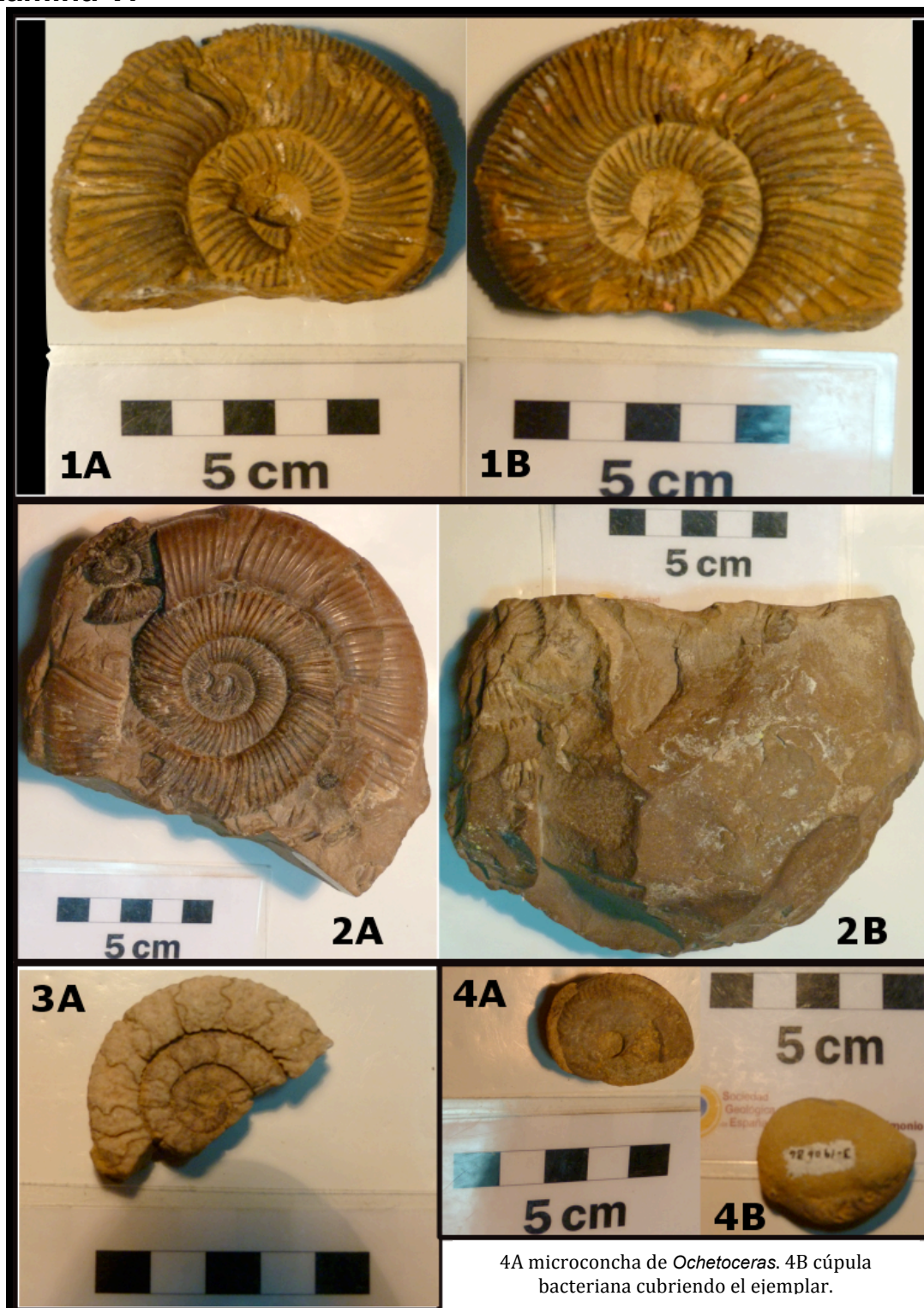
Ejemplares de Aguilón: 1A Macroconcha de *Procerites*, 1B conchas fragmentadas en el dorso; 2A 2B 3A y 3B *Bullatimorphites*, ammonites hueco.

Lámina V



Ejemplares e imágenes de Ricla: 1 Ejemplares de espongiarios en posición invertida, con alto grado de encajamiento, 2 paleorelieve con cavidades rellenas de ammonites reelaborados, 3 *Peltoceras trifidum* no reelaborado (Permite datar el nivel como la base de la Bz Athleta del Calloviense superior), 4 Moldes de ammonites (*Phylloceras* y *Perisph.*(*Dichotomosphinctes*) con evidencias de agrupamiento e imbricación.

Lámina VI



Ejemplares de Chile: 1A y 1B microconcha de *Viñalesphictes*; 2A *Viñalesphictes* fragmocono incompleto de macroconcha desarticulada a favor de un septo y con una microconcha incrustada en una fractura, 2B cúpula bacteriana colonizando el otro flanco del ejemplar; 3A molde interno desarticulado a favor de un septo y fragmentado.

Lámina VII



Ejemplares de Chile: 1A y 1B Macroconcha de *Viñalesphinctes* desarticulada a favor de un septo; 2A y 2B macroconcha de fragmentada; 3A y 3B microconcha de *Viñalesphinctes*. Obsérvese que en todos los ejemplares aparece la cúpula bacteriana.

Lámina VIII



Ejemplares de Viñalesphinctes Cubanos, tomados de Judoley K.M. y Furrazola-Bermudez G. (1969), izquierda lámina LXII , derecha lámina LV.



Ejemplares de Viñalesphinctes Chilenos, derecha ejemplar original correspondiente a una macroconcha preadulta, izquierda réplica realizada para este trabajo.

Lámina IX



Ejemplares de *Viñalesphinctes* tomados de Judoley K.M. y Furrázola-Bermúdez G. (1969).
Véase la atenuación de la costulación en los estadios efébicos (preadultos) y adultos.