

DEPARTAMENT DE GEOLOGIA

BIOESTRATIGRAFÍA Y PALEOBIOLOGÍA DE
CONODONTOS DEL TRIÁSICO MEDIO DEL SECTOR
ORIENTAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

PABLO PLASENCIA CAMPS

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2009

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 20 de febrer de 2009 davant un tribunal format per:

- Dr. Antonio Goy Goy
- Dr. Francis Hirsch
- Dra. Susana García López
- Dr. José López Gómez
- Dr. Leopoldo Márquez Sanz

Va ser dirigida per:

Dra. Ana Márquez Aliaga

Dr. José Ignacio Valenzuela Ríos

©Copyright: Servei de Publicacions
Pablo Plasencia Camps

Dipòsit legal: V-3750-2009

I.S.B.N.: 978-84-370-7506-8

Edita: Universitat de València

Servei de Publicacions

C/ Arts Gràfiques, 13 baix

46010 València

Spain

Telèfon:(0034)963864115

VNIVERSITAT (ò≈) Facultat de Ciències Biològiques
E VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**Bioestratigrafía y paleobiología de conodontos del Triásico
Medio del Sector Oriental de la Península Ibérica**

TESIS DOCTORAL

PABLO PLASENCIA CAMPS

2009

Memoria presentada por Pablo Plasencia Camps para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, realizada bajo la dirección de los Doctores:

Dra. Ana Márquez Aliaga

Dr. José Ignacio Valenzuela Ríos

*Portada: elemento P_1 de *Pseudofurnishius murcianus* van den Boogaard. Henarejos. MGUV-10189 (en la Lámina 4.18, Figura 1 puede verse en las cuatro posiciones típicas).*

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de Tesis, los Profesores Ana Márquez-Aliaga y Nacho Valenzuela-Ríos, la oportunidad para realizar la presente Tesis Doctoral. A Ana, le agradezco el abrirme las puertas de la Paleontología, el enseñarme lo poco que sé de Geología, por sus enseñanzas y consejos y por su paciencia ante mis errores y torpezas. A Nacho, su ayuda siempre que la he necesitado y por sus valiosas correcciones. A ambos, gracias por mostrarme día a día como ser un buen investigador (es cosa mía llegar a serlo). Pienso que no sólo he tenido dos grandes directores, también dos grandes amigos. Gracias.

A los doctores Francis Hirsh, Antonio Goy y Leopoldo Márquez la revisión del manuscrito, que con sus correcciones, comentarios y consejos ha mejorando notablemente. Además, esta tesis no habría sido posible sin la colaboración de mucha gente, cuyo trabajo científico no puedo sino agradecer de todo corazón: a los doctores José López y Alfredo Arche (del CSIC), a David Sánchez de la Universidad Complutense de Madrid, así como a los doctores Alberto Pérez-López y Fernando Pérez-Valera de la Universidad de Granada. También a los doctores Michel J. Orchard, Raimundo Catalano, Heinz Kozur, Robert Nicoll, Adelaida Mastandrea, Sandor Kovács, Leopold Krystyn, Tatiana Klets y Tea Kolar-Jurkovsek por contestar con gran amabilidad mis cuestiones y enviarme aquellos trabajos que les solicité. Finalmente, quiero recordar a los desaparecidos profesores Francesc Calvet, de la Universitat Central de Barcelona y Kiril Budurov, de la Academia de Ciencias de Bulgaria.

Un abrazo muy especial a mi “compañera” de tesis, Sonia Ros Franch, por acompañarme por toda esta dura travesía, por aguantarme mis manías y hacer mucho más que entretenidos todos estos años de trabajo. Otro igual de especial a la Dra. Anna García Forner, por todo el apoyo que me ha dado.

Y no puedo olvidar a los compañeros del Departamento de Geología de la Universidad de Valencia, por su apoyo y amistad: Isora, Jordi, Carlos, Héctor, Plinio, Quique, M^a Ángeles, Jose, Honorio, Fernando, Alberto, Juan, Dores, Victoria, Verónica, Oscar (¡gracias por los mapas!), Molina, Borja, José Vicente, Said, Teresa, Amparo... y al resto, que sois muchos para nombraros a todos... También a Luis, Blas, Toni, Victor Hugo, Nieves, Eva y a todos los demás.

Finalmente, pero no por ello menos importantes, a mis padres Eliseo y M^a Carmen, a mis hermanos, Eliseo, Carme e Inés, y a mi cuñado Toni, que esperaban con impaciencia (probablemente incluso más que yo) este momento.

Y finalmente, un recuerdo muy especial para mi sobrina, Aina Isora. Gracias a su encantadora presencia los últimos meses de trabajo han sido mucho más apasionantes de lo que esperaba.

Gracias a todos

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1) Introducción	1
1.2) Generalidades	1
1.3) Objetivos	3
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	5
2.1) Trabajo de Campo	5
2.2) Trabajo de Laboratorio	5
2.3) Trabajo de Microscopía	7
2.3.1) Tipos de Microscopios	8
2.3.1.1) Microscopio Binocular	8
2.3.1.2) Microscopio Electrónico	8
2.4) Trabajo Informático	9
2.4.1) Análisis de las Imágenes	9
2.4.2 Bases de Datos	10
2.4.2.1.) Catálogo de Conodontos	10
2.4.2.2) Base de Datos de Muestras	11
2.4.2.3) Especies de Conodontos	11
2.4.2.4) Bibliografía	11
2.4.2.5) Hojas de Cálculo	11
2.5) Análisis Bibliográfico	12

CAPÍTULO 3. CONTEXTO GEOLÓGICO	13
3.1) Situación Geográfica y Geológica general del Triásico Español	13
3.1.1) Secciones estudiadas	15
3.2) Cordillera Pirenaica	17
3.2.1) Área de Nogueres-Cadí	18
3.2.1.1) Sección de Usseu	19
3.2.1.2) Sección de Sant Sebastià	21
3.2.1.3) Sección de Hostalets-Cadí	23
3.2.2) Área de las Sierras Marginales	25
3.2.2.1) Sección de Alós de Balaguer	25
3.3) Cordillera Costero-Catalana	29
3.3.1) Secciones del Muschelkalk inferior o M ₁	30
3.3.1.1) Sección de L'Ametlla	31
3.3.1.2) Sección de Olesa	34
3.3.2) Secciones del Muschelkalk superior o M ₃	37
3.3.2.1) Sección de Rasquera-Benifallet	38
3.3.2.2) Sección de Tivissa	41
3.4) Cordillera Ibérica	45
3.4.1) Secciones del Muschelkalk superior o M ₃	46
3.4.1.1) Sección de Calanda	47
3.4.1.2) Sección de Tramacastilla	50
3.4.1.3) Sección de Libros	52
3.4.1.4) Sección de Henarejos	55
3.4.1.5) Sección de Moya	58
3.4.1.6) Sección de Bugarra	60
3.4.1.7) Sección de Montserrat	62
3.5) Cordillera Bética	65
3.5.1) Materiales del Dominio Prebético	66
3.5.1.1) Sección de Espejeras	66
3.5.1.2) Sección de Calasparra	68
3.5.1.3) Sección de Canara	74
3.5.1.4) Sección de Arroyo Hurtado	77
3.5.2) Materiales del Dominio Subbético	80
3.5.2.1) Sección Valdepeñas de Jaén	80
3.5.2.2) Sección de Salmerón	83

3.5.2.3) Sección de Boyar	86
3.5.3) Zonas Internas	89
3.5.2.1) Sección de Cabo Cope	89
LÁMINAS	95
CAPÍTULO 4. PALEONTOLOGÍA	103
4.1) Conodontos	103
4.1.1) Antecedentes	103
4.1.2) Material estudiado	105
4.1.3) Generalidades	105
4.2) Terminología empleada	111
4.2.1) Esquemas de anotación del Aparato Conodontal	111
4.2.2) Elementos	113
4.2.2.1) Glosario de términos	115
4.2.2.2) Tipos de elementos	117
4.2.3) El aparato de Gondolellidae	119
4.3) Sistemática	123
<i>Neogondolella basisymmetrica</i>	123
<i>Neogondolella constricta</i>	125
<i>Neogondolella cornuta</i>	129
<i>Neogondolella excentrica</i>	131
<i>Neogondolella longa</i>	133
<i>Paragondolella bifurcata</i>	135
<i>Paragondolella bulgarica</i>	138
<i>Paragondolella hanbulogi</i>	141
<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	143
<i>Sephardiella mungoensis</i>	168
<i>Sephardiella truempyi</i>	178
<i>Sephardiella cf. mostleri</i>	181
4.4) Tafonomía	183
4.4.1) Bioestratinomía	183
4.4.2) Estado de los elementos	184
4.5) Mecanismo de acción de los elementos P	193
4.5.1) <i>Neogondolella-Paragondolella</i>	194
El caso de <i>Sephardiella truempyi</i>	196

4.5.2) <i>Pseudofurnishius</i>	197
4.5.3) <i>Sephardiella</i>	198
LÁMINAS	201
CAPÍTULO 5. APROXIMACIÓN A LA PALEOBIOGEOGRAFÍA	
DE CONODONTOS DEL TRIÁSICO	283
5.1) Introducción	283
5.2) Paleobiogeografía: consideraciones generales	285
5.2.1) Dominios paleogeográficos considerados	285
5.3) Los conodontos durante el Pérmico Superior y el	
Evento P/T	287
5.3.1) La problemática sobre <i>Clarkina</i> y <i>Neogondolella</i>	288
5.4) Los conodontos durante el Triásico Inferior	291
5.4.1) Dominio del Tethys	293
5.4.2) Dominio Boreal	303
5.4.3) Dominio Circumpacífico	304
5.4.4) Dominio Austral	306
5.5) Los conodontos durante el Triásico Medio	309
5.5.1) Dominio del Tethys	309
5.5.2) Dominio Boreal	323
5.5.3) Dominio Circumpacífico	323
5.6) Los conodontos durante el Triásico Superior	327
5.6.1 - Dominio del Tethys	327
5.6.2 - Dominio Circumpacífico	334
5.6.3 - Dominio Austral	338
5.7) Conclusiones	343
CAPÍTULO 6. TASAS EVOLUTIVAS	345
6.1) Los conodontos antes del Triásico	345
6.2) Material y métodos	345
6.3) Auge y desaparición: los conodontos	
durante el Triásico	348
6.4) Conclusiones	350
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS	363

Capítulo 1

Introducción

1.1) INTRODUCCIÓN

Durante el Triásico la riqueza del registro fósil de la Península Ibérica es, en general, muy baja si la comparamos con la de otros periodos geológicos del Mesozoico en áreas próximas. Por esto, el hallazgo de registros fósiles en general y de microfósiles en particular, al ser muy escaso, es también muy valioso. La interpretación correcta de las especies del registro fósil es de alto interés paleontológico y sus aportaciones a la bioestratigrafía pueden contribuir de forma importante al conocimiento de la paleogeografía del área situada al E de la Meseta Ibérica.

El presente trabajo forma parte de la línea de investigación que sobre el conocimiento del Triásico Medio de la Cordillera Ibérica, se viene desarrollando desde los años 80 bajo la dirección de la Dra. Ana Márquez-Aliaga y el Dr. Leopoldo Márquez, profesores del Departament de Geologia de la Facultat de Biologia en la Universitat de València.

1.2) GENERALIDADES

El Triásico recibe su nombre de la sucesión de la trilogía de materiales que caracterizan ese período. La primera unidad, denominada Facies *Buntsandstein* está constituida por areniscas de color rojizo, muy abundantes en toda Europa y que en España se conocen por el nombre popular de Rodeno. Se trata de sedimentos no marinos que tradicionalmente se han relacionado con el Triásico Inferior.

Sobre el *Buntsandstein* se depositan los materiales de una primera transgresión marina, compuestos por rocas carbonáticas y que reciben el nombre de Facies *Muschelkalk*. Dentro del *Muschelkalk* se han distinguido tradicionalmente dos unidades transgresivo-regresivas marinas denominadas M_1 y M_3 , separadas por una unidad detrítico-evaporítica llamada M_2 que se corresponde, en líneas generales, con la vuelta de condiciones supralitorales y continentales. El *Muschelkalk* se corresponde aproximadamente con el Triásico Medio.

Finalmente, importantes cambios paleogeográficos produjeron la desecación de grandes áreas del Tethys, de manera que en zonas periféricas como Germania, la Península Ibérica o el Norte de África se formaron ambientes salobres donde se produjeron enormes depósitos de materiales salinos que acabaron por formar los yesos violáceos que caracterizan la Facies *Keuper*, y que marcan el regreso de condiciones continentales a estas zonas. Esto se corresponde, aproximadamente, con el Triásico Superior.

En relación con la Paleobiología, el Triásico es un período comprendido entre dos grandes extinciones, la Finipérmica, hace unos 251 millones de años y la del Triásico Superior, hace unos 200 millones de años. Es por lo tanto un período de transición, donde se produce el paso de la fauna Paleozoica a la Moderna (Sepkoski, 1981), desapareciendo o declinando gran parte de los taxones que habían dominado los ecosistemas durante cerca de 300 millones de años y surgiendo o floreciendo muchos de los que han sido significativos a lo largo del Mesozoico y Cenozoico. Así, durante el Triásico aparecen muchos de los principales grupos de vertebrados, desde los dinosaurios hasta los mamíferos, pasando por los pterosaurios, los ictiosaurios o los tiburones modernos; pero también desaparecen grupos como los reptiles mamiferoides o los conodontos.

Respecto a la Paleogeografía, el fenómeno más significativo de la geología del Triásico es el inicio de la ruptura de Pangea, el supercontinente único que se formó a lo largo del período Pérmico. La disposición de todas las masas continentales en un único e inmenso continente tuvo posiblemente un importante efecto en el clima del planeta en el Triásico. A lo largo del Triásico se inició la separación de Pangea en Laurasia y Gondwana a partir de la apertura del llamado Corredor Hispánico, que se manifiesta a lo largo del Jurásico Inferior.

Panthalasa es el nombre que recibe el enorme mar global que rodeaba la Pangea. Un enorme entrante de mar formaba el mar interior del supercontinente, el Paleo-Tethys. Este mar ocupaba la llamada cuenca del Tethys, extendiéndose desde Oriente (sur de China por el norte y Australia por el sur) hacia Occidente (hasta la Península Ibérica). A lo largo del Triásico en el Tethys se produce la división del mar en dos grandes áreas, el Paleo-Tethys y el Neo-Tethys. Esto se debe a la apertura de un Rift y al desplazamiento hacia el norte de una cadena de islas que amplía progresivamente el Neo-Tethys al mismo tiempo que reduce la extensión del Paleo-Tethys. Durante el Triásico Superior el Paleo-Tethys se cierra definitivamente.

Durante el Ladinense la Península Ibérica formaba parte de la denominada Provincia Sefardí, definida por Hirsch (1972), y formulada con más detalle en Hirsch (1977a) y que se situaba en la zona sur de la parte occidental del Tethys. La provincia Sefardí abarcaba territorios desde Arabia a lo largo de todo el norte de África hasta la Península Ibérica. Hay que señalar que las tres unidades del *Muschelkalk* se observan en las Cordilleras Ibérica y Costero-Catalana, mientras que en otras áreas peninsulares el registro de carbonatos es continuo y en otras no hay sedimentación (oeste).

Iberia ocupaba la posición más occidental del Tethys, lo que hace que se registren diversos episodios transgresivo-regresivos que implicaban con frecuencia condiciones ambientales muy

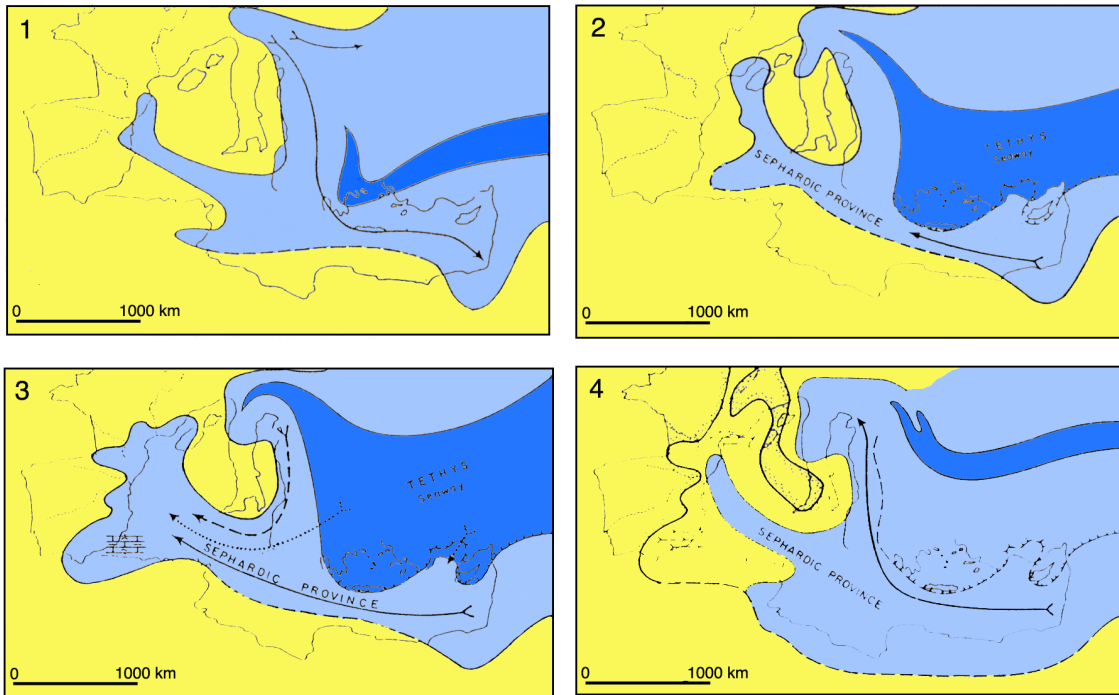


Figura 1.1) Reconstrucción del Tethys durante: 1) Anisiense Superior 2) Ladiniense Inferior 3) Ladiniense Superior 4) Carniense Inferior. Colores: Amarillo: terrenos continentales. Azul claro: zonas de aguas someras. Azul oscuro: zonas de aguas profundas. Las flechas indican la dirección de la migración de la fauna. Modificado de Márquez-Aliaga & Hirsch (1988)

cambiantes en las zonas marinas y que determinan la escasa biodiversidad que hemos referido anteriormente. La Figura 1.1 resume los principales episodios del extremo occidental del Tethys desde el Anisiense Superior al Carniense Inferior.

Los materiales triásicos presentan grandes alteraciones estructurales debidas principalmente a la orogenia alpina que tuvo lugar durante el Cenozoico y que dio lugar, en general, a la geografía tal y como la conocemos. Como los materiales que forman la litología del Triásico (areniscas, calizas y yesos) responden de maneras muy diversas a los esfuerzos tectónicos que dieron lugar a las diferentes cordilleras europeas (Pirineos, Costero-Catalana, Ibérica y Béticas, así como los Alpes o los Cárpatos), el resultado es una gran variedad de estructuras tectónicas (plegamientos, desplazamientos, inversiones...) que modifican las posiciones originales de los materiales y tienen como resultado una enorme complejidad estratigráfica que hace especialmente difícil su correlación (Márquez-Aliaga *et al.*, 2004). Por lo tanto el registro fósil es básico para poder interpretar adecuadamente la información aportada por la estratigrafía.

La notable alteración de los materiales tiene también su reflejo en los fósiles, que están generalmente bastante mal preservados y, en muchos casos, altamente diagenizados en muchos casos. También hay casos de una preservación excelente, aunque no son muy abundantes.

1.3) OBJETIVOS

Los Conodontos son un grupo extinto de cordados primitivos de pequeño tamaño. Sus restos fósiles se limitan a pequeñas piezas esqueléticas (<1 mm, lo que los incluye entre los microfósiles) y que corresponderían al aparato bucal. Descubiertos por Pander (1856), los

conodontos se encuentran primeramente en los distintos pisos del Paleozoico, siendo muy útiles para las dataciones cronoestratigráficas de los materiales que los contienen. Este grupo supera las grandes crisis de extinción del Pérmico Superior pero se extinguen al final del Triásico.

Desconocidos en el Triásico por más de un siglo, el estudio de los conodontos de este sistema es relativamente antiguo, siendo los primeros trabajos donde se cita su presencia en el registro fósil de los años 40 del siglo pasado (Eicher, 1946 y 1947). Sin embargo, los primeros estudios sistemáticos son algo posteriores (Youngquist, 1952; Huckriede, 1955 o Müller, 1956) siendo a partir de finales de la década de los 50 cuando realmente se puede hablar de un trabajo continuo sobre el grupo. En la Península Ibérica los trabajos se iniciaron en la década de 1960 con las obras de van den Boogaard (1966) y Hirsch (1966). En el capítulo 4 se puede consultar la lista completa de trabajos que se han realizado sobre los conodontos triásicos en la Península. Esta tesis continúa la tesis doctoral de March-Benlloch (1991), dirigida por la Dra. Ana Márquez-Aliaga y Francis Hirsch, cuya investigación posterior quedó bruscamente interrumpida.

Los objetivos principales que nos planteamos al iniciar la presente Tesis Doctoral fueron los siguientes:

- a) Ampliar el conocimiento del registro fósil de los conodontos de la Península Ibérica desde un punto de vista “clásico”, en cuanto a los datos bioestratigráficos. Esto se hizo estudiando secciones inéditas y revisando aquellas ya conocidas que se consideraron de interés por su valor científico. Se revisaron muestras de diferentes formaciones geológicas en las Cordilleras Pirenaica, Costero-Catalana, Ibérica y Bética.
- b) Realizar una revisión sistemática de los principales taxones de conodontos encontrados, tomando en consideración la reconstrucción del aparato conodontal de los mismos y su desarrollo ontogénico y variabilidad morfológica, así como otros conceptos paleobiológicos que se han empezado a aplicar en la paleontología de los conodontos en los últimos años.
- c) Estudiar las diferentes modificaciones tafonómicas de interés que se encuentran en algunos ejemplares.
- d) Hacer una primera aproximación al estudio de la paleobiogeografía de los conodontos a nivel mundial, desarrollando una base de datos bibliográficos de los mismos, e interpretando su distribución en el Triásico.

Al mismo tiempo que se triaban de las muestras los elementos conodontales, se consideró adecuado también recopilar restos fósiles de otros grupos de interés paleontológico. Entre ellos destacan los vertebrados (básicamente peces), tanto por su abundancia e interés paleontológico al tratarse de un grupo apenas estudiado en el Triásico de la Península Ibérica que podía aportar una gran información tanto a nivel paleobiológico como paleobiogeográfico. Aunque en la presente tesis doctoral su estudio se limita a señalar su presencia en las diferentes secciones estudiadas, es uno de los temas que esperamos poder desarrollar en futuros trabajos.

Capítulo 2

Metodología

Para la extracción de los conodontos que pueda contener una roca carbonática, se debe elegir una técnica que permita la optimización del tiempo y recursos, procurando resultados rápidos y la eliminación de la mayor parte de la ganga (minerales de arcilla, minerales pesados, cuarzo...). Además, la técnica empleada debe ser poco o nada agresiva con los conodontos y otros microfósiles que la roca pudiera contener. Dado que toda investigación paleontológica de conodontos depende de esta fase previa, uno de los puntos prioritarios es la adopción de protocolos que aseguren la preservación de sus elementos.

Por otro lado, las nuevas tecnologías aportadas por la informática han incrementado las posibilidades para el investigador de un modo espectacular, haciendo que trabajos complicados, largos y costosos se puedan realizar en menos tiempo y con coste menor. Además permiten analizar procesos que eran casi imposibles de interpretar hace pocos años.

Los trabajos realizados han consistido en los siguientes pasos:

2.1) TRABAJO DE CAMPO

Para el estudio de la serie geológica del Triásico se realizaron salidas al campo que tuvieron como fin identificar aquellos cortes más interesantes y la obtención de muestras (una cierta cantidad, normalmente uno o más kilos, de roca sedimentaria carbonática) de cada corte a estudiar.

Para cada corte se realizó una serie estratigráfica completa que permitió situar los hallazgos fósiles en su localización exacta, permitiendo la correlación con las series estratigráficas de otras localidades.

2.2) TRABAJO DE LABORATORIO

Una muestra es una cantidad de roca sedimentaria carbonática del nivel estratigráfico que queremos estudiar dentro de una sección geológica concreta. Para extraer los conodontos debemos disgregar la roca. Para ello utilizaremos ácidos diluidos que disolverán todos los

carbonatos pero no afectarán a los conodontos por ser elementos fosfáticos, ni a otros registros fósiles como los silíceos o férricos. Los ácidos más utilizados con los conodontos son los ácidos fórmico y acético. Inicialmente procesamos las muestras utilizando el primero de ellos, pero los resultados fueron escasos, por lo que decidimos utilizar un ácido menos agresivo, el acético, con resultados más satisfactorios. Se describen a continuación los pasos seguidos:

- 1) El ácido actúa sobre la superficie expuesta al aire de la muestra, por lo que para agilizar el proceso se fragmenta mecánicamente en trozos del tamaño aproximado de una nuez.
- 2) Se pesa la muestra y se sumerge en recipientes que contengan una disolución de ácido acético o fórmico al 10 % con las siguientes proporciones: 1 litro de ácido por 1 kg de muestra en 10 l de disolución. La muestra es suspendida dentro de redes de luz de malla de 0,5-1 cm de diámetro para que el material disgregado vaya cayendo al fondo, mientras los fragmentos de roca sin disolver sigan en contacto con la disolución; este “truco” evita que los trozos sin disolver se cubran de una capa de arcilla procedente de lo ya disuelto que paraliza o ralentiza el ataque químico de la roca, algo que sucede si los fragmentos se dejan en el fondo del recipiente. Nosotros utilizamos normalmente cubos de 12 l, que permiten trabajar con fracciones de 1 kg. de muestra y 10 l de disolución. No hay que olvidarse nunca de marcar todos los cubos con la sigla de la muestra que contienen.
- 3) Se deja que la reacción se produzca y al cabo de varios días se observan los cubos, para controlar el avance de la reacción. Según nuestra experiencia, cuando el ácido es el fórmico se consume en 1-2 días, mientras que el acético tarda entre 3-4 días. En ambos casos la muestra se ha disuelto en un 40-50% de su peso. La muestra se lava según se explica en el punto 4 y se vuelve a pesar, calculando a partir del resultado la cantidad de ácido y agua según la proporción citada en el punto 2. El proceso se repite hasta que la muestra pese entre 50 y 100 gr.
- 4) Lavado del levigado: hay dos técnicas tradicionales para el lavado de los residuos obtenidos por el ataque químico anteriormente descrito. a) mediante una pila de tamices. b) mediante decantación. Ambas persiguen el mismo objetivo, concentrar la parte fértil de los residuos de manera que se elimine la mayor cantidad de ganga. Inicialmente utilizamos la técnica del tamizado, pero la práctica nos hizo utilizar una técnica intermedia que describimos en el punto 4.3.
 - 4.1) Tamizado: se coloca una pila con tres tamices de tamaño de luz decreciente, normalmente de 2, 0,125 y 0,063 mm. El de 2 retiene las partículas más gruesas, mientras que el de 0,125 y el de 0,063 retienen los microfósiles. Por debajo del tamiz de 0,063 se evacúan los diminutos cristales de arcilla. Este método tradicional tiene los siguientes inconvenientes: a) es difícil lavar el tamiz de 0,063 y asegurarse de

que no han quedado atrapados microfósiles de una muestra lavada anteriormente. Este riesgo, aunque escaso es posible y hay que tenerlo en cuenta. b) Los conodontos pueden sufrir un fuerte proceso abrasivo al ser golpeados continuamente contra las finas láminas de acero, aluminio, u otro material, que forman el enrejado de los tamices: esto puede llegar a partir los elementos, aunque lo más común es que afecte sólo a las partes más finas (denticulos muy afilados, hojas libres estrechas...) de los conodontos. c) Las partículas de tamaño de limo fino y muchas micas o fragmentos de roca de hábito plano, en forma de copos, se acumulan en el tamiz más fino, con lo que el residuo estéril puede ser enorme; esto implica un tratamiento posterior más largo en la fase de triado.

4.2) Decantación: se concentran todos los residuos de una misma muestra en un cubo, para lo que se puede utilizar un tamiz de luz de malla de 2 mm o mayor para recoger los trozos mayores (si los hubiera). Una vez que el residuo está en un cubo se procede a su lavado mediante decantación de las arcillas, limos y partículas ligeras que flotan en el agua, llenado y vaciando el cubo de agua las veces que sea necesario. Esta técnica no tiene los problemas citados en la técnica anterior y permite además reducir el tiempo posterior de procesado de la muestra, evitando incluso el uso de líquidos pesados.

4.3) Aunque la experiencia nos ha demostrado que el método de decantación permite una buena preservación de los microfósiles, la utilizar tamices permite fraccionar mejor el levigado para su observación, y sobre todo permite asegurar que los microfósiles de menor tamaño no se pierdan por accidente. El procesado de la muestra hasta que pese entre 50 y 100 gramos hace que el volumen de partículas de luz mayor a 0,125 sea muy pequeño, por lo que nos limitamos a utilizar el tamiz de 0,063. Así, realizamos la decantación del residuo tal y como se explica en el punto 4.2, pero vaciando el cubo sobre el tamiz. Así, el resultante son dos fracciones del levigado. Normalmente los microfósiles se concentran en la fracción decantada, pero en ocasiones se han recuperado también de la fracción del tamiz.

En general, al combinar ambas técnicas como se ha descrito, la cantidad de residuo no era excesiva, por lo que no consideramos necesario utilizar técnicas de concentración, como los líquidos pesados o el uso de un separador magnético

2.3) TRABAJO DE MICROSCOPIA

El siguiente paso consiste en el triado (extracción de los fósiles) con la ayuda de un microscopio binocular Leica Wild M3B y un pincel 00. Cuando se localiza un microfósil en el levigado es retirado mediante el pincel ligeramente humedecido, y se deposita en una celdilla micropaleontológica con la sigla de la muestra de la que procede.

Aparte de conodontos y vertebrados aparecen ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, escleritos de holoturia, etc. Los conodontos y vertebrados son recogidos todos, y de los otros grupos se realiza una selección, anotándose su presencia para ser terminados de triar en un futuro si la investigación así lo requiere.

Debido al pequeño tamaño de los conodontos (0,1-1 mm) es preciso obtener fotografías de imágenes ampliadas para su estudio y publicación. El dibujo mediante cámara clara y la fotografía mediante el acoplamiento de cámaras a lupas o al microscopio electrónico de barrido son los métodos que se consideran tradicionales en este grupo, aunque el progreso de la tecnología y sobre todo el de la informática ha revolucionado en los últimos años el trabajo con las diferentes técnicas de obtención de imágenes, tanto en lo referente a la facilidad de uso como en el soporte en que se obtienen las mismas.

2.3.1) Tipos de Microscopio

Para la obtención de imágenes se trasladan los ejemplares depositados en el porta de triado a un soporte metálico o porta metálico. Sobre el mismo se han colocado unas tiras de grafito ligeramente adhesivas para fijar los conodontos. La fijación ha de ser firme y no debe impedir su recuperación posterior. Se van colocando los ejemplares según la orientación que se desee. Se aconseja representar, en un dibujo a escala en un papel, la distribución de los elementos en el porta para su mejor referencia. A continuación se pueden utilizar:

2.3.1.1) Microscopio Binocular

La captación de imágenes mediante cámara digital aprovecha los progresos de la informática en los últimos años. Las imágenes se pueden obtener mediante el equipo disponible en el Departamento de Geología de la Universidad de Valencia. Consiste en una videocámara (modelo JVC TK-1280E) acoplada a un microscopio binocular Leica MZ12 y conectada a un ordenador Intel 486 66 Mhz con el programa Leica Q500MC Qwin que permite guardar en formato digital (TIFF) las imágenes obtenidas. En el año 2007 el Departamento ha adquirido una nueva versión tanto del hardware como del software y que se utilizará más adelante.

2.3.1.2) Microscopio Electrónico

La informática ha modificado la forma de trabajar con estos aparatos, facilitando su manejo. La calidad de las imágenes obtenidas, tanto de los ejemplares completos como de detalles finos de los mismos es alta, mucho mayor que la captación de imágenes y permite también guardar las imágenes en diversos formatos digitales y su manipulación posterior. Los aparatos Hitachi S-4100 y ESEM Phillips XL-30 han sido los que hemos utilizado, y están disponibles en el Servicio de Microscopía Electrónica del SCSIE, en el Campus de Burjassot de la Universitat de València.

Antes de fotografiar los ejemplares en microscopía electrónica de barrido (m.e.b.) es recomendable darles un baño de oro o de grafito para mejorar su conductividad; esto tiene el inconveniente de alterar el color de los conodontos, aunque no de manera irreversible. Es posible no aplicar un baño a los elementos, pero la calidad de la imagen es muy inferior. En el año 2000 el Servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Valencia adquirió el microscopio ESEM Phillips XL-30, que ha sido el aparato elegido para obtener la mayor parte de las imágenes. Este microscopio fue diseñado para, además de las técnicas tradicionales en vacío, poder trabajar con materiales hidratados, lo que nos ha permitido obtener imágenes algo mejores sin bañar la muestra y conservar el color original para futuros trabajos. Sin embargo los resultados conseguidos, con muestras bañadas en una aleación de carbono y platino son notablemente superiores, y siguen siendo los preferibles para la elaboración de láminas paleontológicas.

Tradicionalmente, se han realizado una o dos imágenes con el m.e.b. de cada elemento P_1 o Plataforma para su interpretación taxonómica (Plasencia *et al.*, 1999). Una vez obtenidas por nosotros las primeras imágenes de conodontos pertenecientes al género *Pseudofurnishius* se hizo patente la necesidad de un estudio más detallado de su variabilidad morfológica (Márquez-Aliaga *et al.*, 1999), y para ello se decidió realizar 4 imágenes, oral, aboral, exterior e interior, de cada uno de los mismos. Para el resto de los taxones decidimos hacer lo mismo.

2.4) TRABAJO INFORMÁTICO

2.4.1) Análisis de las Imágenes

El soporte digital permite la manipulación de las imágenes mediante diversos programas informáticos: Así Adobe Photoshop permite el retoque de las imágenes, y CorelDraw permite preparar las láminas para su publicación. Otros programas como Filemaker sirven para crear una base de datos de las imágenes y programas para visualizar imágenes como ACDSee (Windows) o Preview (Mac OS) permiten la rápida visión de conjuntos de imágenes obtenidas.

El estudio de las imágenes permite observar que un alto porcentaje de los elementos presenta roturas más o menos importantes, además de daños diversos en su superficie. En otros casos los elementos apenas habían sufrido daño. Todos estos detalles pueden ser relevantes en estudios tafonómicos.

Hay que tener en cuenta que esos daños pueden haberse producido también durante el proceso de laboratorio o triado. Los factores que pueden dañar a los elementos son varios, el mencionado uso de tamices, un lavado demasiado enérgico, la rotura causada por usar materiales distintos de pinceles finos para triar las muestras (p.e. agujas), etc. Para distinguirlos se pueden estudiar las imágenes de microscopio electrónico (por ejemplo, los cortes recientes deberían ser lisos y agudos. Sin embargo los daños no son necesariamente negativos: en ocasiones pueden servir para revelar detalles de la microestructura. Otras veces la superficie del ejemplar puede presentar marcas de origen incierto.

La obtención de una amplia cantidad de imágenes permite el estudio de la variabilidad morfológica, tanto intrapoblacional como intraespecífica, de diferentes especies de conodontos, que es necesaria para poder establecer criterios de clasificación, así como para la rápida visualización de los cambios morfológicos manifestados dentro de la distribución estratigráfica de cada taxón, lo que facilita el estudio de linajes evolutivos (Márquez-Aliaga *et al.*, 1999). Otra de las posibilidades que se están estudiando es la de efectuar reconstrucciones tridimensionales de los elementos y aparatos que pueden utilizarse para el estudio de la variabilidad y también para el estudio de la disposición de los elementos en el aparato e incluso su posible funcionalidad.

2.4.2 Bases de Datos

Para gestionar la información aportada por los pasos anteriores, se utilizaron dos sistemas de manejar la misma: a) la creación de bases de datos mediante el programa Filemaker Pro (de la empresa Filemaker, Inc.), seleccionado por su versatilidad y facilidad de uso y por la disponibilidad del programa para las plataformas Windows y Macintosh, lo que permite el uso del catálogo en todo tipo de ordenadores (Beato, 1999). b) la creación de varias hojas de cálculo mediante el programa Microsoft Excel. A lo largo del desarrollo de la presente tesis doctoral, hemos manejado 5 bases de datos, que se exponen a continuación:

2.4.2.1.) Catálogo de Conodontos

Esta base de datos es un registro visual de las imágenes de conodontos obtenidas mediante el m.e.b (ver punto 2.3.1.2). Cada elemento P_1 tiene un registro propio. El catálogo tiene varias presentaciones, cada una con una finalidad concreta. La primera consiste en una ficha técnica del elemento, con datos como la localidad de origen, la muestra donde se obtuvo, etc. Esto permite la búsqueda y ordenación siguiendo diversos criterios.

La siguiente presentación constituye el catálogo en sí: cada registro presenta 4 campos donde se colocan cada una de las imágenes del mismo elemento, una al lado de otra y con un nombre adecuado a la orientación que presenta. Esto permite examinar a la vez cada elemento en sus distintas posiciones. Además, permite compararlo con otros elementos si los colocamos en forma de lista. Otro esquema, muy similar, con las imágenes algo más pequeñas y con el fondo en blanco está destinado a la impresión en papel.

Otras presentaciones, permiten añadir datos útiles para estudios biométricos y cálculos estadísticos como longitud del elemento, área del mismo, número de denticulos en la lámina y en la plataforma, etc.

Las imágenes originales se editan mediante el programa Adobe Photoshop para eliminar el fondo original y corregir pequeños errores que dificulten su observación. Las imágenes resultantes se incluyen en los campos adecuados.

2.4.2.2) Base de Datos de Muestras

Esta base de datos contiene el registro de todas las muestras estudiadas, con información de la localidad de origen, sistema y quién la recolectó. También contiene la información precisa de los pesos anteriores al tratamiento por ácido y del levigado, el ácido que se utilizó, etc.

También hay apartados que describen los microfósiles hallados (si los hay), con casillas específicas para los microfósiles estudiados donde se pueden registrar el número y la categoría a la que pertenecen.

2.4.2.3) Especies de Conodontos

Se creó esta base de datos con la intención de mantener un control de las distintas especies de conodontos del Triásico citadas en la bibliografía. En ella se prepararon campos para el nombre de la especie, su descripción, incluir la imagen del holotipo (cuando fue posible), sinonimias, rango y bibliografía esencial. También se reservó un campo para comentarios e información importante.

2.4.2.4) Bibliografía

Esta base de datos contiene un registro de toda la bibliografía utilizada.

2.4.2.5) Hojas de Cálculo

A partir de las especies contempladas en las bases de datos anteriores, se hizo una revisión de la bibliografía para anotar las citas de cada una de estas especies en las distintas secciones,

Para su realización se situaron las diversas especies de conodontos citadas en el eje de las filas, y cada artículo revisado en el eje de las columnas. Cada cita de una especie en un artículo se marcaba en la casilla correspondiente, con el número de ejemplares citado, si éste estaba disponible y una marca si no lo estaba.

Dado el gran número de publicaciones utilizado y para facilitar el manejo de la hoja de cálculo, se separaron en diversas páginas (dentro de la misma hoja de cálculo) siguiendo dos criterios: uno temporal que la dividió en Triásico Inferior, Medio y Superior y otro geográfico, con las zonas Oriente, Occidente, América y Resto del Mundo (en algunos casos fue posible unir dos de estas zonas en la misma página).

En el futuro, aparte de completar el catálogo con el registro completo del género *Pseudofurnishius*, existe el proyecto de incluir otras especies de conodontos del Triásico y, aprovechar las capacidades tanto de exportación de datos como de base de datos relacional de Filemaker Pro, para integrarla en bases de datos más amplias y complejas. Esta metodología es útil para el estudio de otros grupos fósiles y su inclusión en bases de datos de diferentes museos de paleontología.

2.5) ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

La revisión bibliográfica de las fuentes utilizadas es vital para todo trabajo científico. Inicialmente se contó con la bibliografía disponible en las Bibliotecas de la Universidad de Valencia y para ampliarla se hicieron viajes a bibliotecas mayores y especializadas en Geología o Paleontología como la de las Facultades de Geología de Barcelona y Madrid y la del Departamento de Geología del Museo Humboldt de Berlín, además de peticiones de material a diferentes autores y descarga de artículos desde internet.

Capítulo 3

Contexto Geológico

3.1) SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA GENERAL DEL TRIÁSICO ESPAÑOL

El Triásico es el primer periodo de la era Mesozoica, con una duración aproximada de 52 millones de años. (Grandstein *et al.*, 2004).

Los materiales estudiados en la presente memoria pertenecen al Triásico Medio del sector oriental de la Península Ibérica, y están incluidos, de norte a sur, en las siguientes unidades geológicas: Cordillera Pirenaica, Cordillera Costero-Catalana, Cordillera Ibérica y Cordillera Bética (Prebético y Subbético). Concretamente, se trata de los materiales carbonáticos que se han denominado clásicamente como “facies *Muschelkalk*”, y que comprenden unos 12 millones de años.

Durante el Triásico, la Placa Ibérica emergía en dos áreas elevadas, el Macizo Hercínico y el Macizo del Ebro, rodeadas por la Cuenca del Tethys. A su alrededor, dependiendo de la mayor o menor extensión de los diferentes episodios de transgresión-regresión, el Mar del Tethys invadía una superficie más o menos extensa del resto de la citada placa. El Triásico de la Península Ibérica está descrito en detalle en López-Gómez *et al.* (1998 y 2002).

Para su estudio se han realizado diversas consideraciones paleogeográficas atendiendo a la presencia o ausencia de determinadas facies *Muschelkalk* y las características de los depósitos epicontinentales marinos (Sopeña *et al.*, 1983; Virgili *et al.*, 1977). Finalmente, López-Gómez *et al.* (1998) establecen los siguientes dominios de Oeste a Este (Fig. 3.1):

- Triásico Hespérico, rodea el Macizo Ibérico y consiste en depósitos continentales. Aflora en Asturias, Santander, Portugal, Sierra de Cameros, los bordes del Sistema Central y el cinturón Alcázar-Linares-Algarve.

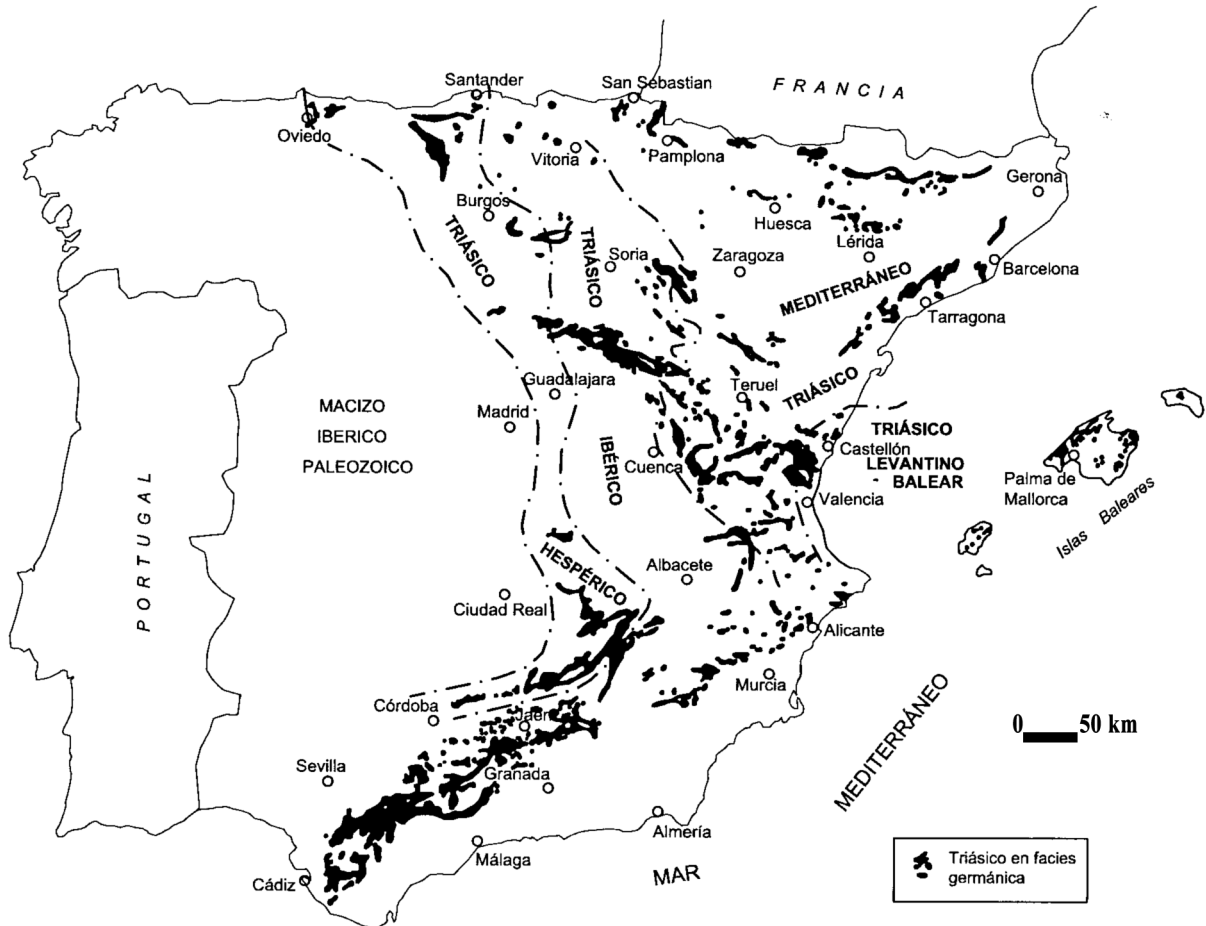


Figura 3.1 - Dominios del Triásico marino en la Península Ibérica. Modificado de López-Gómez *et al.* (1998)

- Triásico Ibérico, caracterizado por un nivel carbonático de edad Ladiniense depositado sobre la facies Buntsandstein y cuya potencia se incrementa hacia el E-SE de la Península Ibérica (PI). Incluye los afloramientos de Sierra de la Demanda, el noroeste de la Cordillera Ibérica y la región Prebética de Albacete y Jaén.

- Triásico Mediterráneo, caracterizado por dos niveles carbonáticos marinos (Muschelkalk inferior o M_1 y Muschelkalk superior o M_3) de edad Anisiense-Ladiniense, separados por una intercalación de depósitos de arcillas rojas y yesos de origen fluvial y costero, de facies equivalentes al Keuper (M_2). Aflora en la Cordillera Costero-Catalana, al este de la cuenca del Ebro, en el área central y SE de la Cordillera Ibérica y en diversas secciones de los Pirineos meridionales.

- Triásico Levantino-Balear caracterizado por un único paquete muy potente de carbonatos marinos de edad Anisiense a Ladiniense. Aparece en los afloramientos de Castellón, Valencia y Alicante, Islas Baleares y en algunas áreas del Subbético.

Los materiales que hemos estudiados se depositaron durante el Triásico Medio en el sector oriental de la Península Ibérica. El término “Muschelkalk” en este contexto se utiliza como un concepto de facies y no como el término clásico de “Muschelkalk de Tipo Germánico”.

Durante el Triásico Medio se produjeron dos grandes episodios de transgresión del mar del Tethys hacia el interior de la Península Ibérica, separados por un episodio regresivo entre los dos. Los sedimentos carbonáticos marinos asociados a los episodios transgresivos han sido denominados tradicionalmente como Muschelkalk inferior y superior, mientras que los sedimentos detríticos y evaporíticos que los separan se han denominado Muschelkalk medio.

El Muschelkalk inferior está representado por la primera unidad carbonatada (siempre que aparezcan 2 barras), mientras que el Muschelkalk medio está representada por una unidad evaporítica y siliciclástica de tendencia regresiva-transgresiva, aunque se pueden observar diferentes pulsos dentro de la tendencia general. La segunda barra carbonática se corresponde con el Muschelkalk superior, el más ampliamente distribuido en la Península Ibérica, que constituye un ciclo transgresivo-regresivo completo. Su potencia se incrementa progresivamente a medida que se aproxima al E de la Cordillera Ibérica, alcanzando hasta los 160 m.

3.1.1) Secciones estudiadas

Las secciones estudiadas pertenecen a afloramientos de las Cordilleras Pirenaica, Costero-Catalana, Ibérica y Bética. En la presente tesis doctoral se describen las secciones donde se ha encontrado registro de microfósiles y son las siguientes, de norte a sur: de la Cordillera Pirenaica, Usseu, Sant Sebastià, Hostalets-Cadí y Alós de Balaguer; de las Cordilleras Costero-Catalana, L’Ametlla, Olessa, Rasquera-Benifallet y Tivissa; de la Cordillera Ibérica, Calanda, Tramacastilla, Libros, Henarejos, Moya, Bugarra y Montserrat; de la Cordillera Bética, Espejeras, Calasparra, Canara, Arroyo Hurtado, Valdepeñas de Jaén, Salmerón, Boyar y Cabo Cope. El total de muestras estudiadas de estas secciones es de 375; 142 han dado resultado positivo en algún tipo de microfósil, y entre ellas 82 han dado algún tipo de restos de conodontos.

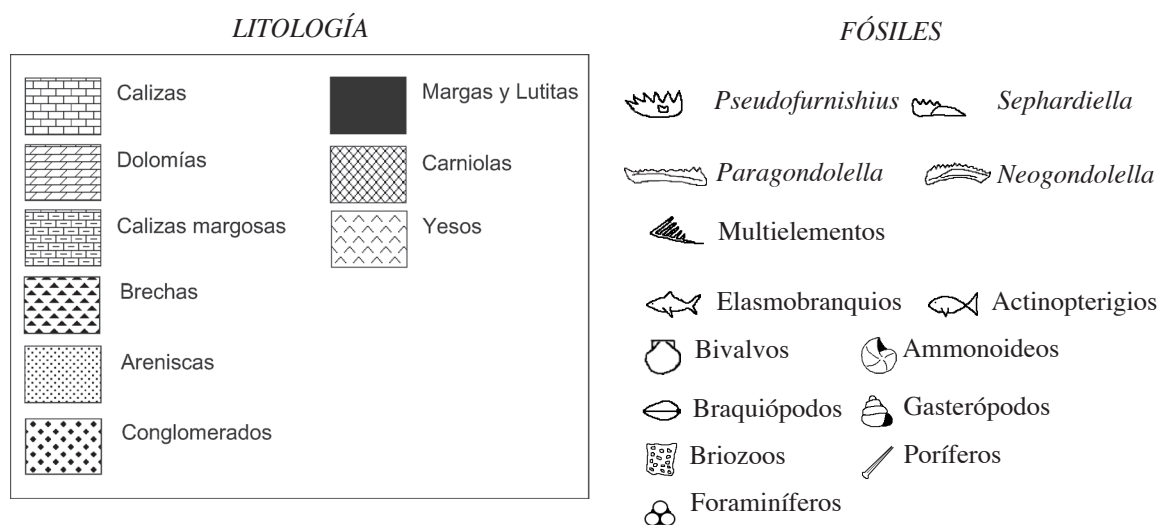


Figura 3.2 - Leyenda para las columnas estratigráficas estudiadas.

3.2) CORDILLERA PIRENAICA

Los Pirineos se extienden por el norte de la Península Ibérica, entre el Golfo de León en el Mediterráneo hasta el Golfo de Vizcaya en el Atlántico. Por el sur limita con la Cuenca del Ebro y por el sureste con la Cordillera Costero-Catalana. Geológicamente se divide en tres áreas, la Norpirenaica, Axial y Surpirenaica (Fig. 3.3). El área Axial constituye el centro del orógeno y la zona más elevada de la cordillera. Está constituida sobre todo por materiales precámbricos y paleozoicos. Las áreas Nor y Surpirenaicas se caracterizan por la presencia de materiales intensamente deformados y por la diversidad de litologías encontradas, entre las que destacan, por su abundancia, los carbonatos mesozoicos. En el área Surpirenaica es común la presencia de depósitos marinos detríticos terciarios. El Triásico surpirenaico, que estudiamos en la presente tesis doctoral, presenta cuatro grandes unidades estratigráficas que de base a techo son: Bundsandstein, Muschelkalk, Keuper y la Formación Isábena.

El Muschelkalk en los Pirineos está representado, en general por una única barra carbonática y presenta una potencia que oscila desde unos 50-80 m en Nogueras, Cadí y País Vasco, a 30-50 m en las Sierras Marginales. Las facies de la Unidad de Lutitas de la parte superior del Bundsandstein pasan gradualmente a las facies carbonáticas del Muschelkalk, aunque a nivel de cuenca el contacto entre las dos unidades se realiza mediante la disposición en onlap de los materiales del Muschelkalk respecto a los depósitos subyacentes. Se diferencian las siguientes

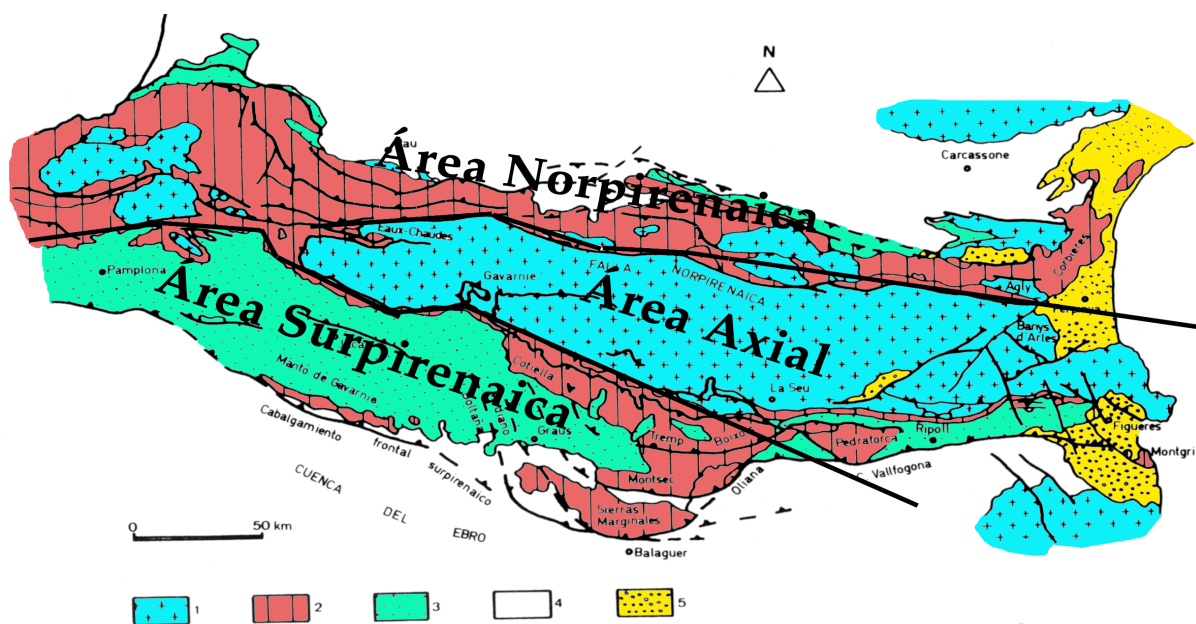


Figura 3.3 - Mapa geológico de los Pirineos (modificado de March-Benlloch, 1991 en Calvet *et al.*, ined). Leyenda: 1) Zócalo Hercínico, 2) Mesozoico, 3) Terciario incorporado en los mantos de corrimiento, 4) Terciario de los antepaíses, 5) Materiales post-orogénicos.

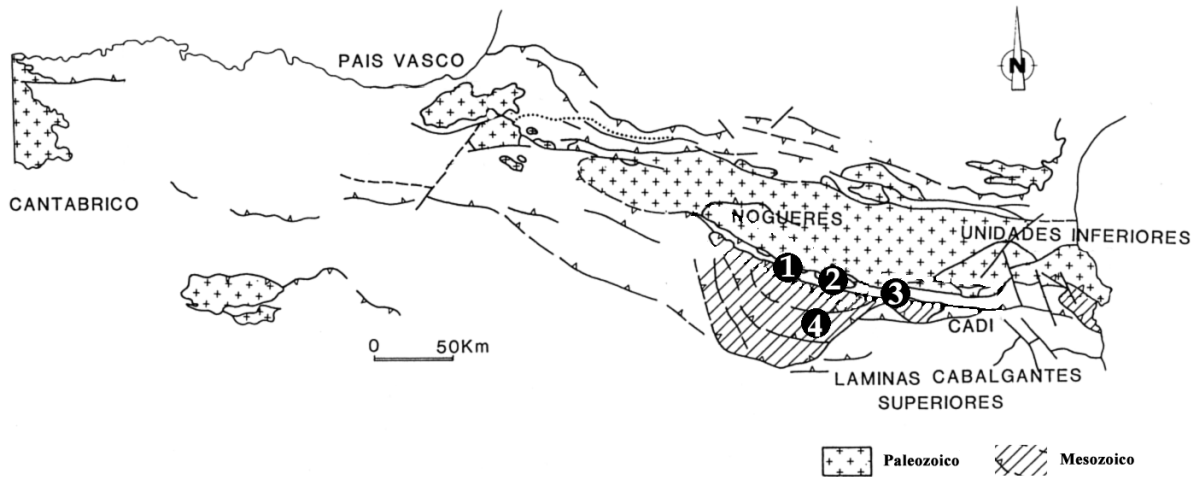


Figura 3.4 - Situación geográfica de las secciones estudiadas:
 1) Usseu 2) Sant Sebastià 3) Hostalets-Cadí 4) Alós de Balaguer (Modificado de Calvet (coord.), inédito)

unidades litológicas, de base a techo: a) Unidad de Dolomías margosas, b) Unidad de Calizas grises c) Unidad de Calizas y/o Dolomías tableadas (Calvet *et al.*, 1994) .

Los materiales estudiados en la presente memoria pertenecen al Área Surpirenaica, en el sector de Nogueres-Cadí, diferenciándose dos áreas: la de Nogueres-Cadí (Lleida) (secciones 1, 2 y 3 en la Fig. 3.4) y la de las Sierras Marginales (Lleida, sección 4 de la figura 3.4).

La presencia de conodontos en el Triásico surpirenaico está limitada a las facies Muschelkalk. En esta unidad March-Benlloch (1986 y 1991) identificó los conodontos *Pseudofurnishius murcianus* van den Boogaard en los afloramientos de Moncortés, Cabestany y Guixera de Tost y *Sephardiella mungoensis* (Diebel) en Puerto de Velate (País Vasco).

3.2.1) Área de Nogueres-Cadí

En éste área, el Muschelkalk está constituido principalmente por calizas y/o dolomías, variando en potencia entre 65-80 m. Mediante criterios litológicos, paleontológicos y sedimentológicos se subdividió en 3 unidades litológicas (Calvet *et al.* 1994), que de base a techo son:

a) Unidad de Dolomías margosas: 2-6 m de potencia. Formada por dolomícritas margosas laminadas de color ocre a gris. La laminación es milimétrica plana a ondulada, y con pseudomorfos lensoidales y cúbicos. El límite superior está representado con frecuencia por un nivel de 10 a 30 cm de lutitas grises. Localmente, aparecen niveles decimétricos de lutitas, estromatolitos y brechas.

b) Unidad de Calizas grises: 50-70 m de potencia. Esta unidad presenta una litología muy variada, compuesta desde mudstone a grainstone, y está parcialmente dolomitizada. En general, las facies mudstone-wackestone aparecen en la parte inferior y media de la unidad, con las facies de packstone dispuestas en la parte alta. La unidad termina con un nivel 10 a 40 cm de

calizas packstone y/o grainstone bioclásticos con frecuentes nódulos de sílex. Los principales componentes de este nivel son equinodermos, bivalvos, conodontos y foraminíferos.

c) Unidad de Calizas y/o Dolomías tableadas: 15-30 m de potencia. Consiste en mudstone y/o dolomicritas tableadas con laminación milimétrica plana de 1-3 cm de espesor. A techo, aparecen calizas o dolomías con laminaciones criptoalgales, pseudomorfo lenoidales y cúbicos, brechas dolomíticas y niveles decimétricos de margas. La facies de mudstone tableadas presenta, localmente, acumulaciones de bivalvos y micro-restos de vertebrados.

El área de Nogueres-Cadí se extiende en dirección E-O desde el término municipal de Nogueres hasta el de Cadí. Los materiales estudiados en este área corresponden a las zonas de Montcortés-Gerri de la Sal (situada en el municipio de Baix Pallars, en la comarca del Pallars Sobirà, provincia de Lleida, hoja 252 del MAGNA 1:50.000), en la que se han estudiado materiales de las secciones de Usseu y de Sant Sebastià; y a la zona de Cadí, situada cerca del parque natural del Cadí-Moixeró, en la provincia de Girona, en la hoja 253 del MAGNA 1:50.000.

3.2.1.1) Sección de Usseu (Fig. 3.5; Tabla 3.1)

En esta sección se han estudiado materiales próximos de la localidad de Useu; esta sección aparece figurada en la hoja del MAGNA 1:50.000 N° 252 “Trempe”, con las coordenadas de la base 42° 18' 36" N y 1° 5' 02" O. Tiene una potencia total de unos 62 m.

Tramo 1: potencia de unos 39 m, equivale a la Unidad de Calizas grises (Calvet *et al.*, 1994). De muro a techo, los primeros metros están formados por la alternancia de niveles de dolomías margosas con niveles de doloesparitas con estructuras estromatolíticas y con estratificación cruzada. Un nivel de 50 cm de lutitas da paso a un nivel masivo de calizas de

USSEU				
	Dientes Actinopterigios	Bivalvos	Gasterópodos	Peso de la muestra (gr)
FNUS-2	2			2435
FNUS-1		1	1	2855

Tabla 3.1 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de Usseu

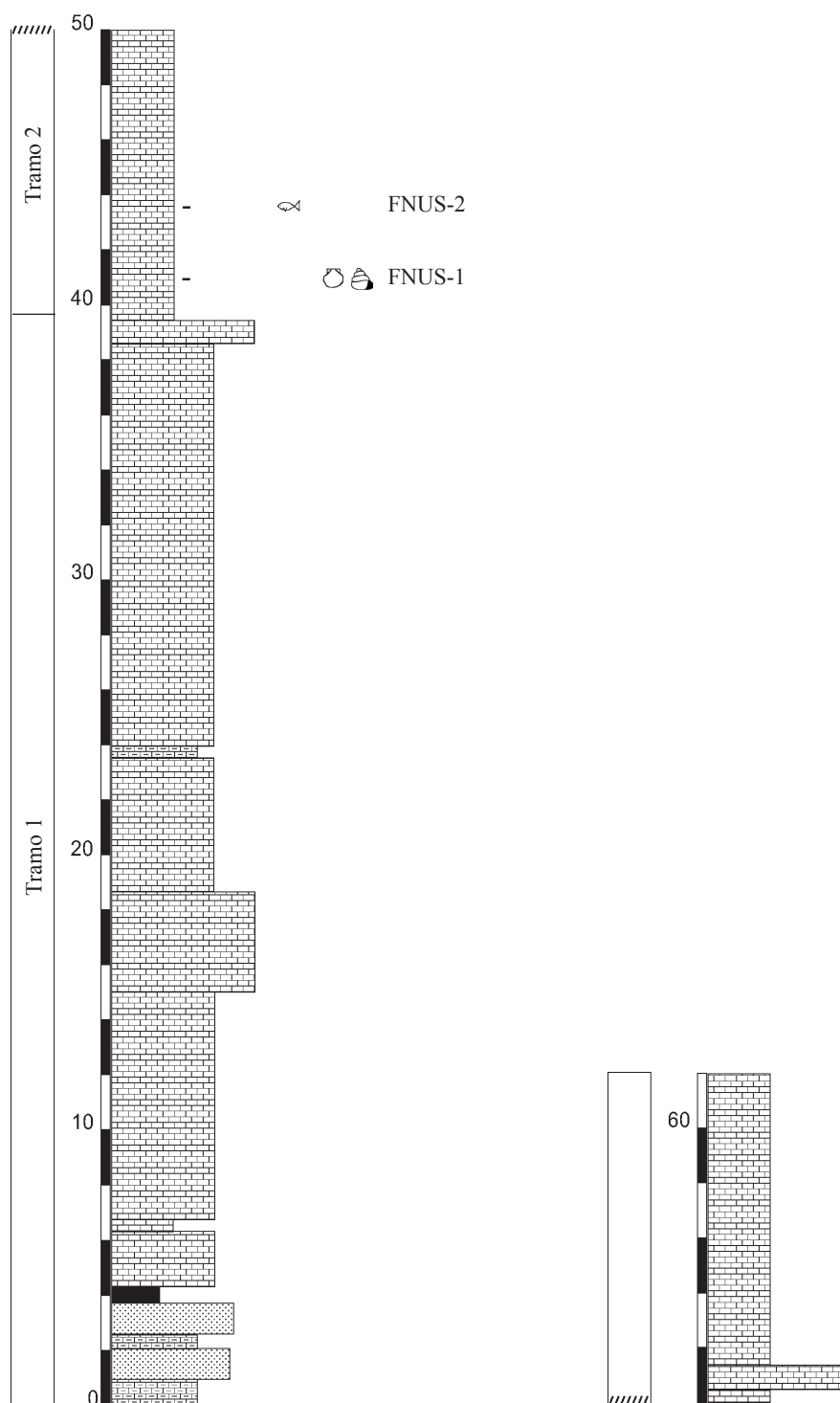


Figura 3.5 - Columna estratigráfica de la sección de Usseu. Modificada de Calvet (coor) (ined)

unos 7 m de potencia. A continuación, aparece un nivel en resalte de unos 3 m de potencia de calizas packstones que se continúa con un nivel de unos 3 m de calizas. Sigue un pequeño nivel de calizas margosas, seguido por un tramo de unos 10 m de calizas mudstones que compone la parte superior de la Unidad de Calizas grises, que concluye con un pequeño nivel en resalte de 50 cm de calizas packtones con bioclastos a techo.

Tramo 2: potencia de unos 22 m, que equivale a la Unidad de Calizas y/o Dolomías tableadas (Calvet *et al.* 1994). La Unidad de Calizas y/o Dolomías está formada por un nivel masivo de 10 m de calizas interrumpidas a unos 50 m de la base por un nivel en resalte de 1 m de calizas tableadas. El registro fósil, formado por micro-restos de peces y bivalvos, aparece en la parte baja del tramo.

3.2.1.2) Sección de Sant Sebastià (Fig. 3.6; Tabla 3.2)

En esta sección se han estudiado materiales provenientes de las proximidades de la localidad de Sant Sebastià, y aparece figurada en la hoja del MAGNA 1:50.000 N° 252 “Tremp”, con las coordenadas de la base 1° 08’ 10” N y 42° 19’ 40” O. La parte de la columna estudiada tiene una potencia total de 70 m, reconociéndose dos tramos:

Tramo 1: la parte inferior, que pertenece a la Unidad de Calizas grises, tiene una potencia de unos 65 m. En los primeros 4 m aflora una serie de tramos de calizas wackestone, con un pequeño nivel de 50 cm de lutitas que los separa de otro de dolomicritas de 2 m. Por encima continúa un nivel de calizas wackestone ricas en bivalvos y de donde procede la muestra donde han aparecido restos óseos que continúa con otro de 1 m de potencia de calizas packstones con bioclastos. Siguen unos 2 m sin aflorar. Encima, continúa con un tramo masivo de calizas mudstones de unos 10 m de potencia y que se continúa con otros 10 m de material no aflorante, interrumpido únicamente por un nivel de menos de 1 m de potencia, con estructuras estromatolíticas a unos 30 m de la base de la columna. Los materiales vuelven a aflorar con una serie de paquetes alternantes de calizas de diferente litología (packstones, wackestone) de unos 6

SANT SEBASTIÀ			
	Fragmentos (Vertebrados)	Bivalvos	Peso de la muestra (gr)
FNSS-1	1	*	3588

Tabla 3.2 - Contenido fosilífero de la muestra de la sección de Sant Sebastià de Bosseu

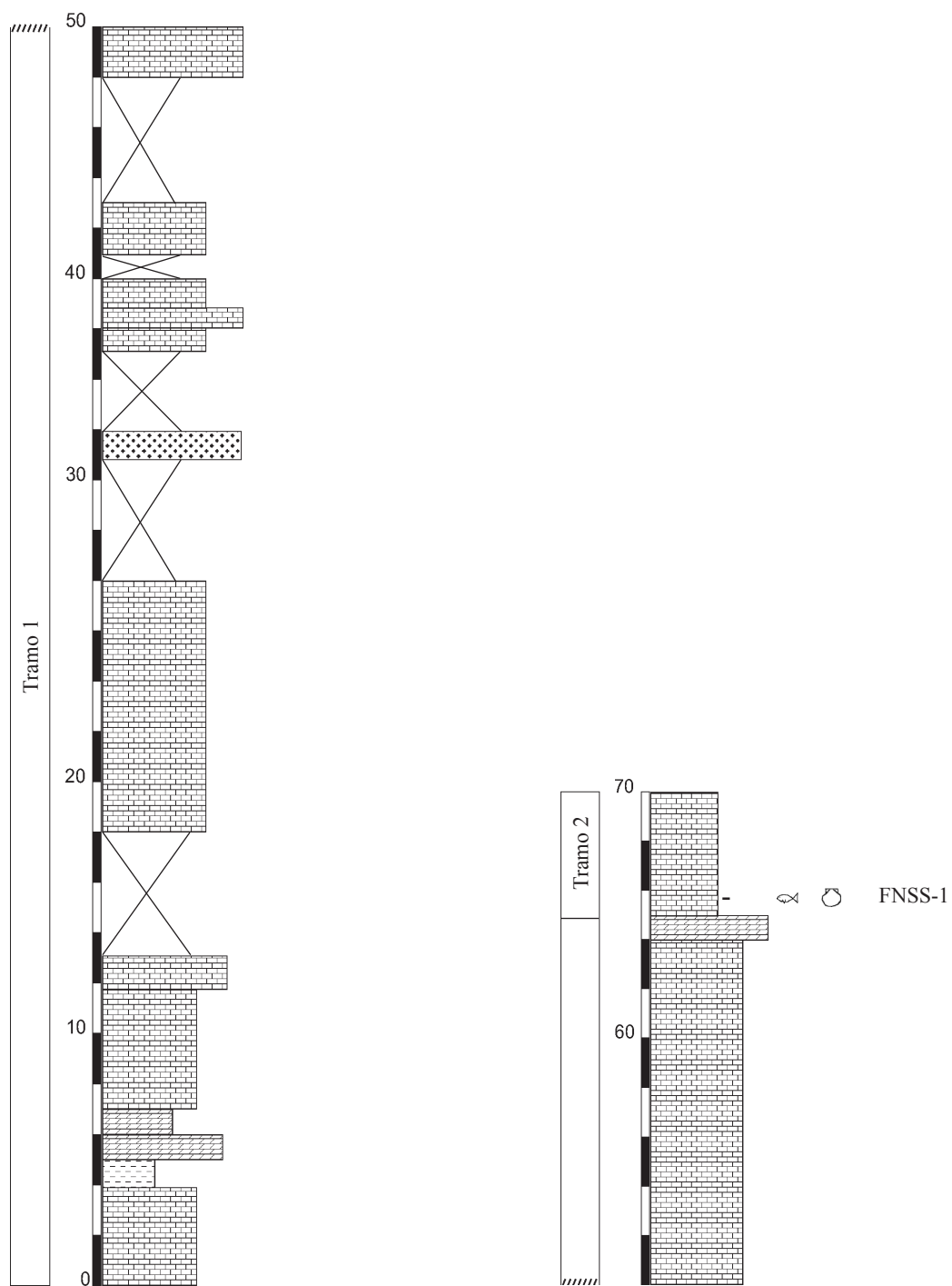


Figura 3.6 - Columna estratigràfica de la secció de Sant Sebastià. Modificada de Calvet (coor) (ined)

m de potencia, que se continúan con otro tramo no aflorante de unos 3 m de potencia. La Unidad de Calizas grises termina con un potente paquete de unos 17 m de calizas wackestone con abundantes foraminíferos y con un paquete de 1 m de potencia de dolomías con estratificación cruzada y abundante sílex.

Tramo 2: tiene una potencia de unos 5 m e incluye materiales de la Unidad de Calizas y Dolomías tableadas. En el caso de Sant Sebastià está formada por un único banco de calizas wackestone, sin presencia de dolomías, donde se registran micro-restos de peces.

3.2.1.3) Sección de Hostalets-Cadí (Fig. 3.7; Tabla 3.3)

La sección está situada cerca del parque natural del Cadí-Moixeró, en la provincia de Girona, en la hoja del MAGNA 1:50.000 N° 253 “Organya”. Se han estudiado materiales provenientes de las cercanías de las localidades de Cadí (coordenadas 42° 17' 28" N y 1° 36' 15" O) y Hostalets (coordenadas 42° 16' 52" N y 1° 21' 55" O). La columna de esta sección es sintética de las dos localidades y tiene una potencia total de 50 m. Se han reconocido tres tramos:

Tramo 1: potencia de unos 5 m, equivale a la Unidad de Dolomías margosas y consiste en un nivel de 5 m de calizas margosas.

Tramo 2: con una potencia de algo menos de 30 m, equivale a la unidad de Calizas grises y está formada inicialmente por la alternancia de 2 niveles de calizas con 2 niveles de conglomerados de unos 2 m de potencia cada uno. A techo del último nivel de conglomerados aparece un pequeño nivel de lutitas con presencia de polen y estratificación cruzada. Por encima, un nivel de calizas masivas wackestone de 4 m de potencia, seguido por un nivel de dolomías de 4 m de potencia seguido por otros 2 m de calizas wackestone. El resto de la Unidad de Calizas grises consiste en un paquete de 12 m de dolomías masivas, y con 2 m de calizas packstones con bioclastos y foraminíferos a techo. Los micro-restos de vertebrados aparecen justo en la parte superior del tramo.

Hostalets-Cadí		
	Dientes Actinopterigios	Peso de la Muestra (gr)
CHO-10	6	2855
FCAD	6	1589

Tabla 3.3 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de Hostalets-Cadí

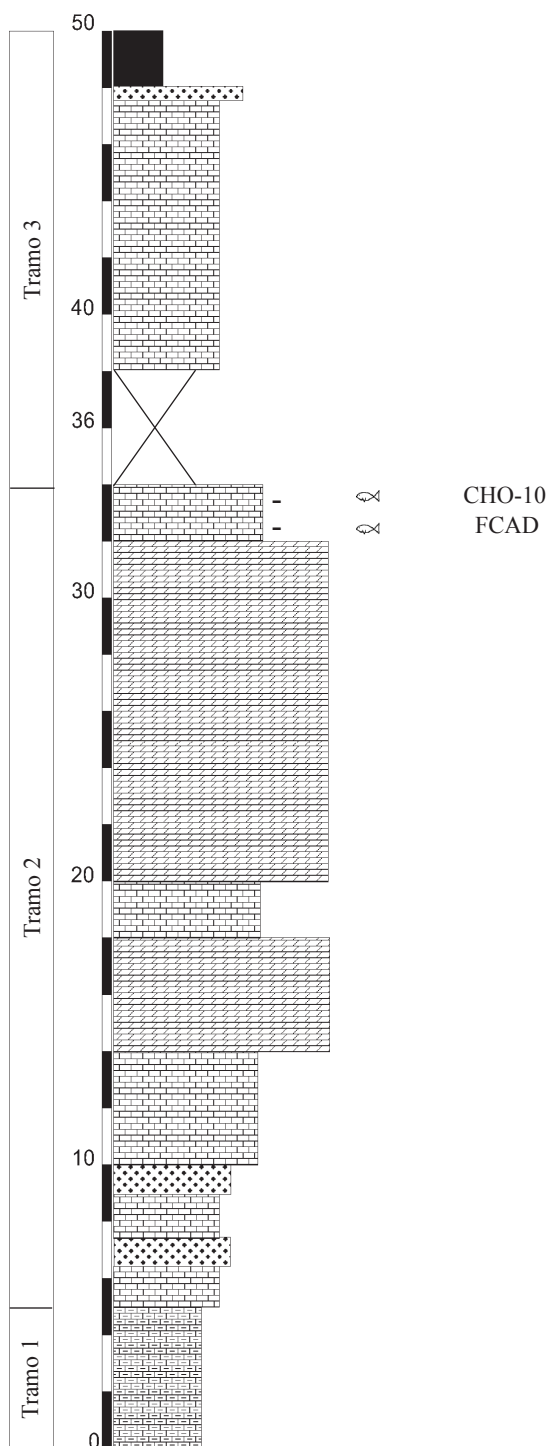


Figura 3.7 - Columna estratigráfica sintética de la sección de Hostalets-Cadi. Modificada de Calvet (coor) (ined)

Tramo 3: con una potencia de unos 18 m, equivale a la Unidad de Calizas y/o Dolomías tableadas y se inicia con 4 m de materiales cubiertos, tras los que aparece un nivel de 9 m de calizas mudstone, seguido de un nivel de unos 50 cm de calizas nodulares; la columna concluye con un pequeño nivel de lutitas que indica el comienzo de la facies Keuper.

3.2.2) Área de las Sierras Marginales

La potencia del Muschelkalk, varía entre 30 a 50 m, siendo difícil establecer tanto la extensión exacta que tiene como sus límites inferior y superior. Esto se debe a que el Muschelkalk se presenta tectónicamente incluido entre los materiales del Keuper. No obstante, en diversas localidades se puede observar el tránsito de las facies carbonatadas del Muschelkalk a las facies más margosas del Keuper.

Siguiendo criterios litológicos, paleontológicos y sedimentológicos se puede dividir el Muschelkalk de esta área en dos unidades (Calvet & Anglada, 1987; Calvet *et al.*, 1994), que de base a techo son:

a) Unidad de Calizas grises: básicamente constituida por calizas de textura mudstone y wackestone, generalmente en la base de la unidad, y por packstone bioclásticos (con grainstoneoolíticos localmente) en la parte media y alta de la unidad. A techo de la unidad aparece un nivel decimétrico de calizas, de packstones o grainstones bioclásticos con nódulos de sílex con foraminíferos o bien niveles decimétricos de grainstones oolíticos.

b) Unidad de Calizas y/o dolomías tableadas: constituida básicamente por calizas mudstone y wackestone tableadas en capas de 1 a 3 cm de potencia, con laminación milimétrica plana y con ocasionales niveles decimétricos de estromatolitos.

3.2.2.1) Sección Alós de Balaguer (Fig. 3.8; Tabla 3.4)

La sección de Balaguer se sitúa cerca de la localidad del mismo nombre, y se encuentra en la hoja del MAGNA 1:50.000 (primera edición) N° 328 “Artesa de Segre”, con la base en las coordenadas 41° 54' 40" N y 0° 57' 30" O. Por debajo y encima de la sección aparecen los yesos del Keuper, facies que incluye el Muschelkalk también a techo. Se han reconocido dos tramos:

Tramo 1: los materiales estudiados pertenecen a la Unidad de Calizas grises, que en la sección tiene unos 25 m de potencia. Consiste en un tramo masivo de calizas de color gris, con textura que oscila de mudstone a packstone a lo largo del mismo. Los niveles fosilíferos se sitúan en la parte inferior del tramo, y contienen, principalmente, vertebrados y conodontos. La presencia de *Sephardiella truempyi* (Hirsch) en el nivel CEAB-2 permite datar la sección como Ladiniense Inferior.

Tramo 2: con una potencia de unos 25 m se sitúan los materiales de la Unidad de Calizas y/o Dolomías tableadas, formada por una alternancia de niveles masivos de calizas tableadas

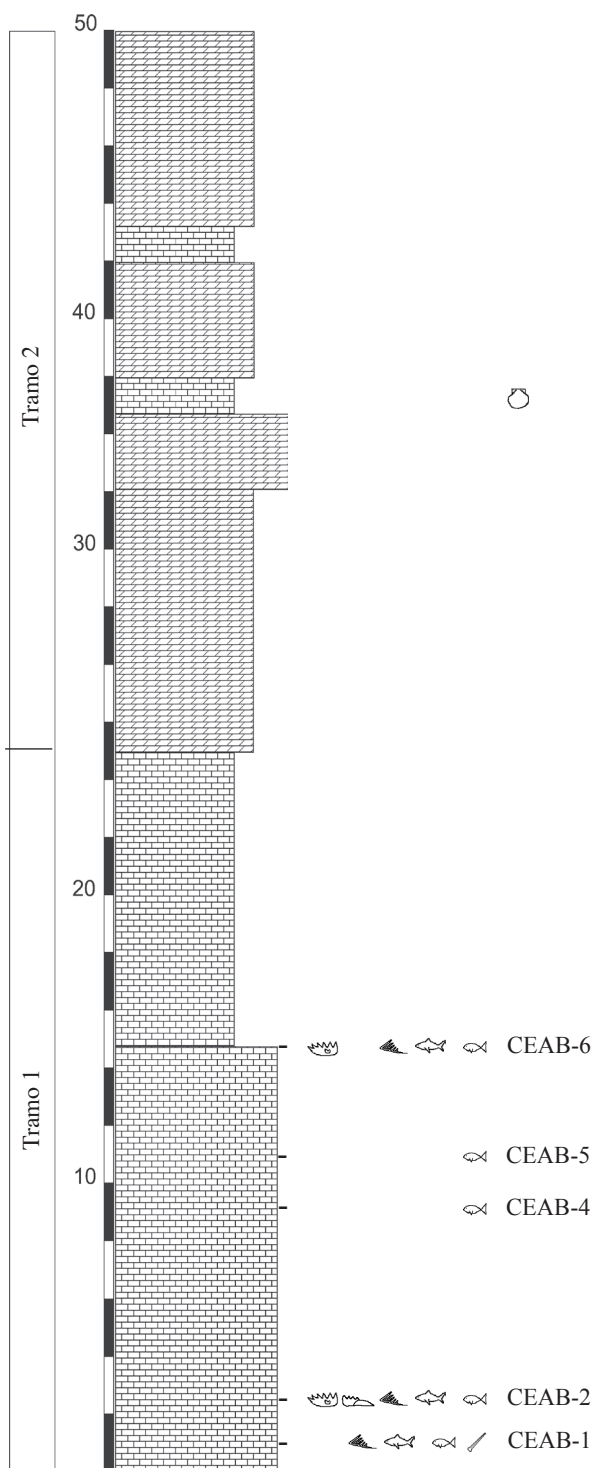


Figura 3.8 - Columna estratigráfica de la sección de Alós de Balaguer

ALÓS de BALAGUER									
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	<i>Sephardiella truempyi</i>	Elementos M	Elementos S	Dientes Actinopterigios	Fragmentos (Vertebrados)	Escamas Elasmobranquios	Equinodermos	Peso de la Muestra (gr)
CEAB-6	3			3	20	2	3		1008
CEAB-5					6				2005
CEAB-4					10				1023
CEAB-2	6	3	1	3	14	1	3		3002
CEAB-1			1		14		1	1	1015

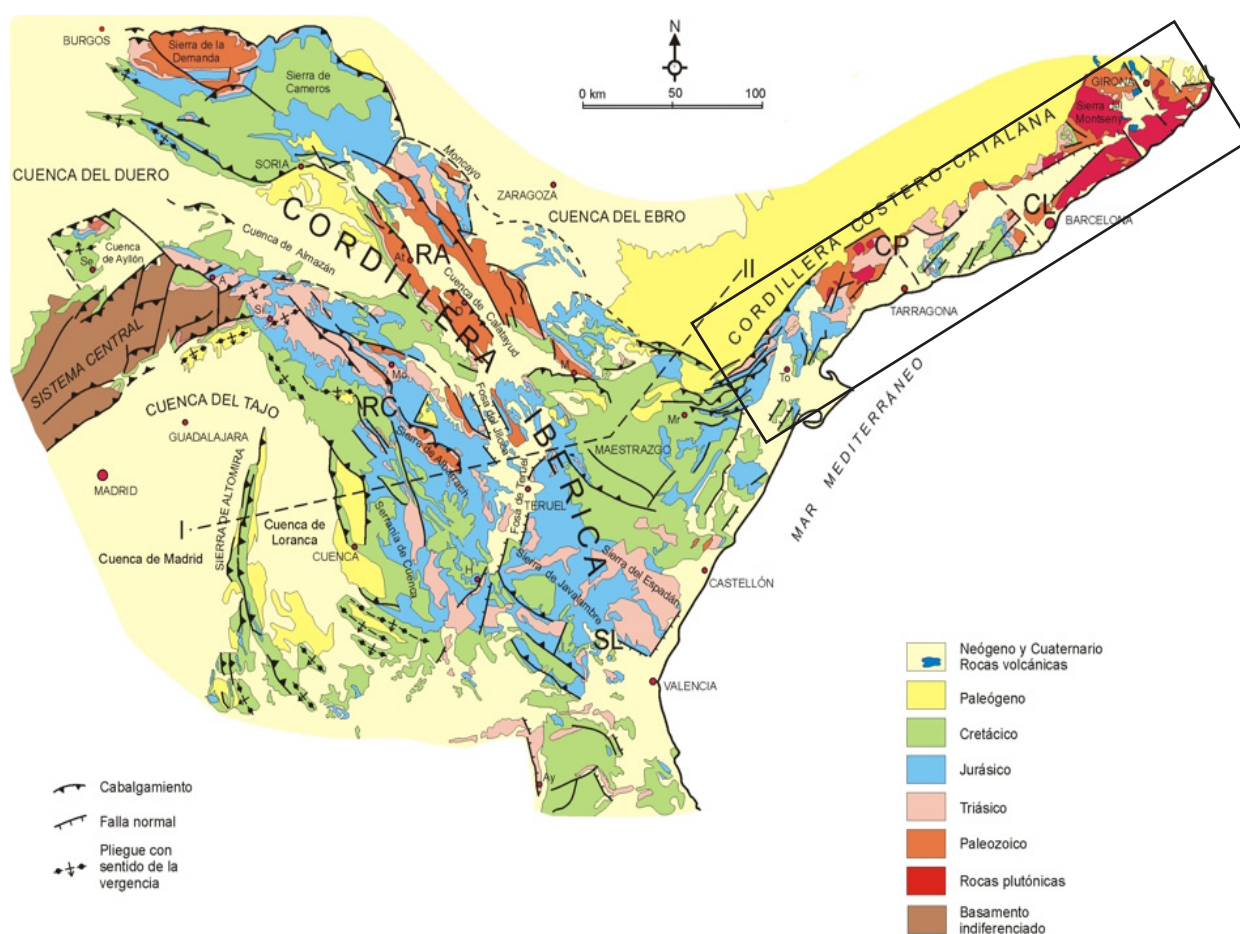
Tabla 3.4 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de Alós de Balager

con texturas mudstone y wackestone con niveles de dolomías. Las calizas contienen un registro fósil muy mal preservado consistente en bivalvos similares a *Myophoria* (Vidal, 1875) y gasterópodos. El tránsito a los yesos de la facies Keuper se hace de forma rápida.

3.3) CORDILLERA COSTERO-CATALANA

La Cordillera Costero-Catalana (CCC) está compuesta por dos cadenas montañosas paralelas a la costa mediterránea en dirección NE-SO desde las proximidades de Girona hasta el delta del Ebro (Fig. 3.9) separadas por la Depresión Prelitoral. La cadena más próxima al mar se denomina Cordillera Litoral, con una extensión de 150 km desde Girona hasta Vilanova i la Geltrú, mientras la más alejada, situada al SO, se denomina Cordillera Prelitoral y se extiende a lo largo de unos 200 km desde Tarragona hasta contactar con el Delta del Ebro (Sopeña y De Vicente, 2004).

Litológicamente es una cadena montañosa formada durante la orogenia alpina, con núcleo hercínico y los materiales mesozoicos de la cobertera en discordancia. En muchas áreas estas rocas paleozoicas y mesozoicas están cubiertas por materiales terciarios. Se puede dividir en dos partes principales, separadas por la falla de Llobregat; la NE, donde predomina el Paleozoico y la SO, donde progresivamente se desarrolla el Mesozoico hasta aflorar completamente en la zona del Delta del Ebro.



3.9 - Mapa con la Cordillera Costero-Catalana destacada en un recuadro. Modificado de Sopeña y De Vicente (2004)

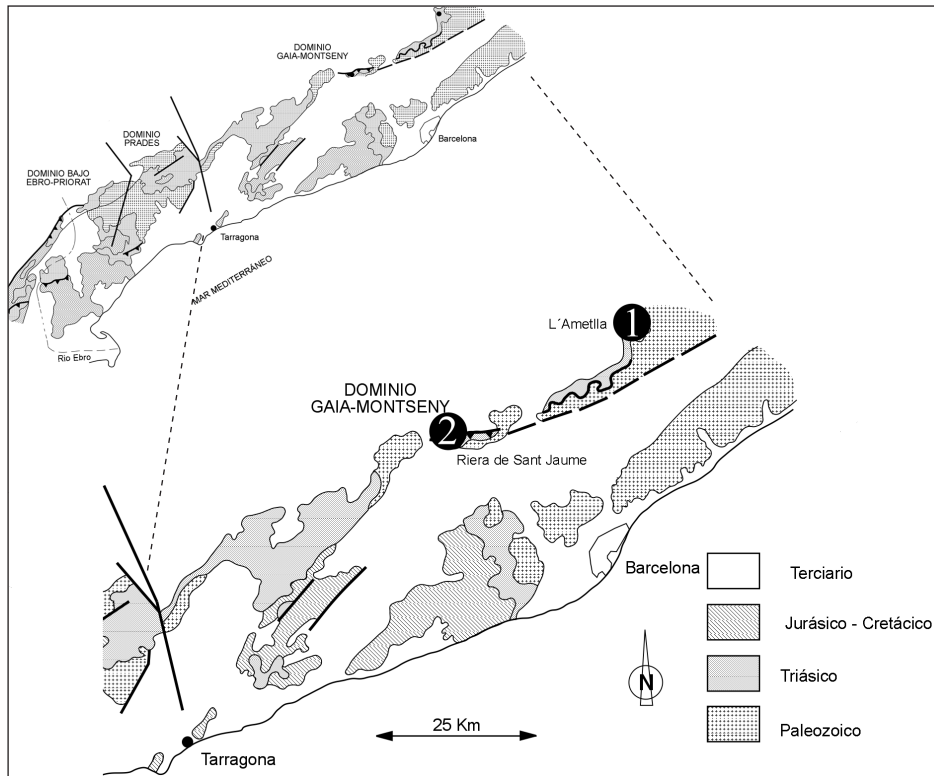


Fig 3.10 - Secciones del Muschelkalk inferior en las Cordillera Costero-Catalana. 1) L'Ametlla 2) Olesa (modificado de Márquez-Aliaga *et al.* 2000).

Según Virgili (1958) en el Triásico de Los Catalánides se pueden encontrar las tres unidades típicas del Muschelkalk de tipo germánico: el Muschelkalk inferior o M_1 , Muschelkalk medio o M_2 y Muschelkalk superior o M_3 .

3.3.1 Secciones del Muschelkalk inferior o M_1 (Fig. 3.10)

La potencia del Muschelkalk inferior en la CCC oscila entre 70 m en el NE y 120 m al SO. El límite inferior es una transición gradual entre los materiales evaporíticos del Bundsandstein y los materiales carbonáticos del Muschelkalk, y el límite superior un paso brusco a los depósitos siliciclásticos-evaporíticos del Muschelkalk medio (M_2). Calvet *et al.* (1987) subdividieron el Muschelkalk inferior en las siguientes unidades litoestratigráficas:

Unidad El Brull

Está formada principalmente por dolomías y calizas finamente laminadas con un límite superior brusco y una potencia de 6 a 14 m. La parte inferior 1-6 m está formado por dos o tres ciclos de lutitas carbonatadas ocre seguidas por dolomías ocre. La parte superior (3-13 m) está compuesta en su base por dos o tres ciclos de calizas mudstone-wackestone con bioturbación de color gris y en techo por calizas mudstone-wackestone finamente laminadas, con estromatolitos y brechas locales.

Unidad Olesa

Formada por calizas bioclásticas, con una potencia que oscila entre 6 y 12 m. La parte inferior (5-8 m) se compone de calizas mudstone-wackestone y packstone con conchas de

bivalvos y otros invertebrados. La parte superior (1-4 m) presenta tres unidades de calizas packstone-grainstone bioclásticas que se alternan con tres unidades de calizas finamente laminadas.

Unidad Vilella Baixa

Con una potencia de 20 a 90 m, que se incrementa en dirección OSO, las facies de esta unidad oscilan desde calizas mudstone a calizas grainstone oolíticas, pudiéndose presentar parcial o totalmente dolomitizadas. El límite superior representa una discontinuidad regional.

Unidad Coldejou

Su potencia varía de 20 a 40 m, y está constituida por dolomicritas de color blanco o beige de 0,1-0,5 m de espesor, finamente estratificadas. El límite superior está representado por una discontinuidad regional que indica el paso de los materiales calcáreos del Muschelkalk inferior a la facies siliciclático-evaporítico del Muschelkalk medio.

3.3.1.1) Sección de L'Ametlla (Figs. 3.11 y 3.11b; Tabla 3.5)

La sección está localizada cerca del pueblo de L'Ametlla, Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 364 "La Garriga", con la base en las coordenadas 41° 43' 18" N y 2° 15' 26" O. La columna estudiada tiene una potencia de 81 m.

L'AMETLLA															
	<i>Paragondolella bulgarica</i>	<i>Paragondolella bifurcata</i>	<i>Paragondolella hambulogi</i>	<i>Neogondolella constricta</i>	<i>Neogondolella cornuta</i>	<i>Neogondolella excentrica</i>	<i>Paragondolella?</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Equinodermos	Peso de la muestra (gr)
CAME-20								2							2800
CAME-19+				11											2700
CAME-18				20		2									1950
CAME-17		1		10					1						1090
CAME-16		2		11	2		2		1						2590
CAME-15 +				11											2870
CAME-14				24			4	3	7	2	11	2	*	*	1980
CAME-13	11		2				4				3				1900
CAME-12	9		6				3	2	2		1				3140
CAME-11	42		1			2	4		8		4		*		2600
CAME-10	9					2	3		2		7			*	1880
CAME-9	6										1				2480
CAME-8	1						1								2025
CAME-7											2				2030

Tabla 3.5 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de L'Ametlla. (+) niveles fosilíferos en Márquez-Aliaga *et al.* (2000) que han sido estériles en nuestro material.

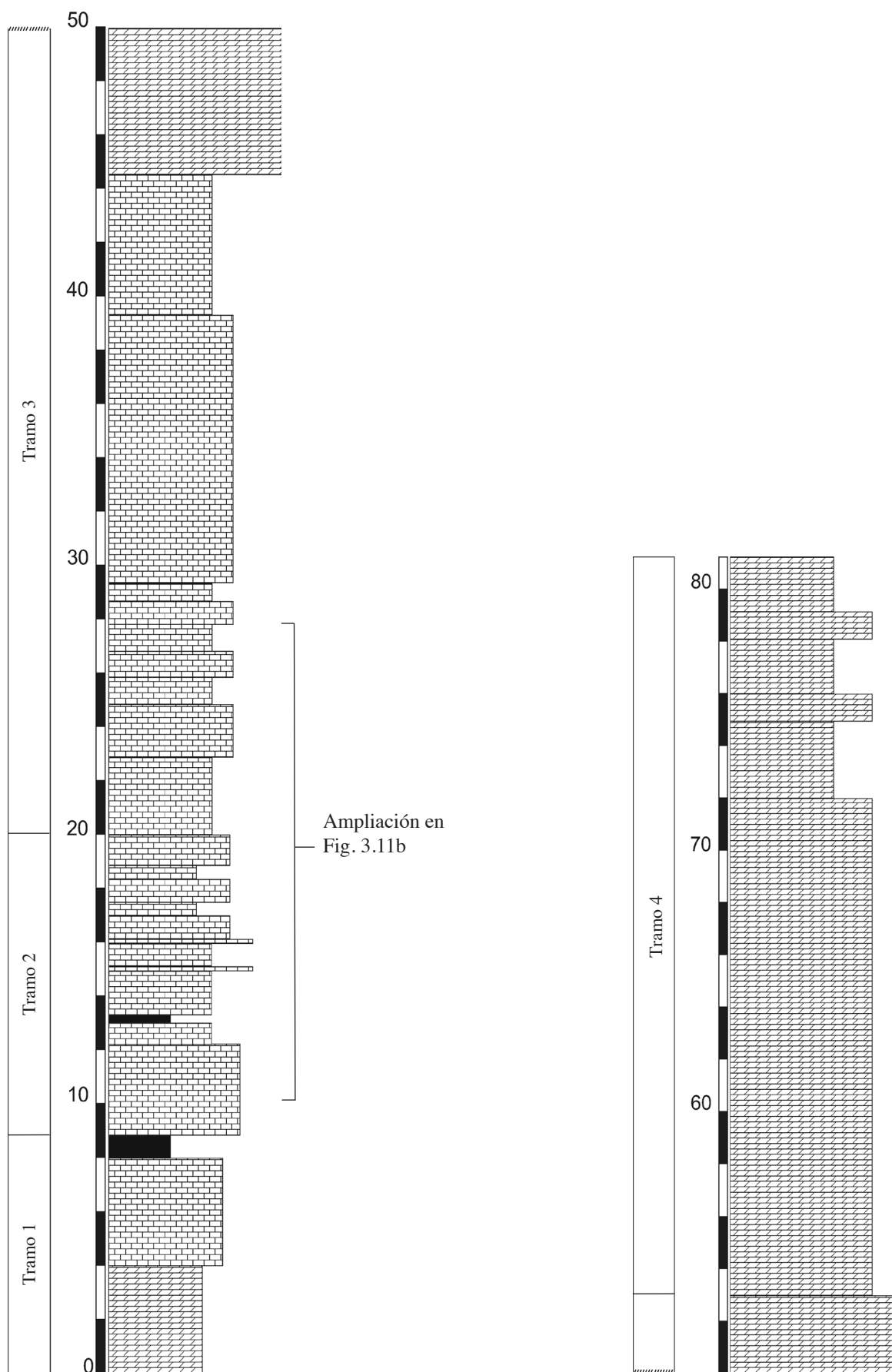


Figura 3.11 - Columna estratigráfica de la sección de L'Ametla. Modificado de Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

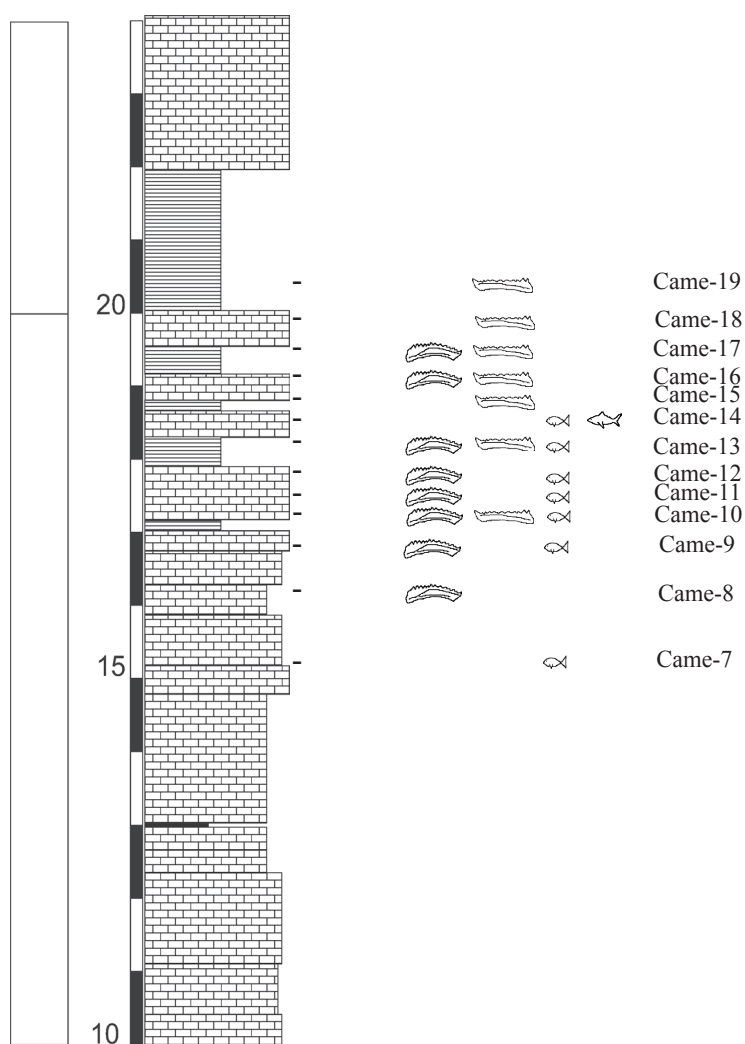


Figura 3.11b - Detalle de la columna estratigráfica de la sección de L'Ametlla con los niveles estudiados. Modificado de Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

Tramo 1: formado por los materiales pertenecientes a la Unidad El Brull, con una potencia de unos 9 m. A muro, presenta un nivel de unos 4 m de potencia de dolomías con un nivel interestratificado y decimétrico de margas. Por encima, sigue un nivel de unos 4 m de potencia de calizas wackestone, y concluye con un nivel a techo de calizas mudstone finamente laminadas de algo más de 1 m de potencia.

Tramo 2: potencia de unos 11 m e incluye materiales pertenecientes a la Unidad Olesa. En la base está compuesto por un nivel de calizas wackestone de unos 3 m de potencia. Por encima aparece un nivel de unos 2 m de potencia de calizas wackestone, con un pequeño nivel decimétrico de margas interestratificado. Por encima, aparecen 2 niveles de calizas packstone de gran resalte en alternancia con niveles de calizas wackestone. A techo, el tramo está compuesto por tres capas de calizas bioclásticas packstone-wackestone en alternancia con tres capas de calizas finamente laminadas. El registro paleontológico está compuesto por bivalvos, equinodermos, ostrácodos, conodontos y micro-restos de vertebrados.

Tramo 3: incluye los materiales de la Unidad Villena Baixa y tiene una potencia de unos 33 m. Está formado por la alternancia de niveles de calizas wackestone laminadas con calizas

packstone, en algunos casos de varios metros de potencia. A unos 44 m de la base de la sección aparece un nivel de dolomías de unos 8 m de potencia y que marca el final del tramo. El registro fósil aparece en los dos primeros metros de calizas finamente laminadas que es donde aparecen los conodontos.

Tramo 4: incluye los materiales de la Unidad Coldejou y tiene una potencia de unos 27 m. Está formado por un nivel masivo de dolomía de color blanquecino y estratificación fina.

El registro fósil encontrado, en el tramo 2 y en la parte inferior de la columna, permite datar este intervalo de la sección como de edad Anisiense Superior, tal y como ya había sido indicado por Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

3.3.1.2) Sección de Olesa (fig. 3.12 y 3.12b; Tabla 3.6)

La sección se encuentra en las proximidades de la localidad de Riera Sant Jaume, Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 392 “Sabadell”, en las coordenadas 41° 34’ 43” N y 1° 56’ 04” O. La potencia total de la columna es de 72 m. Se han distinguido los siguientes tramos:

Tramo 1: incluye los materiales de la Unidad El Brull, con unos 10 m de potencia. La base está compuesta por un nivel de 2 m de dolomías de color ocre, continuadas por un nivel de calizas mudstone finamente laminadas de unos 3 m de potencia. Por encima se sitúa un nivel de unos 4 metros de potencia de calizas wackestone, con un pequeño nivel de calizas laminadas y un nivel dolomítico decimétrico a techo, con un final del tramo brusco.

OLESA												
	<i>Neogondolella cornuta</i>	<i>Neogondolella constricta</i>	<i>Neogondolella basysimmetrica</i>	<i>Neogondolella longa</i>	<i>N. excentrica</i>	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos (Vertebrados)	Gasterópodos	Equinodermos	Peso de la muestra (gr)
COLE-12		4										1900
COLE-11		8			1	6		9				2200
COLE-10		3	1	2				1	1			1490
COLE-9		2					?	?				1360
COLE-7		3										1180
COLE-6		3		1				1				1440
COLE-5	1									*	*	960

Tabla 3.6 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de Olesa

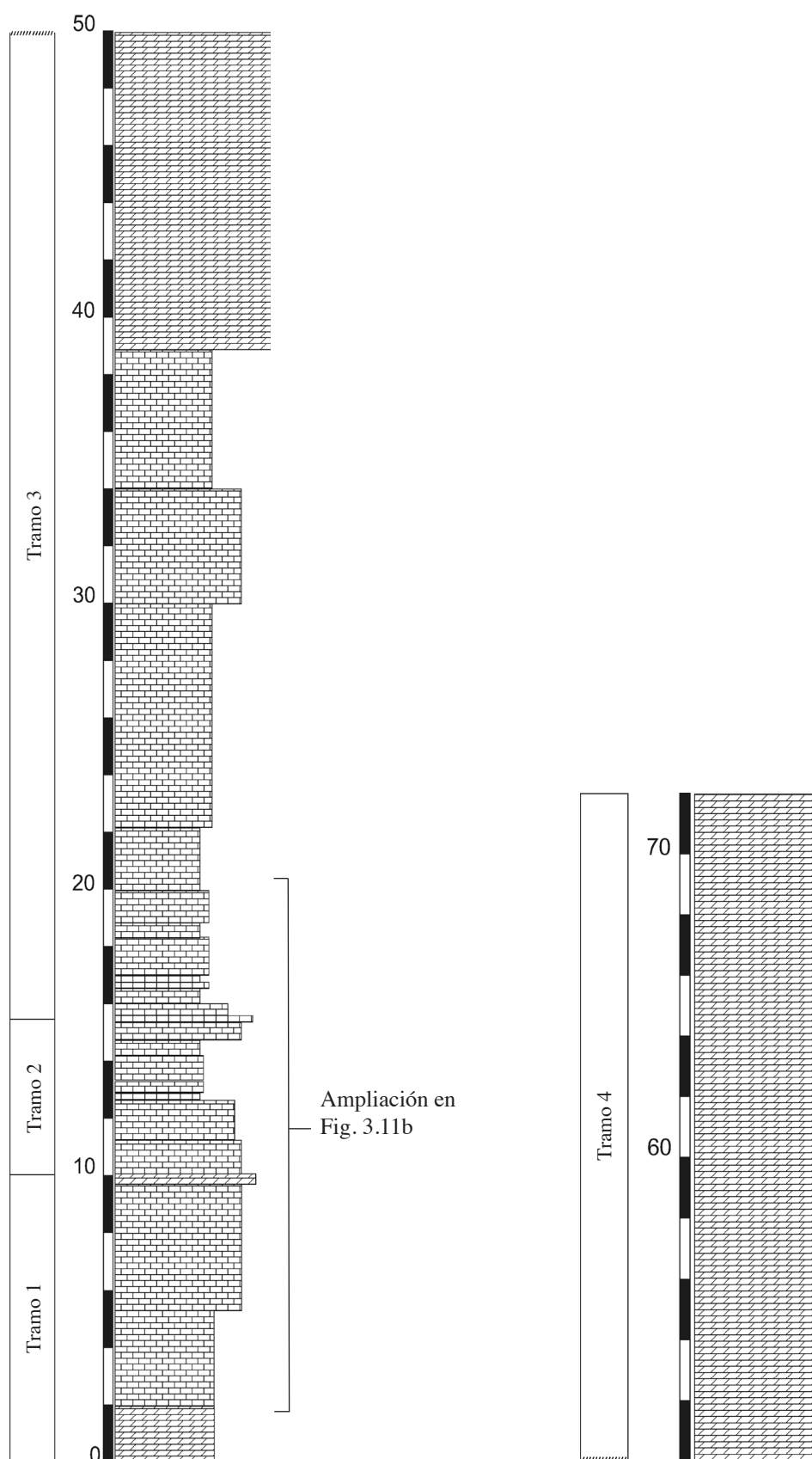


Figura 3.12 - Columna estratigráfica de la sección de Olesa. Modificado de Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

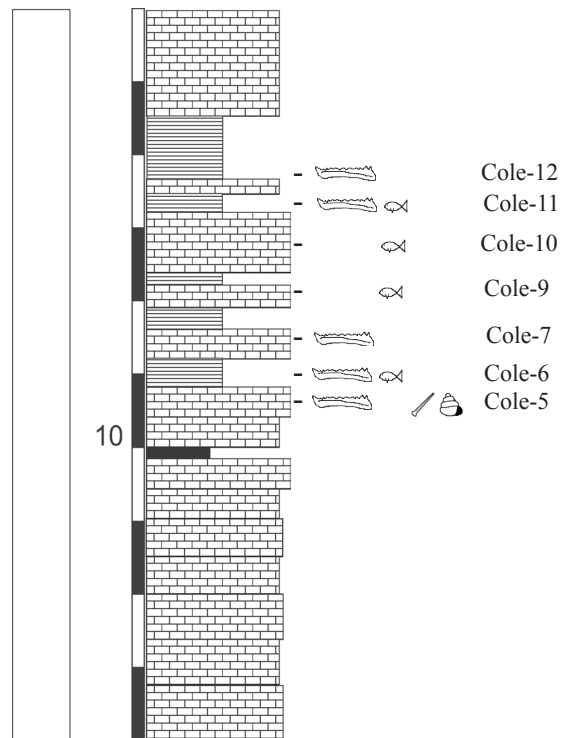


Figura 3.12b - Detalle de la columna estratigráfica de la sección de Olesa con los niveles estudiados. Modificado de Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

Tramo 2: incluye materiales de la Unidad Olesa, de casi 6 m de potencia, con los primeros 1,5 metros compuestos por una alternancia de niveles de calizas grises mudstone, wackestone y packstone. Los 3 m de la parte superior consisten en niveles de calizas mudstone-wackestone finamente laminadas, en alternancia con capas de calizas bioclásticas packstone-wackestone de potencia variable. El registro fósil es abundante a lo largo de todo el tramo, y está formado por foraminíferos (p. ej. *Glomospira sinensis* Ho, *Trochammina almtalensis* Koehn-Zaninetti, *Earlandia tintinniformis* Mislk), conodontos y vertebrados, además de los ammonoideos citados por numerosos autores desde el siglo XIX (Mallada, 1892; Tornquist, 1916; Bataller & Guerin, 1930; Schmidt, 1932, 1936; Virgili, 1958; Marzo & Calvet, 1985; Goy, 1986, 1995; Calvet & Ramón, 1987; Ramón & Calvet, 1987; Calvet *et al.*, 1990, entre otros).

Tramo 3: incluye materiales de la Unidad Vilella Baixa, con una potencia de unos 30 m. A muro se encuentran capas de calizas de color gris-negro finamente laminadas de 2 m de potencia con registro fósil de conodontos y vertebrados. Por encima hay un banco masivo de calizas mudstone de unos 8 m de potencia, otro de calizas wackestone con 4 m de potencia y por encima otro nivel de calizas mudstone, esta vez de unos 5 m de potencia. El tramo termina con un nivel de unos 11 m de potencia de dolomías con oolitos, y el límite superior marca una discontinuidad regional.

Tramo 4: consiste en un paquete de dolomías micríticas de color blanco, finamente estratificadas, con una potencia de unos 22 m. El límite superior está señalado por una discontinuidad regional que marca el paso a los materiales siliciclástico-evaporíticos del Muschelkalk medio.

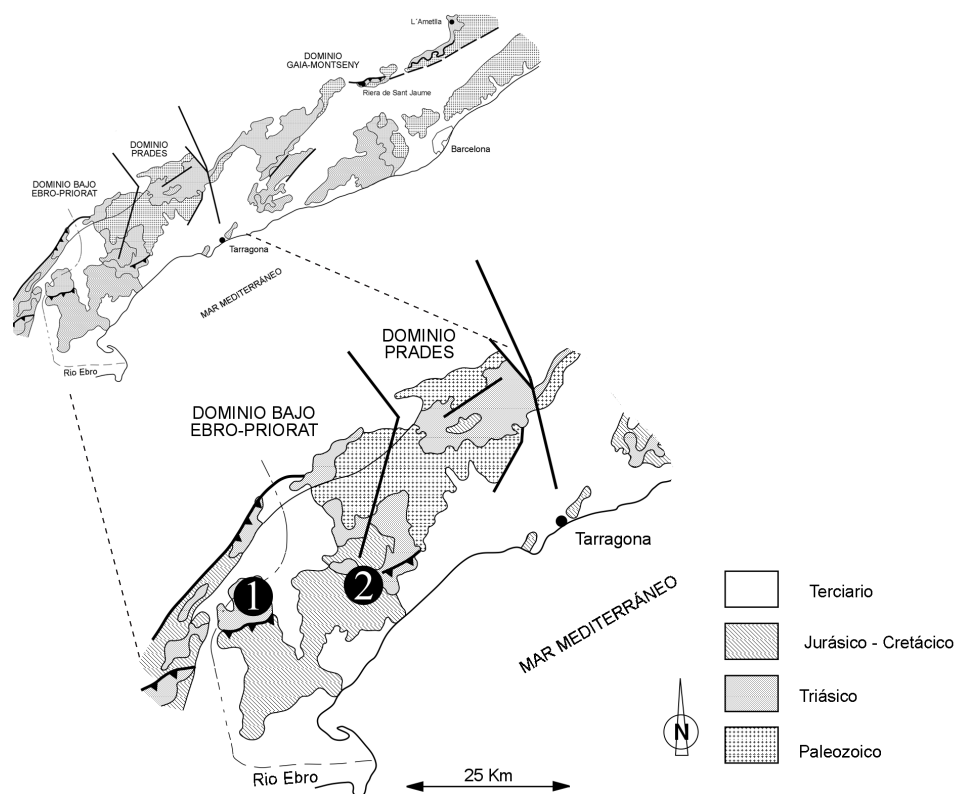


Fig 3.13 - Secciones del Muschelkalk superior en la Cordillera Costero Catalana. 1) Rasquera-Benifallet 2) Tivissa (modificado de Márquez-Aliaga *et al.*, 2000)

El registro fósil encontrado en el tramo 2 de la columna permite datar los niveles fosilíferos como del Anisiense, tal y como había sido indicado por Márquez-Aliaga *et al.* (2000).

3.3.2) Secciones del Muschelkalk superior o M_3 (Fig. 3.13)

Según Virgili (1958), la potencia del Muschelkalk superior oscila entre los 100 m en la región del NE y los 140 m del SO. El límite inferior lo marca un paso gradual y transgresivo desde las facies del Muschelkalk medio, y el superior otro cambio gradual de carácter regresivo hacia las facies Keuper.

En el Muschelkalk superior en la Cordillera Costero-Catalana se pueden diferenciar, según Calvet *et al.* (1987) los siguientes tres dominios: Gaiá-Montseny (NE), Prades (Centro) y Bajo Ebro-Priorat (SO) (Figs. 3.8 y 3.11). Cada uno de estos dominios, está compuesto por cuatro o cinco unidades, estando las dos inferiores (Rojals y Benifallet) y la superior (Capafons) presentes en toda la Cordillera Costero-Catalana.

Los materiales estudiados pertenecen al dominio Bajo Ebro-Priorat. Según Calvet *et al.* (1987) y López-Gómez *et al.* (1998), está constituido por las 5 unidades siguientes:

a) Unidad Rojals: potencia entre 6 y 17 m. Está compuesta por una gran variedad de litologías, que van desde calizas mudstone a grainstone, y de brechas parcial a totalmente dolomitizadas. El límite inferior está representado por un paso gradual y muy rápido de las

facies detrítico-evaporíticas del Muschelkalk medio a las calcáreas del Muschelkalk superior. El límite superior está formado por un nivel de ferruginización de 1 a 5 mm de espesor, asociado a un nivel de 10-20 cm de lutitas. Las facies de la unidad se corresponden a depósitos de un complejo de llanura mareal carbonatada.

b) Unidad Benifallet: potencia de 20 a 50 m. Comprende numerosas facies, principalmente calizas mudstone-wackestone bioturbadas y dolomías. El límite inferior lo marca un nivel de 10 a 20 cm de lutitas y/o un nivel de ferruginización. El límite superior se marca de diferentes maneras en los diferentes dominios de la Cordillera Costero-Catalana. En el caso del Dominio Bajo Ebro-Priorat está determinado por un nivel de ferruginización y cambio litológico. La unidad de Benifallet, junto a la de Rojals representan depósitos de un episodio transgresivo, por lo que sobre facies litorales supra o submareales encontramos otras de características más profundas y de rampa carbonatada.

c) Unidad Rasquera: potencia de 15 a 38 m. El límite inferior está marcado por un nivel de ferruginización y el superior por un hardground y una capa con ammonites. Está compuesta por muchas litologías diferentes, desde lutitas a calizas packstone, parcial o totalmente dolomitizadas. Esta unidad es exclusiva del dominio Bajo Ebro-Priorat.

d) Unidad Tivissa: potencia entre 25-50 m. El límite inferior está marcado por un hardground y una capa con ammonites, el superior resulta difícil de precisar, pues las facies superiores pasan progresivamente a las de la Unidad de Capafons, y está constituida por lutitas, con alternancia de niveles lutíticos y calcáreos, mudstone, wackestone, packstone parcial o completamente dolomitizados.

e) Unidad Capafons: potencia entre 25 y 45 m. El límite inferior representa un paso gradual de las capas de Tivissa y su límite superior constituye un paso gradual hacia las facies Keuper, con gran cantidad de depósitos carbonáticos, que se ordenan en secuencias de materiales inter a supramareales hipersalinos. Esta unidad está constituida por una gran variedad de litologías, desde lutitas a brechas, pasando por dolomías margosas, mudstone-wackestone, etc...

3.3.2.1) Sección de Rasquera-Benifallet (Fig. 3.14; Tabla 3.7)

Esta sección se sitúa en la carretera de Rasquera-Benifallet, y se encuentra en la hoja 497 “El Perelló” del MAGNA 1:50.000, con la base en las siguientes coordenadas: 40° 59’ 38” N y 0° 32’ 22” O. Para esta sección se han estudiado materiales correspondientes a las unidades de Rasquera y Tivissa. La potencia total de la columna es de 116 m.

Tramo 1: potencia de unos 10 m. Incluye los materiales pertenecientes a la Unidad Rojals. Está formado por un banco de dolomías masivas.

Tramo 2: potencia de unos 30 m. Incluye materiales de la Unidad Benifallet. En la base aparece un nivel de unos 2 m de potencia de calizas, seguido por un nivel dolomítico de unos

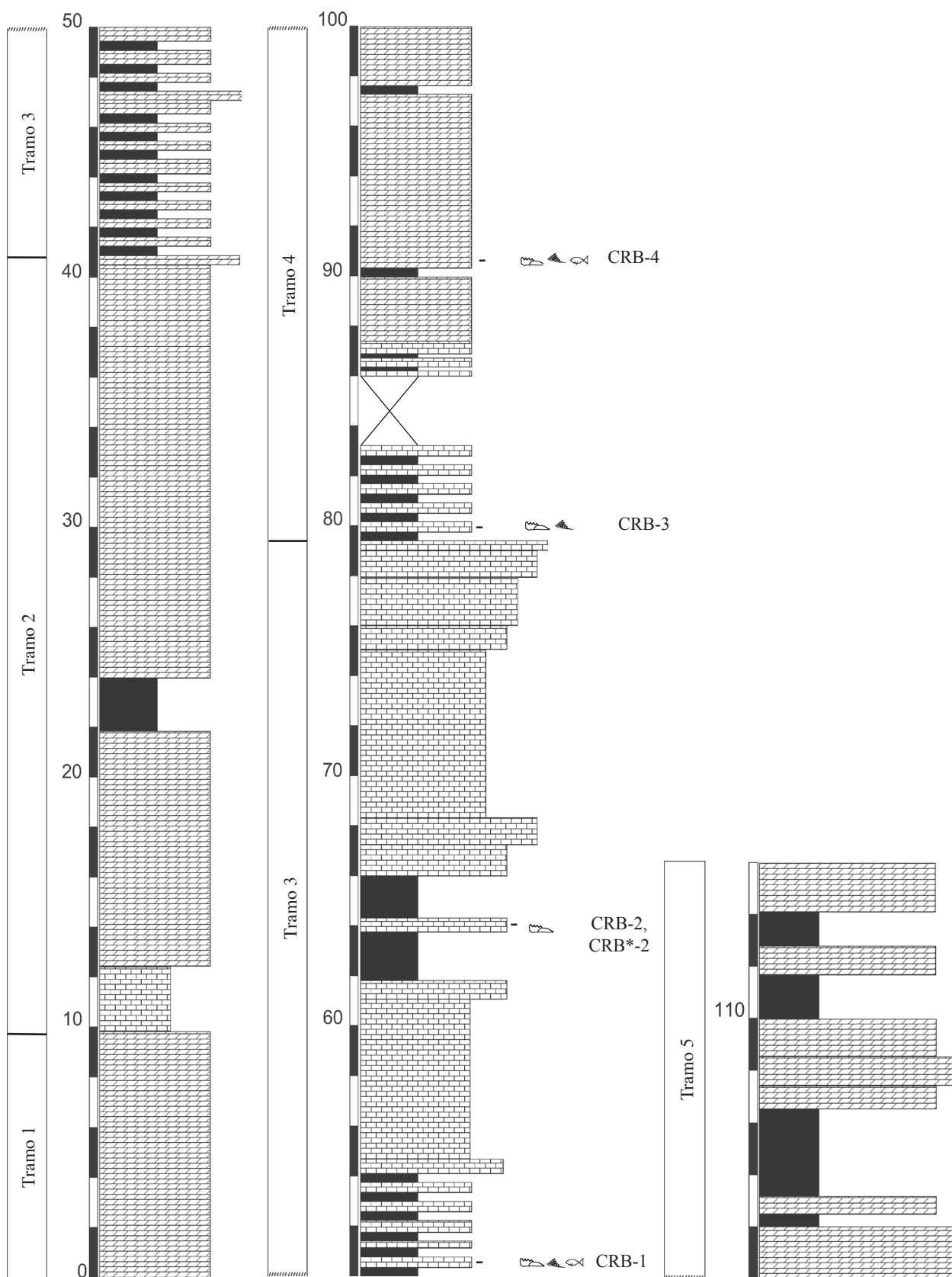


Figura 3.14 - Columna estratigráfica de la sección de Rasquera-Benifallet. Modificada de March (1991) y Calvet *et al.* (ined.)

RASQUERA-BENIFALLET							
	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Multielementos	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos Hueso	Escamas Elasmobranquios	Peso de la muestra (gr)
CRB-4	1	3	6	2			2005
CRB-3	125	3					3545
CRB*-2	1						1160
CRB-2	1						2900
CRB-1	8		8	5	1	16	3060

Tabla 3.7 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Rasquera-Benifallet

10 m de potencia, seguido por un nivel de lutitas de unos 2 m de potencia. La parte superior del tramo está compuesta por un nivel dolomítico de unos 16 m de potencia, a cuyo techo hay un nivel ferruginizado de unos 50 cm de potencia que da un gran resalte.

Tramo 3: tiene una potencia de unos 40 m. Incluye materiales de la Unidad Rasquera. Presenta una gran variedad litológica, con la parte inferior compuesta por niveles decimétricos de calizas wackestone y packstone, dolomías y lutitas en alternancia. A unos 15 m de la base aparece un nivel de mayor potencia, de unos 7 m, de calizas wackestone. La parte superior del tramo consiste en niveles de calizas wackestone a packstone, con un nivel de calizas mudstone de unos 8 m de potencia a unos 28 m de la base. El límite del tramo lo marca un hardground.

Tramo 4: tiene unos 36 m de potencia. Incluye materiales de la Unidad Tivissa. La parte inferior del tramo consiste en una alternancia de niveles de calizas mudstone con lutitas, con 2 m de material cubierto a unos 5 m de la base del tramo, tras los que continúa la alternancia de niveles de calizas durante 1 m. La parte superior del tramo consiste en una alternancia de niveles dolomíticos de entre 3 a 7 m de potencia con niveles lutíticos de unos 50 cm de potencia.

Tramo 5: tiene unos 16 m de potencia. Incluye los materiales de la Unidad Capafons. Está formada por la alternancia de niveles dolomíticos con niveles lutíticos. Los niveles dolomíticos tienen una potencia que oscila entre 50 cm y 2 m, y presenta litologías mudstone, wackestone y packstone. Los niveles lutíticos tienen una potencia de entre menos de 1 m a 4 m.

El registro fósil de conodontos encontrado en los tramos 3 y 4 permite datarlos como Ladiniense.

3.3.2.2) Sección de Tivissa (Fig. 3.15; Tabla 3.8)

Esta sección se encuentra cerca del pueblo de Tivissa, en la Hoja 497 del MAGNA 1:50.000 “El Perelló”, con la base en las coordenadas 41° 02’ 33” N y 0° 44’ 48” O. La potencia total de la columna es de 128 m, y se reconocen 5 tramos:

Tramo 1: potencia de unos 10 m. Incluye materiales de la Unidad Rojals. Consiste en un nivel de dolomías wackestone.

Tramo 2: potencia de unos 24 m, incluye materiales de la Unidad Benifallet. El paso de la Unidad Rojals a la de Benifallet se hace en un nivel dolomítico que se extiende por los 5 primeros metros del tramo 2, y que se acaba con un nivel de 1 m de potencia de dolomías packstone. A continuación, hay unos 9 m de materiales cubiertos que se continúan con un tramo dolomítico de litología wackestone de unos 3,5 m de potencia. Por encima, aparece un nivel de 2 m de lutitas, y a techo del tramo vuelven a aparecer dolomías wackestone con 5 m de potencia. El límite del tramo está cubierto.

Tramo 3: potencia de unos 25 m. Incluye materiales de la Unidad Rasquera. A muro, los materiales están cubiertos en sus primeros 3 m. La parte inferior está constituida por una alternancia de niveles con una potencia total de 16 m de lutitas con niveles dolomíticos wackestone con paquetes que oscilan entre 1 m en los niveles inferiores y unos pocos centímetros en los superiores. A unos 16 m de la base del tramo, aparece un nivel de unos 1,5 m de calizas de litología wackestone y con un nivel en resalte de calizas packstone con 1 m de potencia. A partir de este punto la alternancia de las lutitas se hace con calizas wackestone de espesor variable, de entre 50 cm a 2 m. La parte superior del tramo consiste en un nivel dolomítico de unos 2 m de potencia, con un nivel hardground a techo, que marca el límite del mismo.

Tramo 4: potencia de unos 46 m. Contiene materiales de la Unidad Tivissa. La parte inferior del tramo consiste en la alternancia de niveles de calizas wackestone con niveles de

TIVISSA			
	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Escamas Actinopterigios	Peso de la muestra (gr)
CTI*-8		1	2020
CTI*-2	1		2060

Tabla 3.8 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Tivissa

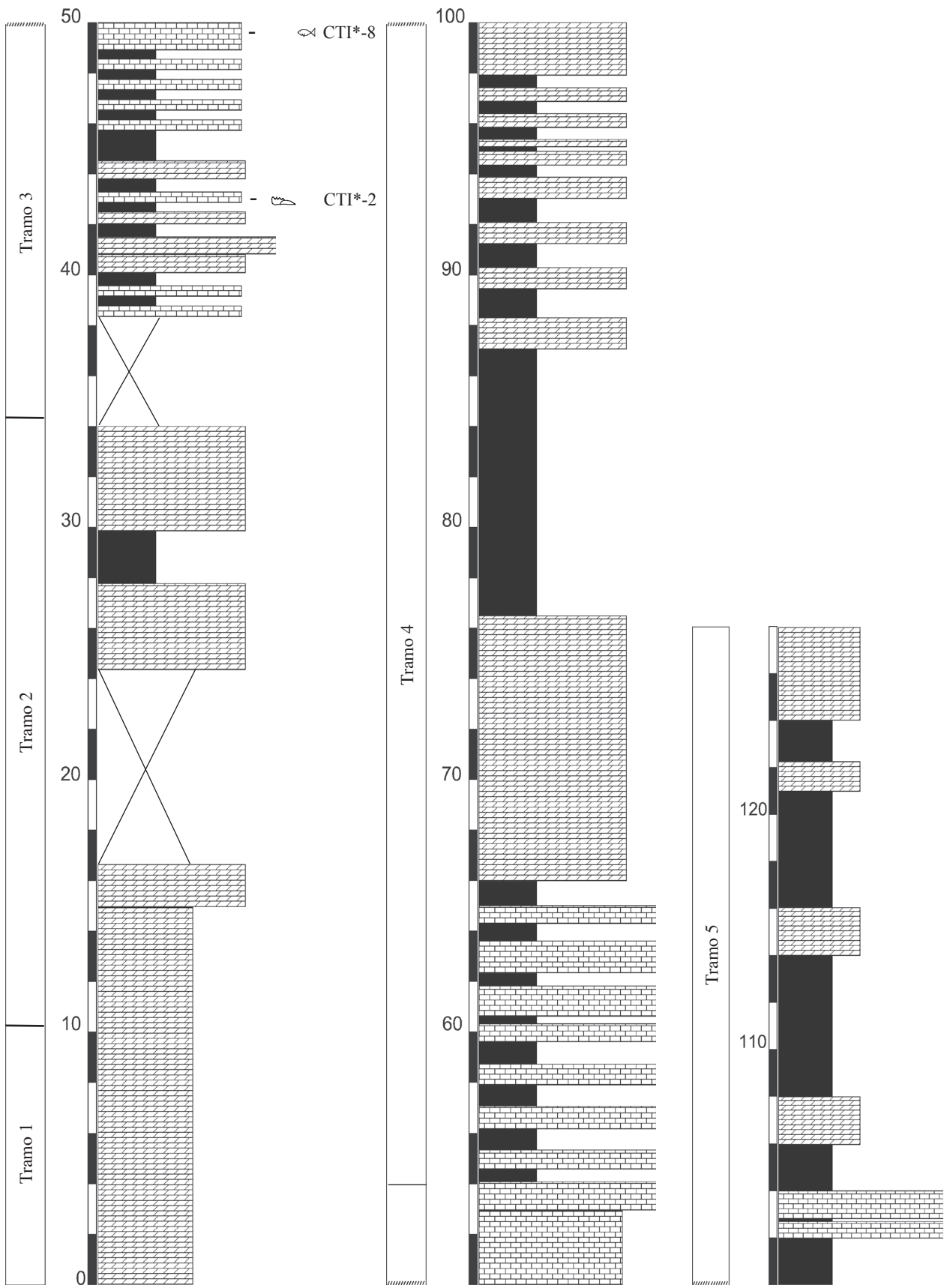


Figura 3.15 - Columna estratigráfica de la sección de Tivissa. Modificada de March-Benlloch (1991) y Calvet *et al.* (ined.)

lutitas, con potencias variables de entre pocos cm a cerca de 1 m. Por encima, aparece un tramo de unos 6 m de dolomías de tipo wackestone, estando compuesto el resto del tramo por la alternancia de niveles de 1 m de potencia de dolomías bioclásticas con niveles de lutitas de potencia variable (siendo el primero especialmente potente, de unos 10 m). A techo del tramo aparece un nivel de dolomías con 2 m de potencia.

Tramo 5: potencia de unos 28 m. Incluye materiales de la Unidad Capafons. Está formado por la alternancia de niveles de calizas y dolomías wackestone de unos 2 m de potencia con niveles lutíticos de potencia variable (entre 2 y 6 m).

El registro fósil encontrado permite datar el tramo 3 de la sección como de edad Ladiniense.

3.4) CORDILLERA IBÉRICA

La Cordillera Ibérica constituye un conjunto de montañas cuya cadena se extiende en dirección NO-SE desde las proximidades de Burgos hasta la zona costera de la Comunidad Valenciana, con una longitud máxima de 400 km y una anchura de 200 km. Limita por el norte con la Cuenca del Ebro y por el sur con las Cordilleras Béticas y la Cuenca del Guadalquivir (Fig. 3.16).

La Cordillera Ibérica se divide, en dirección NO a SE en la Rama Aragonesa y la Rama Castellano-Valenciana, separadas por la Cuenca terciaria de Almazán. La Rama Aragonesa se inicia en la Sierra de la Demanda al NO y se dirige en dirección SE limitando con la Cuenca del Ebro por el norte y con la Cuenca de Almazán por el sur hasta la Fosa terciaria de Teruel. La Rama Castellano-Valenciana, se inicia desde la cuenca de Ayllón al NO y la Sierra de Altomira hacia el SE, y continúa en las Serranías de Cuenca, Tragacete y Albarracín en su región central. El denominado Sector Levantino representa la zona SE de la Rama Castellano-Valenciana, que limita con la comarca de El Maestrazgo al N hasta el límite de la Cordillera Ibérica y con las

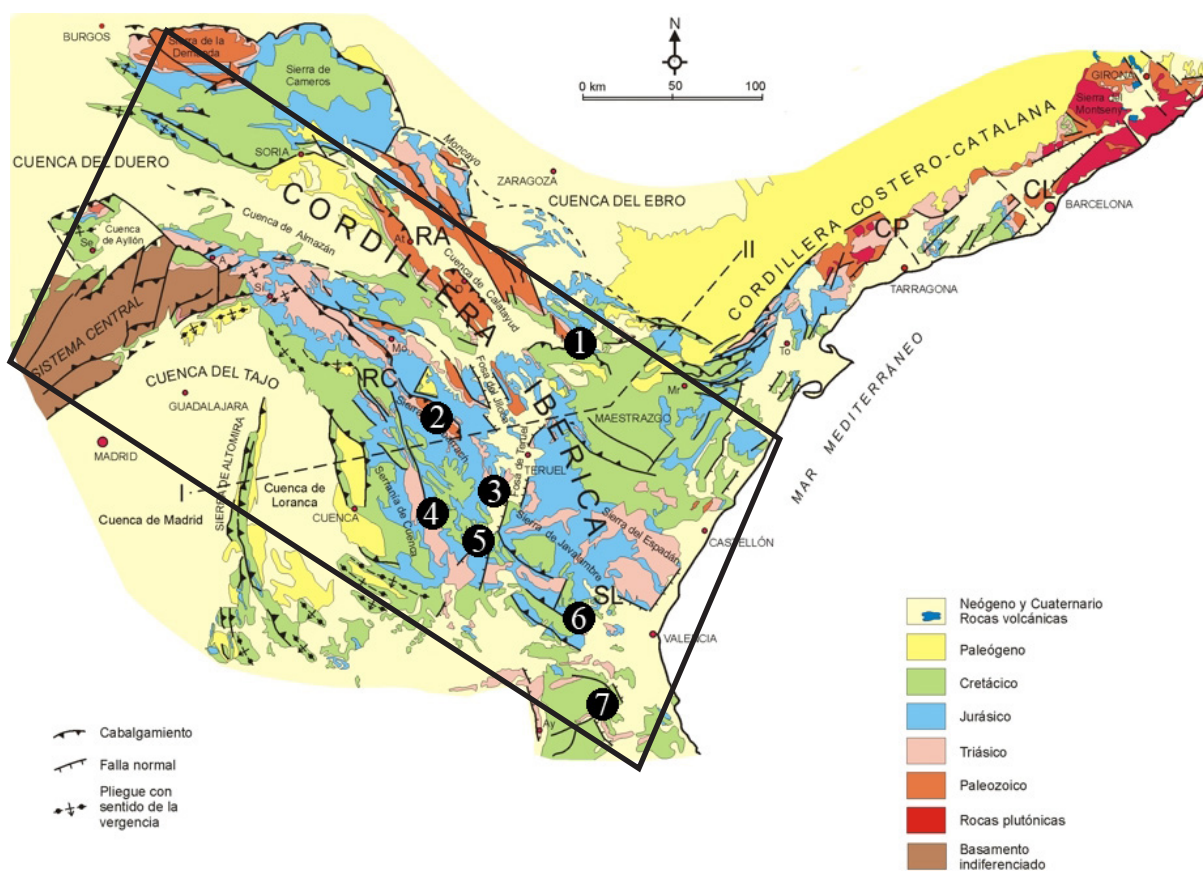


Figura 3.16 - Localización de las secciones estudiadas en la Cordillera Ibérica. RA = Rama Aragonesa, RC = Rama Castellana y SL = Sector Levantino. 1) Calanda 2) Tramacastilla 3) Libros 4) Henarejos 5) Moya 6) Bugarra 7) Montserrat. Modificado de Sopeña y De Vicente (2004)

Zonas Externas de la Cordillera Bética al S, siguiendo una línea subparalela a la costa. Aunque la deformación y potencia de las rocas sedimentarias puede ser grande, no alcanza los niveles de otras cadenas (p. ej. Pirenaica o Bética), así que se la considera una cadena de tipo intermedio. Los materiales que afloran en la Cordillera Ibérica son principalmente mesozoicos y terciarios, aunque existen afloramientos paleozoicos e incluso precámbricos en los núcleos de algunos anticlinales (Sopeña y De Vicente, 2004).

El área estudiada en la presente tesis doctoral comprende secciones localizadas en el Muschelkalk de la zona oriental de la Cordillera Ibérica, pertenecientes tanto a la Rama Aragonesa (Calanda) como a la Castellano-Valenciana (Tramacastilla, Libros, Henarejos y Moya) y en el Sector Levantino (Bugarra y Montserrat).

3.4.1) Secciones del Muschelkalk superior o M₃

El Muschelkalk superior corresponde a la segunda y más importante transgresión marina del Triásico Medio y está mejor representado en la parte oriental de la Cordillera Ibérica (Sector Levantino), mientras que las partes más occidentales presentan una mayor discontinuidad sedimentaria. Representa un ciclo completo transgresivo-regresivo y muestra una considerable uniformidad de facies.

El primero en subdividir el Muschelkalk superior de la Cordillera Ibérica fue Hinkelbein (1969), que consideró dos capas principales: las “Capas Dolomíticas” y las “Capas de Royuela”. Más tarde, Pérez-Arlucea y Sopeña (1985) acuñaron las Formaciones Tramacastilla y Royuela para estas “capas”, mientras que López-Gómez y Arche (1986) caracterizaron una unidad que denominaron “Formación Cañete”, y que dividieron en miembros.

En este trabajo seguimos a Sánchez-Moya *et al.*, (2004), que distingue para la zona occidental de la Rama Castellana dos Unidades (con el rango de Formación), mientras que para el Sector Levantino seguimos a López-Gómez y Arche (1992), para quienes estas dos unidades tienen su equivalencia en la Formación Dolomías y Calizas de Cañete:

a) Formación Dolomías de Tramacastilla: es la primera unidad del Muschelkalk superior, y fue definida por Pérez-Arlucea y Sopeña (1985) y estudiada en detalle por Pérez-Arlucea (1991), y representa el mayor avance del mar de Tethys en la península y las condiciones marinas más importantes, caracterizada por una litología de dolomías grises, en bancos gruesos, con estratificación horizontal o cruzada.

b) Formación Dolomías, Margas y Calizas de Royuela: definida por Pérez-Arlucea y Sopeña (1985) y estudiada en detalle por Pérez-Arlucea (1991), fue interpretada como una rampa carbonatada muy somera con influencia terrígena periódica y caracterizada por una litología de dolomías de color ocre o gris claro, con grano fino y generalmente tableadas o lajoso-nodulares. Hacia el techo se intercalan niveles de margas y margas dolomíticas verdes masivas o lajosas. A techo aparecen calizas negras (biomicritas, packstone o packstone-wackestone con diferentes

fósiles y micritas mudstone o wackestone). Es frecuente la bioturbación de tipo “*Rhizocorallium*” en toda la unidad (Pérez-Arlucea y Sopena, 1985). El contacto con la Formación Lutitas y Yesos de Nogera, de facies Keuper es tectónico.

c) Formación Dolomías y Calizas de Cañete: definida por López-Gómez y Arche (1986), está formada por dolomías de color gris, con color ocre en niveles aislados y de tamaño de cristal de fino a medio, con menor presencia de calizas y margas, estas últimas apareciendo normalmente a techo de la formación, y de colores verdes, grises o amarillos. También hay niveles de gran contenido en hierro y granos de cuarzo. El límite inferior (M_2), con la Formación Arcillas, Yesos y Margas del Mas, es siempre concordante y neto. El límite superior con la facies Keuper es también neto, y se ve precedido por un nivel de alta concentración de hierro y manganeso en forma de una costra que indica una interrupción sedimentaria.

3.4.1.1) Sección de Calanda (Fig. 3.17; Tabla 3.9)

La serie estudiada se encuentra cerca del pueblo de Calanda, en la Hoja Nº 497 “Perelló” del MAGNA 1:50.000 en las coordenadas 0° 15' 00" E y 41° 00' 00" N. Los materiales estudiados pertenecen a la facies Muschelkalk del Anticlinal de Calanda, en un afloramiento situado a unos 2,5 km al sur de la localidad. El anticlinal está situado en el borde meridional de la cuenca del Ebro, en la parte norte de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Su situación es especialmente interesante, pues se sitúa en la confluencia de la Cordillera Ibérica por el sur, la Cordillera Costero Catalana por el noreste y la propia cuenca del Ebro por el noreste. Esto hace que este yacimiento sea muy importante para la correlación entre las Cordilleras Ibérica y la Costero-Catalana.

Esta columna se considera sintética de los cortes de Calanda y Foz de Calanda de acuerdo con los datos de Márquez-Aliaga *et al.* (1994). La potencia de la sección es de 36,5 m sin interrupción tectónica y se han distinguido 5 tramos, mediante criterios morfológicos y litológicos, cuyas características generales son:

Tramo 1: Incluye los 4 primeros metros de la columna, y marca el inicio de la transgresión marina que culminará en el tramo 2. Está constituido por alternancia de niveles de un metro cada uno, de calizas mudstone con otros de calizas packstone-grainstone con oolitos e intercalaciones de margas. Estas últimas presentan ripples de corriente en las calizas. La bioturbación es variable. Entre el registro fósil de interés bioestratigráfico en este tramo aparecen los bivalvos *Bakevella costata* (Schlotheim) y *Limea costata*, y los foraminíferos *N. ordinata*, *Pseudonodosaria polyarthra*, *Dentalina terquemi*, *D. subsiliqua*, *D. cf. gerkei* y *D. zlabachensis*, además de fragmentos de poríferos y equinodermos.

Tramo 2: Mide 12,3 m y es la parte donde culmina la transgresión marina. Es también el tramo más fosilífero y donde se encuentran los fósiles mejor conservados. Presenta diversas litologías.

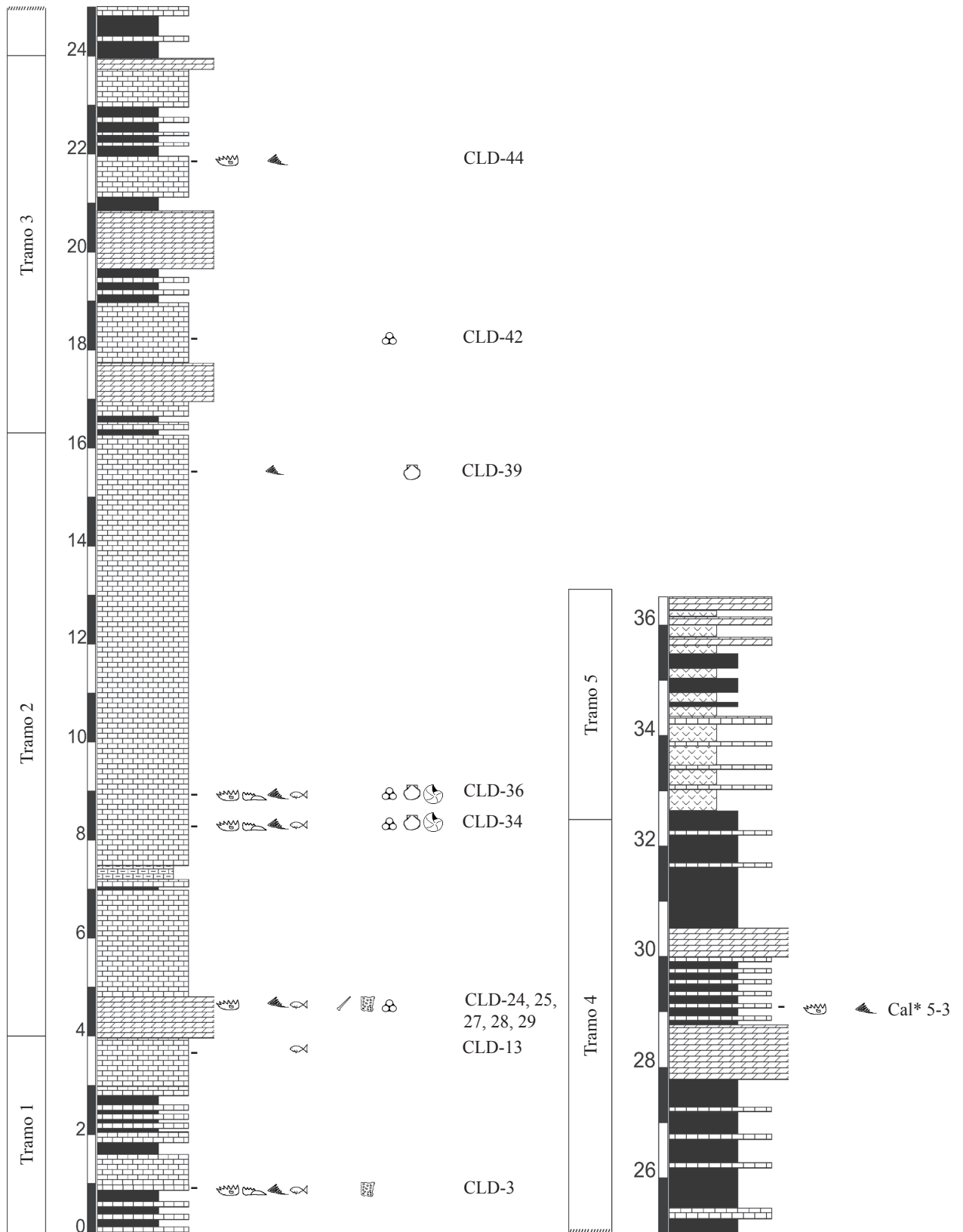


Figura 3.17 - Columna estratigráfica sintética de la sección de Calanda. Modificado de Márquez-Aliaga *et al.* (1994)

En la base encontramos un tramo dolomítico de 1 m de espesor, seguido por un tramo de 2,85 m de calizas, alternando hacia techo con calizas margosas y que termina en un nivel endurecido con gran contenido en hierro. La parte final del tramo la forman 8,2 m de calizas mudstone finamente laminadas. Este tramo presenta dos niveles de bioconstrucciones en su mitad basal. El registro fósil incluye los bivalvos *Modiolus myoconchaeformis* (Philippi), *B. costata*, *B. subcostata*, *B. crispata*, *Gervilia joleaudi* (Schmidt), *Enantiostreon difforme* (Schlotheim), *L. costata*, *Entolium discites* (Schlotheim), *Myophoria vulgaris* y *Pseudocorbula gregaria* (Münster), el foraminífero *N. ordinata* y ammonites de los géneros *Eoprotachyceras*, *Protachyceras*, e *Iberites*.

Tramo 3: Mide 7,70 m y marca el inicio de la regresión marina que culminará en los tramos siguientes. Está compuesto por cuatro secuencias muy similares cuyo espesor no supera 1,95 m en ningún caso. En ellas la base está representada por alternancias milimétricas de calizas

CALANDA												
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Gasterópodos	Equinodermos	Briozoos	Foraminíferos	Peso de la muestra (gr)
CAL*-5-3	1		2	2								816
CLD-44	2	1									*	2359
CLD-39				1								1414
CAL*-2-5					1		3					2650
CAL*-2-4					1		1?					2657
CLD-36	2	2	1	6								2457
CLD-34	6	4	2	5								2050
CLD-29						1						1361
CLD-28				1								1896
CLD-27	4			2							*	1790
CLD-25				3								1180
CLD-24	7		5	2			1	*	*	*		912
CLD-13					1		4					1816
CAL*-1-4	4	2	1	2								2772
CLD-3	2	2	2		*	*	2	*		?		2059

Tabla 3.9 - Contenido fosilífero de las muestras procesadas en este trabajo de la sección Calanda

mudstone y margas, mientras que los dos tercios superiores se componen de calizas mudstone-wackestone y ocasionalmente de dolomías. El techo de cada secuencia lo marcan niveles endurecidos con alto contenido en hierro. En el registro fósil de este tramo destacan los bivalvos *E. difforme*, *L. costata*, *Neoschizodus laevigatus* (Goldfuss) y *P. gregaria*, y los foraminíferos *N. ordinata*, *Triadodiscus eomesozoicus*, *Aulotortus planidiscoides* y *A. praegashei*.

Tramo 4: Representa los 8,7 m siguientes, y es el tramo donde la regresión marina llega a su máxima extensión. Es un tramo litológico monótono con alto contenido en margas de color gris y verde con niveles de calizas mudstone intercaladas, con un nivel de 80 cm de dolomías grises con alto contenido en hierro en el techo. En este tramo se registra *P. gregaria*.

Tramo 5: Representa los últimos 3,9 m de la columna. Consiste en niveles de 35-40 cm de yesos, con intercalaciones de 10-20 cm de calizas mudstone y margas, apreciándose algunos niveles con *tepees*.

3.4.1.2) Sección de Tramacastilla (Fig. 3.18; Tabla 3.10)

Está situada en las cercanías de la ciudad de Albarracín, en el extremo meridional del Macizo Celtibérico de la Cordillera Ibérica. El corte se encuentra en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 565 “Tragacete”, en las coordenadas 40° 25’ 40” N y 1° 34’ 20” O.

La potencia total es de unos 30 m, e incluye materiales correspondientes a la Formación Dolomías de Tramacastilla y a la Formación Dolomías, Margas y Calizas de Royuela (Pérez-Arlucea y Sopena, 1985; Pérez-Arlucea, 1991). En esta última Formación, que tomamos como referencia, se han distinguido los siguientes tres tramos, correspondientes a los tres miembros, Mb. Dolomías y Margas de Libros, Mb. Calizas Negras de Libros y Mb. Calizas, Margas y

TRAMACASTILLA										
	Multielementos	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Dientes Elasmobranquios	Gasterópodos	Equinodermos	Briozoos	Peso de la Muestra (gr)
TMC-3		1	10	6	7				2	1560
TMC-2		1	3	1	1	1	1	3	3	1900
TMC-1	1								2	2140

Tabla 3.10 - Contenido fosilífero de las muestras procesadas en este trabajo de la sección Tramacastilla

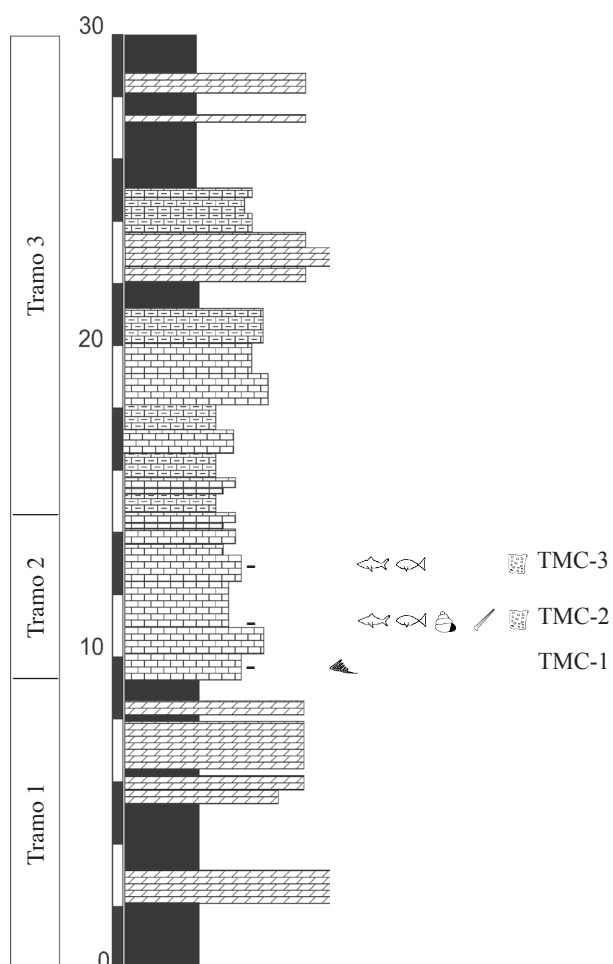


Figura 3.18 - Columna estratigráfica de la sección de Tramacastilla. Modificado de Pérez-Arlucea (1991)

Dolomías de Villedes descrios en Pérez-Arlucea (1991). **Tramo 1:** tiene unos 9,5 m de potencia y es equivalente al Miembro Dolomías y Margas de Libros (Pérez-Arlucea, 1991). Este tramo está compuesto por una alterancia de margas verdes (submareales) y de dolomías claras, siendo las calizas poco frecuentes. Las facies que lo componen son: a) margas verdes o grises, lajosas o laminadas con gran bioturbación. Entre el registro fósil aparecen braquiópodos y bivalvos (*P. teruelensis*); b) dolomías ocreas o grises con acumulaciones de conchas enteras, de gasterópodos y pelecípodos y bioturbación con *Rhynchonellium*; c) dolomías ocreas con pseudomorfos de anhidrita nodular y moldes de yeso; d) dolomías ocreas con grietas de desecación, laminaciones de algas y brechas de cantos planos. Finalmente, brechas dolomíticas de colapso, de color gris. A lo largo del tramo se producen tres secuencias de somerización.

Tramo 2: potencia de unos 4 m. Es equivalente al Miembro Calizas Negras de Libros de Pérez-Arlucea y Sopena (1985) y Pérez-Arlucea (1991). Está compuesto principalmente por calizas, en las que se pueden distinguir las siguientes facies: a) calizas negras algo bioturbadas y con fragmentos de gasterópodos, bivalvos y equinodermos; b) calizas masivas, negras; c) calizas tableadas o nodulares muy bioturbadas, con secuencias milimétricas de granoselección positiva donde se pasa de packstone a wackestone y a mudstone; d) calizas packstone-wackestone a packstone negras masivas con intraclastos milimétricos y centimétricos; e) calizas wackestone nodulares y de color negro; f) calizas mudstone bioturbadas negras, con algunas láminas de calizas packstone; g) dolomías de grano fino con moldes de evaporitas. En este tramo es donde hemos encontrado los niveles con micro-fósiles, que incluyen multielementos de conodontos, micro-restos de peces, gasterópodos, briozoos, equinodermos, bivalvos, foraminíferos y algas.

Tramo 3: potencia de unos 16 m, con 5 secuencias de somerización. Es equivalente al Miembro Calizas, Margas y Dolomías de Villedes de Pérez-Arlucea (1991). Se distinguen las siguientes facies: a) calizas laminadas packstone a wackestone o packstone grises, con microsecuencias de tomenta; b) calizas packstone-wackestone; c) brechas calcáreas de color gris; d) calizas mudstone masivas, con bioturbación abundante a calizas bioclásticas nodulosas en secuencias packstone-wackestone-mudstone; e) dolomías grises con intraclastos; f) dolomías claras de grano fino y bioturbación media; g) brechas calcáreas grises con cantos negros, asociadas a dolomías ocreas; h) margas grises o verdes, laminadas o masivas. Entre el registro fósil se cita equinodermos, foraminíferos, braquiópodos, bivalvos (*Lingula tenuissima* Bronn y *P. teruelensis*), gasterópodos, restos de vertebrados y algas verdes.

3.4.1.3 Sección de Libros (Fig. 3.19; Tabla 3.11)

Está situada en el extremo Meridional de la Rama Castellana del Macizo Celtibérico de la Cordillera Ibérica. El corte realizado, se sitúa en las inmediaciones del pueblo, en la margen izquierda del río Turia y se encuentra en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 589 “Terriente”, en las coordenadas 40° 10' 80" N y 1° 13' 35" O.

La potencia total de la sección es de 44 m con materiales correspondientes a la Formación Dolomías, Margas y Calizas de Royuela (Pérez-Arlucea y Sopena, 1985; Pérez-Arlucea, 1991).

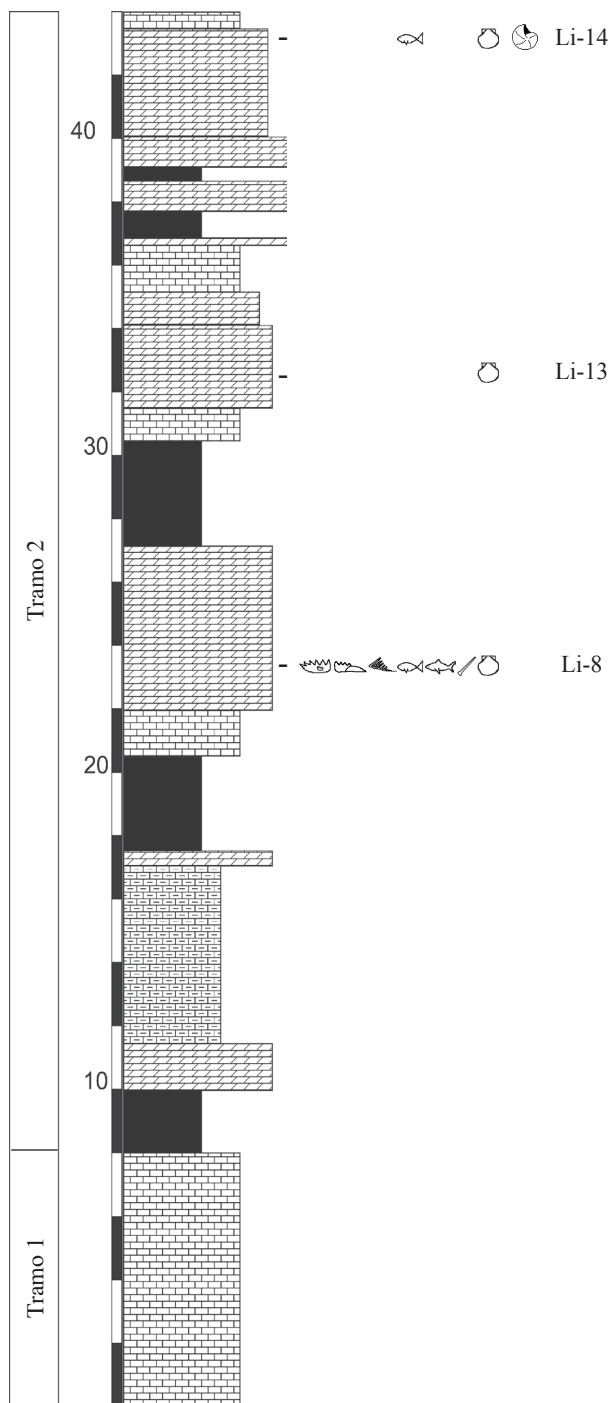


Figura 3.19 - Columna estratigráfica de la sección de Libros. Modificada de Márquez-Aliaga (1985)

LIBROS												
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Bivalvos	Equinodermos	Peso de la muestra (gr)
Li-14							*			*		1000
Li-8	402	1	50	96	5	14	4	5	3	*	*	5677

Tabla 3.11 - Contenido fosilífero de las muestras procesadas en este trabajo de la sección Libros

Se distinguen los siguientes tramos (Márquez-Aliaga, 1985), cuyas características se comentan a continuación:

Tramo 1: 8 m de potencia. Es equivalente al Miembro Dolomías y Margas de Libros (Pérez-Arlucea (1991). Formado por un nivel masivo de unos 8 m de dolomías bien estratificadas y con bioturbación media a intensa y estructuras de cementación precoz.

Tramo 2: 36 m de potencia. Equivale al Miembro Calizas Negras de Libros de Pérez-Arlucea (1991) con materiales alternantes de margas, calizas dolomíticas y dolomías, con fósiles frecuentes. Abundan las laminaciones de algas estromatolíticas, a veces con láminas rotas y porosidad móldica de sales. A unos 15 m de la base del tramo aparece un subtramo formado por dolomías y calizas dolomíticas con tonos amarillentos y rojizos, macizo o mal estratificado en la parte inferior, estando la parte superior formada por estratificación en capas finas y medias. La bioturbación es, en ocasiones, intensa. En este subtramo se encuentra el nivel denominado Li-8, que entre los macrofósiles incluye: “*Placunopsis*” *teruelensis* Würm, *Leptochondria alberti* Goldfuss, *P. gregaria*, *Pseudocorbula* sp., *Pectinidae* sp., *Turbonilla* (?) *dubia* Münster, *Turbonilla* sp., *Modiolus* cf. *salzstettensis* (Hohenstein), *B. costata*, *Bakevellia* sp., “*Mytilus*” sp., *Natica stanensis*?, *Rhizocorallium jenense* Zenk. Otro subtramo con restos fósiles identificados que incluye el nivel Li-13, aparece a unos 32 m desde la base del tramo. Está formado por calizas mal estratificadas, con abundante bioturbación y con restos de los siguientes macrofósiles: “*P*”. *teruelensis*, *M.* cf. *salzstettensis*, *Bakevellia* sp. y otros bivalvos no identificados.

A techo del tramo, formado por calizas dolomíticas de aspecto brechoideo y en ocasiones bioturbadas aparece otro nivel fosilífero, Li-14, que contiene restos de bivalvos sin identificar y fragmentos de hueso de vertebrados, y el ammonites determinado por la Dra. M. Encheva como “*Ceratites*” gr. *cimeganus* Mojs (Márquez-Aliaga, 1985). En un trabajo posterior, Goy (1995)

atribuye este ejemplar a *Gevanites archei* Goy, que permite datar los materiales de este nivel como del Ladiniense.

3.4.1.4) Sección de Henarejos (Fig. 3.20; Tabla 3.12)

La sección de Henarejos se sitúa a 1 km al SE del pueblo del mismo nombre en la Serranía de Cuenca. Los materiales estudiados pertenecen al tramo dolomítico superior del Muschelkalk de la Cordillera Ibérica (López *et al.*, 1987), que corresponde a la Formación Dolomías y Calizas de Cañete (López-Gómez y Arche, 1992), y está situado en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 637 “Landete” en las coordenadas 39° 52’ 00” N y 1° 30’ 00” O.

El registro fósil de Henarejos, estudiado con detalle por Márquez-Aliaga (1985), está constituido por bivalvos, conodontos, gasterópodos, foraminíferos, ammonoideos y vertebrados que se describirán a continuación. Este conjunto paleontológico pertenece al Ladiniense.

La sección, que tiene una potencia de unos 98 m, fue dividida en dos tramos principales por Márquez-Aliaga (1985). Posteriormente López *et al.* (1987) describen 7 tramos basándose en diferentes litologías. En esta tesis, se consideran 2 tramos principales:

Tramo 1: 70 m de potencia. A base, 7 m de dolomías estratificadas en capas de espesor variable, con frecuentes laminaciones estromatolíticas. Con cierta frecuencia se observan ripples de oleaje, así como cuerpos canalizados de techo convexo, que en su interior presentan laminación cruzada de gran escala y bajo ángulo. En el resto del tramo la geometría de los cuerpos no suele observarse con facilidad, siendo sólo visibles las laminaciones que pueden estar asociadas a otras estructuras, disponiéndose en secuencias de tipo thickening upward con wave ripples en la parte inferior.

Se observan algunos tramos con bioturbación intensa y algunos episodios en que las laminaciones estromatolíticas tienen las láminas rotas, con estructuras de porosidad por disolución de sales, lo que sucede especialmente hacia la parte superior del tramo.

Tramo 2: Compuesto por 28 m de margas y calizas con intercalaciones de calizas dolomíticas, calizas fosilíferas y calizas bioclásticas. Los niveles margosos son en general algo más potentes hacia la parte superior, donde se observa, entre las calizas y calizas dolomíticas, niveles con laminaciones estromatolíticas con láminas rotas.

La parte basal del tramo consiste en dolomías grises de aspecto margoso, con intercalaciones de margas dolomíticas y con niveles bioturbados, con bivalvos y gasterópodos. Por encima, a unos 5 m de la base del tramo se encuentra el nivel He-13, compuesto por margas dolomíticas grises en ocasiones bioturbadas, que incluye los siguientes fósiles en los niveles calcáreos intercalados: *Paleoneilo* cf. *elliptica* (Goldfuss), *Lyriomyophoria?* *sublaevis* (Schmidt), *N. laevigatus* y *T. (?) dubia*.

Por encima, a 14 m de la base se localiza el nivel He-14, calizas con un abundante registro fósil, compuesto por “*Mytilus*” cf. *eduliformis* (Schlotheim), *L. alberti*, “*Pl.*” *teruelensis*, *G. joleaudi*, *E. difforme* y *Modiolus* sp. entre los bivalvos, y trazas de *R. jenense*. Por encima, se

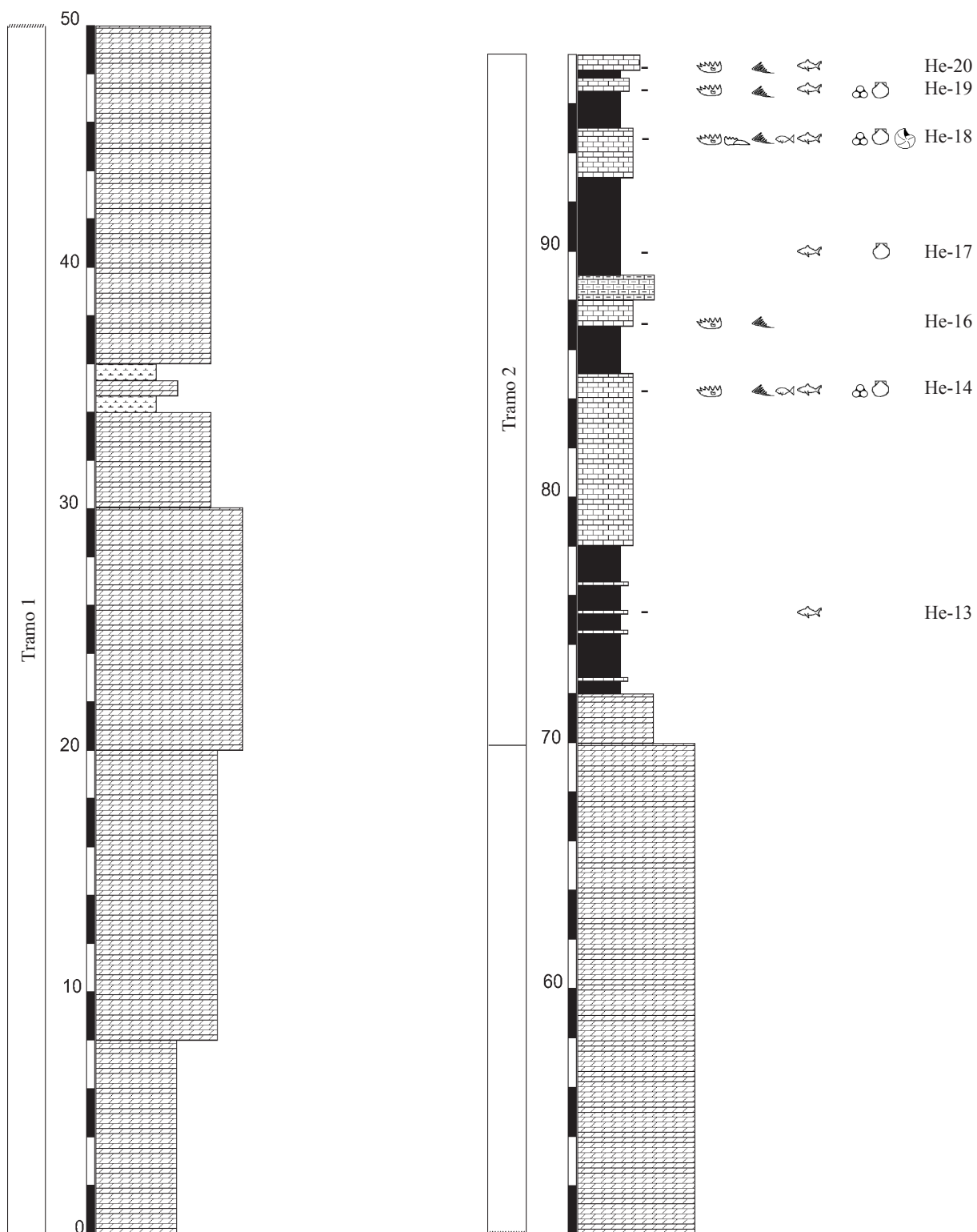


Figura 3.20 - Columna estratigráfica de Henarejos. Modificada de López *et al.* (1987)

HENAREJOS											
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos (Vertebrados)	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Foraminíferos	Peso de la Muestra (gr)
HE-20	7			5		1					5940
HE-19					*	*	*	*			3000
HE-18	52	2	10	38	*	*	*	*	*	*	10415
HE-17				3	7	3	*				2970
HE-16	7				8	3	1				3300
HE-14	41		15	93	*	*	*	*	*		5735
HE-13					*	*	2				4015

Tabla 3.12 - Contenido fosilífero de las muestras procesadas para este trabajo de la sección Henarejos

sitúa el nivel He-16 con *Ps. murcianus* y restos de vertebrados.

Tras un nivel de margas grises en alternancia con calizas bioturbadas y restos de bivalvos, aparece el nivel He-17, compuesto por margas grises con intercalaciones calcáreas y gran abundancia de fósiles entre los que se encuentran: *B. costata*, *G. joleaudi*, *L. alberti*, “Pl”. *teruelensis*, *Unionites munsteri* Wissmann y *M. myoconchaeformis* entre los bivalvos, el gasterópodo *Natica stanensis?* (Pichler), el braquiópodo *Lingula tenuissima* Bronn y trazas de *R. jenense*.

Por encima se encuentra el nivel He-18, compuesto por calizas grises bioclásticas muy fosilíferas que finalizan en una superficie ferruginizada con gran número de bivalvos, gasterópodos, braquiópodos y fragmentos de equinodermos y ammonoideos. El registro fósil está compuesto por *Paleonucula* sp, *B. costata*, *E. difforme*, *G. joleudi*, *Gervilia* sp., *Modiolus* sp., “Pl”. *teruelensis*, *Placunopsis* sp. *Pseudocorbula* sp., además de otros bivalvos sin identificar, *Lingula tenuissima* Bronn, una vértebra de Notosaurio y *Gevanites archei* Goy. El nivel He-19 contiene abundantes restos de peces y *G. archei* (Goy, 1986, 1995).

A continuación, el nivel He-20, en un subtramo de margas grises con tonos amarillentos, con algunas intercalaciones finas de calizas bioclásticas con fósiles de bivalvos sin identificar y fragmentos de huesos de reptil. A techo del tramo aparece un nivel de calizas margosas dolomíticas y por encima, margas versicolores, y la serie queda cubierta.

El registro fósil de conodontos y ammonites encontrado permite datar el tramo 2 como Ladiniense.

3.4.1.5) Sección de Moya (Fig. 3.21; Tabla 3.13)

La sección de Moya se sitúa en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 637 “Landete”, en las coordenadas 39° 56’44’’ N y 1° 21’58’’ O y pertenece a la Formación Dolomías, Margas y Calizas de Cañete (López-Gómez y Arche, 1992) .

La columna tiene una potencia de unos 100 m y ha sido interpretada a partir de López-Gómez (*com. per.*) que dividió la columna en 7 subunidades o subdivisiones y que hacemos corresponder a dos tramos principales por sus características litológicas globales.

Tramo 1: tiene una potencia de unos 59 m, y está constituido por alternancia de dolomías, margas y brechas estratificadas en capas métricas de potencia con mucha bioturbación. Presenta tres secuencias de somerización, y a techo aparece un paquete de dolomías grainstone que produce un resalte con unos 25 m de potencia y donde se observan restos de bivalvos.

Tramo 2: potencia de unos 40 m, está constituido por una alternancia de dolomías o calizas en capas finas (wackestone y packstone) y margas, siendo éstas más abundantes en el tramo inferior, y mostrando tres grandes secuencias de somerización. Sobre los niveles carbonatados y a techo de la sección se sitúan los materiales de la facies Keuper. En el tramo superior se han registrado fósiles de moluscos bivalvos, gasterópodos y escasos ammonoideos, junto a braquiópodos, con abundante presencia de *Lingularia smirnovae* Biernat y Emig, equivalente a la citada por Máquez-Aliaga (1999) y permite datarlo como de edad Ladiniense.

Moya						
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Dientes Elasmobranquios	Escamas Elasmobranquios	Peso de la Muestra
Moya II-8	2	*	*	*	*	
MYB		2	4	5		4000
MYD		1	10			1940
Moya II-6			2			

Tabla 3.13 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Moya

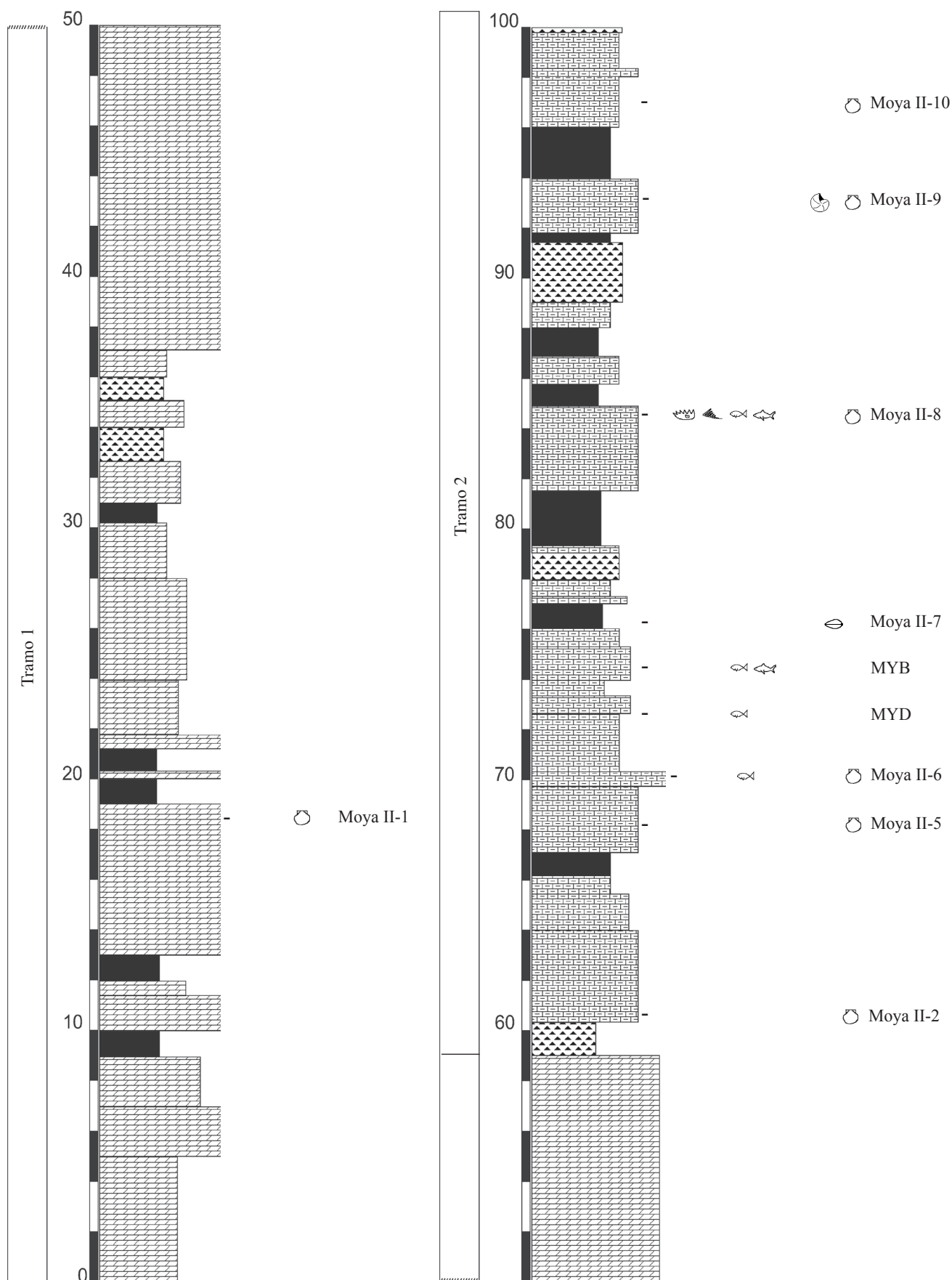


Figura 3.21 - Columna de la sección de Moya. Modificado de López-Gómez (com. pers.)

3.4.1.6) Sección de Bugarra (Fig. 3.22; Tabla 3.14)

El corte estudiado se haya situado a unos 2 km de la localidad de Pedralba, en dirección a Bugarra, en la comarca de Los Serranos (Valencia) y pertenece a la Formación Dolomías y Calizas de Cañete (López-Gómez y Arche, 1986, 1992). Se encuentra figurado en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 695 “Liria” en las coordenadas 39° 37’ 06” N y 0° 45’ 13” O.

La potencia total de la sección es de 101 m, y fue estudiada inicialmente en Márquez-Aliaga *et al.* (1984), y posteriormente Sánchez-Fernández (*com. per.*), distinguiendo dos tramos:

Tramo 1: tiene unos 70 m de potencia y está constituido por capas de calizas y dolomías, que se suceden en repetidas secuencias granodecrecientes con alternancia de dolomías tableadas de espesor variable y de dolomías bioclásticas de gran resalte. Este tramo se sitúa concordante sobre un yacente de facies margosa y yesífera que se corresponde con el Muschelkalk medio (M₂) de Virgili (1958).

A 20 m de la base, en un nivel de dolomías micríticas estratificadas en capas de 5 cm se ha registrado *Daonella cf. lommeli* Wissman y *Germanonutilus* sp. que permiten datar los materiales como del Ladiniense

BUGARRA											
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Elementos P ₂	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Dientes Elasmobranquios	Peso de la Muestra
CBU-15								1		1?	2565
CBU-12							3	5			3454
Bu-1-33						*	*	*	4	40	2580
Bu-1-26	643	23	17	25	113	*	*	*	*	14	2840
Bu-1-21						3					
Bu-1-15							2	*			1500
Bu-1-13						2	15	4	2		5420
Bu				1	3	3	3	*			2416
Bu pl	24			3	6	*	*	*			3150
CBU-10							1	3			2300
CBU-6								1			1800
CBU-3							3	1			2300

Tabla 3.14 - Contenido fosilífero de las muestras procesadas para este trabajo de la sección Bugarra

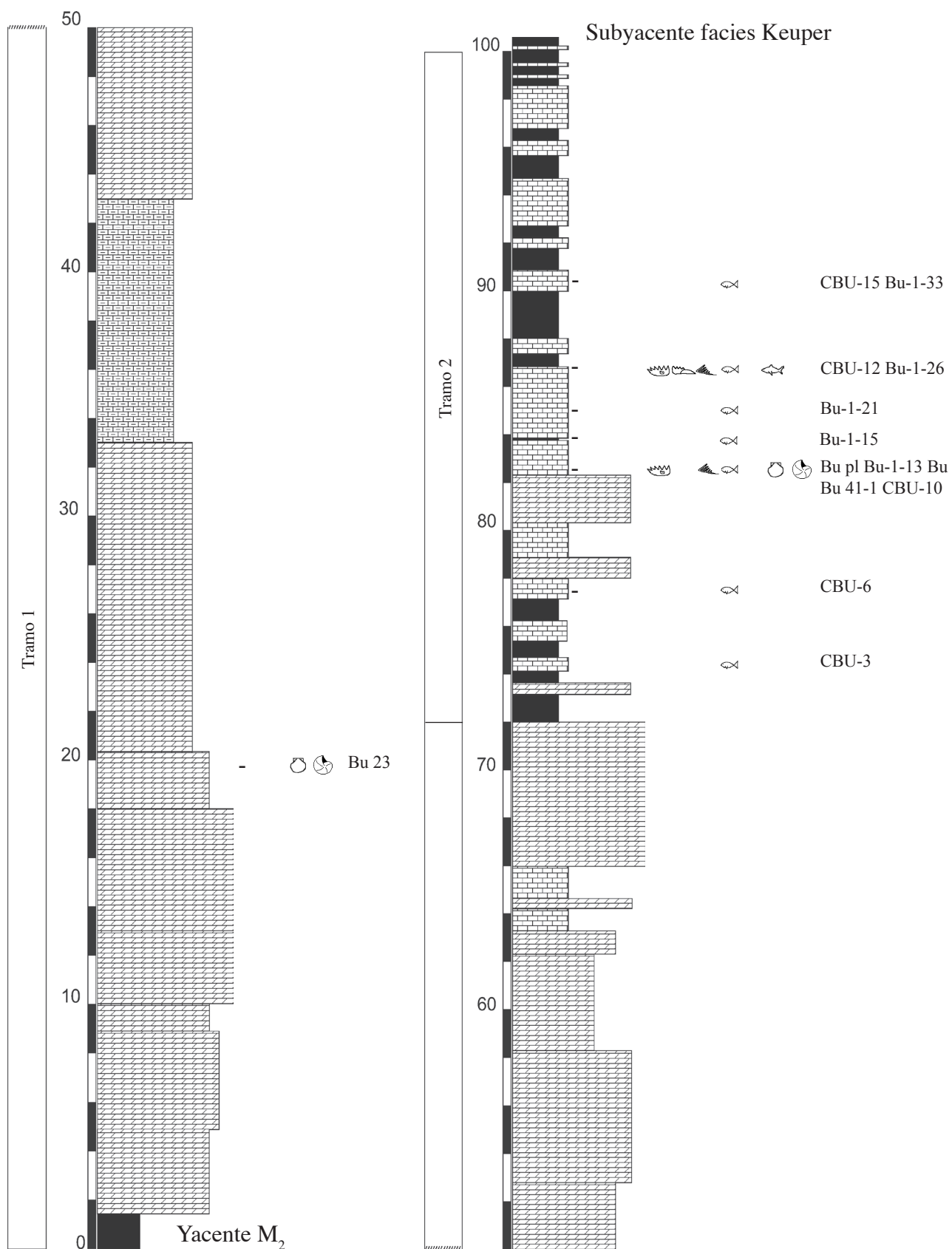


Figura 3.22 - Columna estratigráfica de la sección de Bugarra. Modificada de Márquez-Aliaga *et al.* (1984) y Sánchez-Fernández (*com. per.*)

Tramo 2: tiene unos 30 m de potencia, está constituido por materiales dolomítico con abundantes estructuras sedimentarias que en su base evidencian una rápida regresión marina y que se continúa con los depósitos de facies Keuper situados a techo.

Presenta varias secuencias de somerización formadas por alternancia de dolomías (mudstone), dolomías bioclásticas (packstone) y margas con abundantes fósiles. Entre el registro fósil de este tramo están los bivalvos epibisados *Pseudoplacunopsis plana* (Giebel), *Leptochondria alberti* (Goldfuss), *Gervillia joleaudi* (Schmidt) y *Bakevella costata* (Scholtheim) y los infaunales *Neoschizodus laevigatus* (Goldfuss), *Modiolus* sp. y *Pseudocorbula* sp., escasos braquiópodos como *Lingularia* sp., algunos ammonoideos *Proarcestes* sp., foraminíferos como así como los conodontos *Ps. murcianus* y *S. mungoensis* que permiten datar el tramo como Ladiniense.

3.4.1.7) Sección de Montserrat (Fig. 3.23; Tabla 3.15)

La sección de Montserrat se sitúa en la hoja del MAGNA 1:50.000 N° 721 “Cheste” en las coordenadas 22° 30’ 06” N y 0° 50’ 19” O y pertenece a la Formación Dolomías y Calizas de Cañete (López-Gómez y Arche, 1986, 1992).

La columna tiene una potencia de unos 120 m. Ha sido dividida por Sánchez-Fernández *et al.* (2006) en 5 subunidades que nosotros agrupamos en dos tramos principales. El registro fósil encontrado aparece citado en la misma publicación:

Tramo 1: tiene una potencia de unos 70 m e incluye las subunidades A y B de Sánchez-Fernández *et al.* (2006). La subunidad A tiene una potencia de unos 39 m y está compuesta por diferentes secuencias de dolomías grises que en la base presentan estratificación cruzada, continuada por encima por niveles en alternancia con estratificación de fina a gruesa. A mitad de la subunidad se encuentra un nivel con bioclastos y fragmentos de equinodermos. Entre el registro fósil que aparece a lo largo del tramo se han identificado los foraminíferos *Aulatortus*

MONTSERRAT								
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Peso de la Muestra
Ms 55	3	1	1	2	2	2	2	

Tabla 3.15 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Montserrat

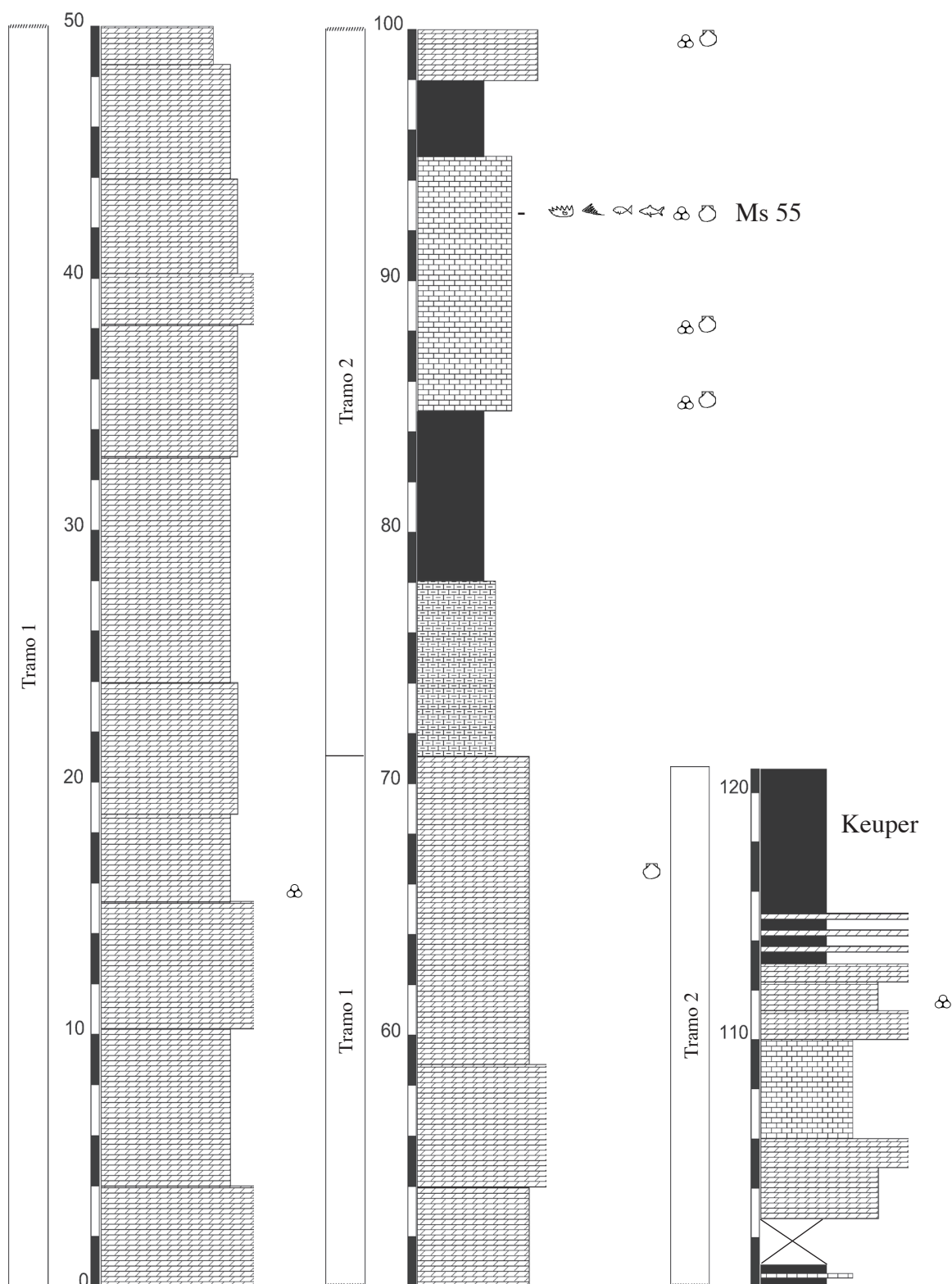


Figura 3.23 - Columna de la sección de Montserrat. Modificado de Sánchez-Fernández *et al.* (2006).

praegaschei (Koenh-Zaninetti), *Lamelliconus multispirus* (Oberhauser), *L. procerus* (Liebus), *L. ex. gr. ventroplanus-biconvexus* (Oberhauser), *Spirillina* sp. y *T. eomesozoicus* (Oberhauser). Los datos obtenidos permiten inferir un pulso transgresivo con un subambiente inter-submareal. La subunidad B tiene una potencia de unos 30 m y está formada por una sucesión de dolomías con estratificación cruzada. A muro aparece laminación estromatolítica y ripples, encima hay bioturbación y luego estratificación cruzada-planar. La mayor parte de la subunidad la forman 20 m de niveles con laminación fina. Presenta estructuras estromatolíticas, bivalvos y fragmentos de gasterópodos, bioclastos y otros restos fragmentados que indican ambientes submareales. La bioturbación a techo marca el final de la subunidad y el tramo. El registro fósil identificado consiste en el foraminífero *Endotriadella wirzi* (Koenh-Zaninetti). Las características descritas en el tramo indican una tendencia transgresiva en una rampa carbonatada de escasa profundidad.

Tramo 2: potencia de unos 50 m. Corresponde a las subunidades C a E de Sánchez-Fernández *et al.* (2006). La subunidad C tiene una potencia de unos 15 m, la base la forman dolomías margosas amarillas con laminación cruzada y diversos fósiles, entre los que se han identificado los bivalvos *P. gregaria*, *M. myoconchaeformis*, *B. costata* y *E. discites*. A techo, aparece un nivel margoso que indica ambientes submareales y otro con margas y lutitas con fragmentos. La subunidad D tiene una potencia de 10 m, y está formada por calizas wackestone-packstone grises bien estratificadas. A muro aparece una superficie con alto contenido en hierro y abundantes restos fósiles de bivalvos, gasterópodos, ostrácodos y foraminíferos. El resto de la subunidad presenta laminación fina, con abundantes restos fósiles a techo. Entre el registro fósil se ha identificado los bivalvos *P. gregaria*, *M. myoconchaeformis*, *B. costata*, *B. cf. subcostata* (Schlotheim), sp. gr. “P.” aff. *teruelensis* Würm, *L. alberti*, *Umbostrea* sp. y *E. discites*, los foraminíferos *Earlandia tintiniformis* (Misik), *Hoyenella sinensis* (Ho), *N. ordinata*, *Planiinvoluta carinata* Leischner y *T. eomesozoicus* (Oberhauser) y el conodonto *Ps. murcianus*, representando por lo tanto un ambiente submareal protegido. La subunidad E, con una potencia de unos 20 m, está formada por alternancia de niveles margas y dolomías en su parte inferior. Por encima, se encuentran una serie de capas de dolomías, de unos 10 m de potencia, con diferentes estructuras, como laminación estromatolítica, bioturbación, así como una capa con alto contenido en hierro. Las dolomías pueden ser ocreas y masivas o bien grises con restos fósiles como bivalvos, gasterópodos, ostrácodos y equinodermos que indican ambientes inter-supramareales. Entre el registro fósil del tramo se ha podido identificar el foraminífero *N. ordinata*. Las características descritas en el tramo indican una tendencia regresiva en una rampa carbonatada de escasa profundidad. Por encima aparece, a techo, una capa de margas que se corresponde con los materiales de facies Keuper.

3.5) CORDILLERA BÉTICA

Esta cadena montañosa constituye el extremo más occidental de la cadena Alpina Europea y geográficamente se extiende en la Península Ibérica a lo largo del S-SE de la misma, desde la ciudad de Cádiz hasta el norte de la provincia de Alicante, prolongándose en dirección ENE hasta las islas Baleares (Fig. 3.24). Por el norte limita con la cuenca del Guadalquivir y por el sur con el Mar de Alborán. También se extiende hacia el continente africano comprendiendo el norte de Marruecos, Argelia y Túnez.

Geológicamente, se puede dividir en dos dominios principales diferenciados por sus distintas características litológicas, estratigráficas y estructurales: las Zonas Externas y las Zonas Internas, además de las unidades de los Flyschs y las cuencas neógenas (Sanz de Galdeano *et al.*, 2006). Están constituidas por unidades tectónicas alóctonas, desplazadas de su lugar de origen, aunque el grado de aloctonía se reduce en las áreas más externas.

Las Zonas Internas está compuesta por cuatro complejos, cada uno formado por varios mantos de corrimiento, la mayoría de los cuales presenta un basamento paleozoico junto a las formaciones mesozoicas y terciarias, en muchos casos fuertemente metamorfizadas (Sanz de Galdeano *et al.*, 2006).

Las Zonas Externas afloran al S y SE del Macizo Ibérico y del valle del Guadalquivir, desde el Golfo de Cádiz a la provincia de Alicante (Vera y Martín-Algarra, 2004) y comprenden

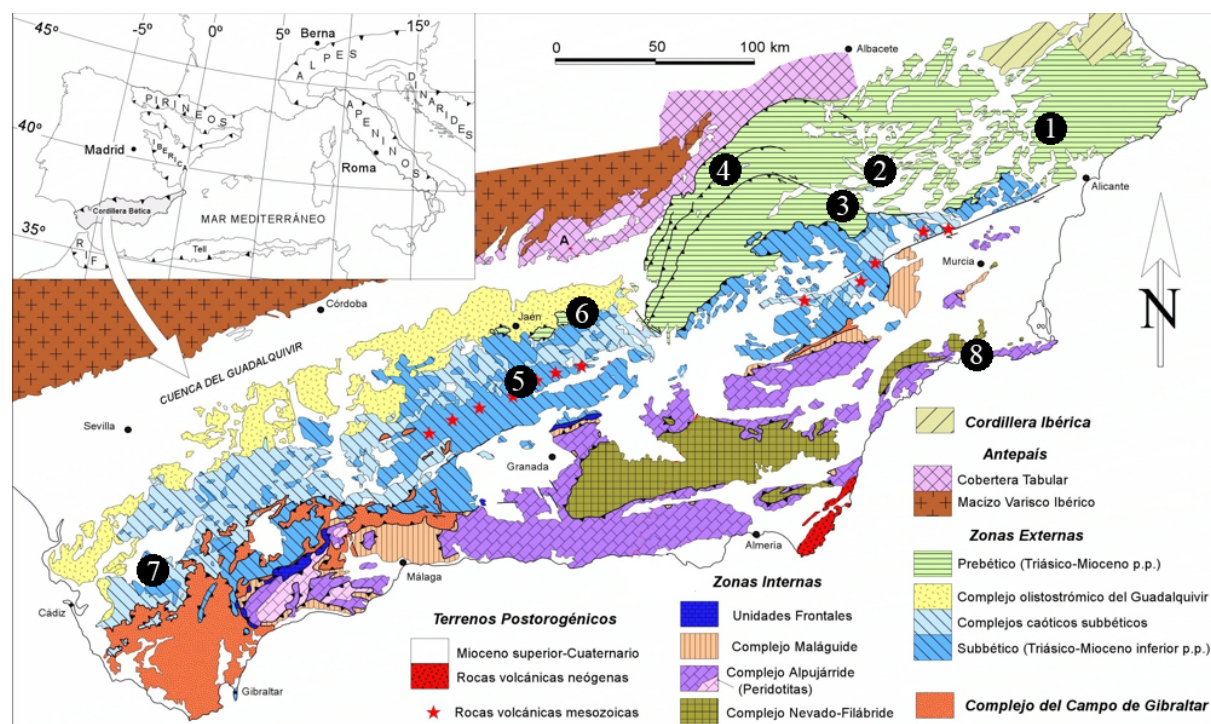


Figura 3.24 - Mapa Geológico general de las Cordillera Bética con la localización de las secciones estudiadas. Modificado de Vera & Martín-Algarra (2004). 1) Espejeras 2) Calasparra 3) Canara 4) Arroyo Hurtado 5) Salmerón 6) Valdepeñas de Jaén 7) Boyar 8) Cabo Cope

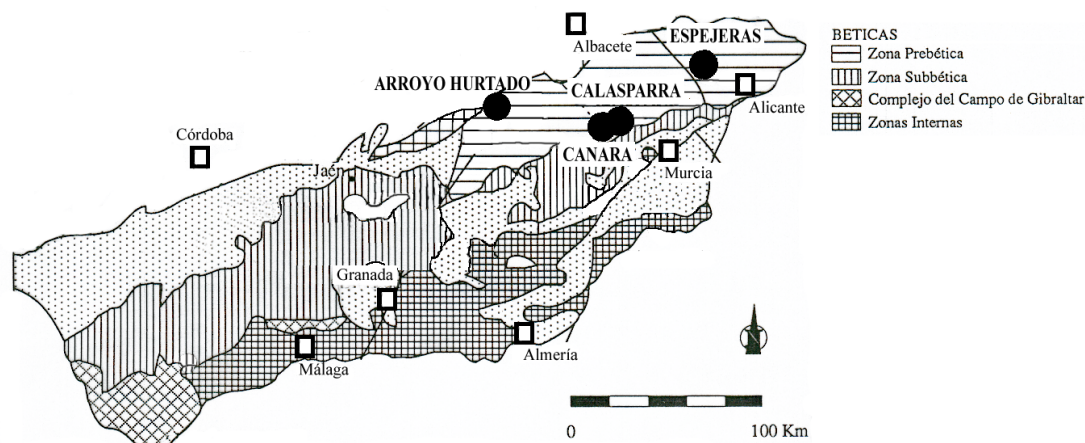


Figura 3.25 - Secciones estudiadas en el Dominio Prebético. Modificado de Márquez-Aliaga y Martínez (1996)

los dominios Prebético y el Subbético, que se extienden en dirección ENE. El Prebético se refiere a la zona más cercana al Macizo Ibérico y el Subbético a la más alejada (Fig. 3.24).

Los materiales estudiados en la presente tesis doctoral provienen de las Zonas Externas, tanto del Prebético (Espejeras, Calasparra, Canara, Arroyo Hurtado) como del Subbético (Salmerón, Valdepeñas de Jaén y Boyar), y una localidad de las Zonas Internas (Cabo Cope).

3.5.1) Materiales del Dominio Prebético (Fig. 3.25)

Se divide a su vez en Prebético Externo y Prebético Interno, según su proximidad al Macizo Ibérico. El Prebético Externo es la parte más próxima al continente, y que a partir del Cretácico estuvo en su mayor parte emergida, y con un espesor de materiales escaso. El Triásico está representado por materiales detríticos rojos, casi exclusivamente continentales e intercalados algunos niveles carbonatados poco potentes.

El Prebético Interno presenta una sucesión de materiales más completa, desde el Triásico hasta el Mioceno Inferior, de características más pelágicas a partir del Jurásico, con materiales más someros o incluso continentales durante el Paleógeno.

3.5.1.1) Sección de Espejeras (Fig. 3.26; Tabla 3.16)

La sección de Espejeras se encuentra en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 871 "Elda", en las coordenadas 0° 39' 10" N 38° 23' 55" O. La columna de Espejeras, con un total de 144,5 m fue dividida en cuatro unidades o tramos por López-Gómez *et al.* (1994):

Tramo 1: tiene 28 metros de potencia y comprende 4 secuencias granodecrescentes de 6 a 8 m de espesor formadas por calizas tipo packstone-grainstone en la base y wackestone-packstone a techo. Dentro de ellas hay secuencias menores, de 5 a 30 cm que contienen bivalvos, crinoideos, gasterópodos y otros fósiles.

Tramo 2: con una potencia de 18 m, está formado por una alternancia de niveles centimétricos de calizas wackestone-packstone con calizas margosas con abundantes bivalvos, gasterópodos y crinoideos.

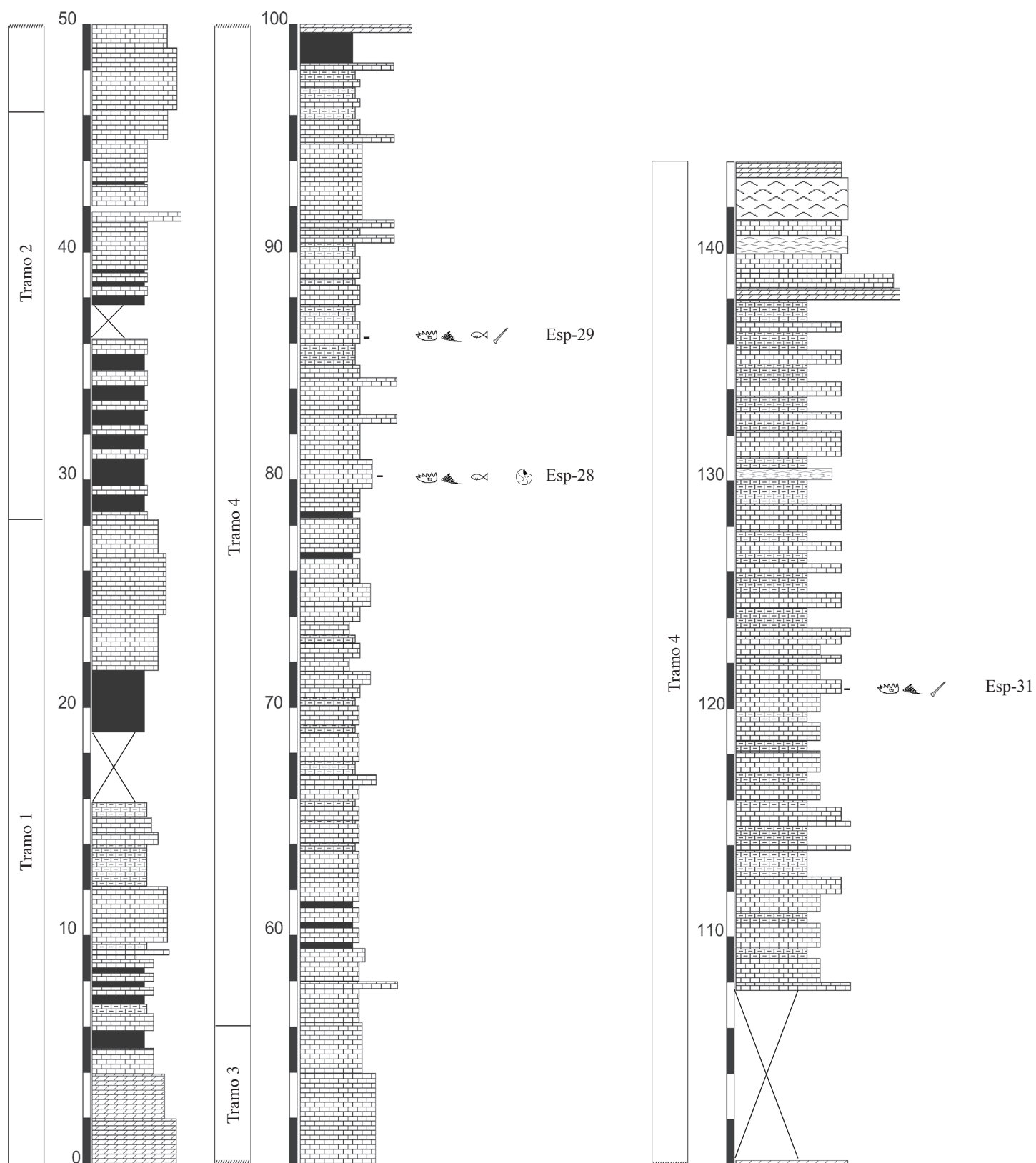


Figura 3.26 - Columna de la sección de Espejeras. Modificado de López *et al.* (1994)

ESPEJERAS								
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Equinodermos	Peso de la muestra (gr)
Esp-31	9	4	8	1			*	2948
Esp-29	4	1		1	3	1	*	1724
Esp-28	7	6	11				1	740

Tabla 3.16 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Espejeras

Tramo 3: tiene una potencia de unos 10 m. Está formado por 5 secuencias que oscilan entre 1 a 3 m, con calizas wackestone-packstone con bioclastos muy fragmentados y orientados, en la base del tramo. Dentro de estas secuencias se pueden identificar otras menores granodecrecientes de 10 a 20 cm de potencia, La cuarta secuencia termina con un nivel de 1,3 m de espesor que contiene restos de briozoos, bivalvos, gasterópodos, algas rojas y crinoideos.

Tramo 4: es el que presenta una potencia mayor, 88 m. Está formada por secuencias centimétricas a métricas, compuestas por dos tramos principales: el inferior, representado por alternancia centimétricas de margas y calizas wackestone con calizas margosas y el superior, formado por calizas wackestone-packstone con ocasionales restos de bivalvos, gasterópodos y formaminíferos. El techo en esta sección parece estar concordante con la Facies Keuper.

Entre el registro fósil citado por López-Gómez *et al.* (1994) en la sección podemos destacar los bivalvos *M. vulgaris*, *Placunopsis ostracina* (Schlotheim), *P. gregaria*, *Placunopsis* sp., *N. laevigatus*, *E. discites*, *B. costata*, *Bakevelia* sp., *Chlamys* sp., *Costatoria goldfussi* (Alberti), *M. myoconchaeformis* y *E. difforme*, *Pleuromya* sp., los foraminíferos *Nodosaria ordinata* Trifonova y *Arenovidalina chialingchiagiense* Ho. Posteriormente, en Martínez *et al.* (1996) se citó el conodonto *Ps. murcianus*, registrado en el molde interno de un ejemplar de *Ceratites* cf. *bidorsatus*. Todo el registro fósil permite datar la sección como Ladiniense.

3.5.1.2) Sección de Calasparra (Figs. 27a-c; Tabla 3.17)

La sección de Calasparra se encuentra en el municipio de Calasparra (Murcia), al sur de la Sierra del Molino, en la Hoja del MAGNA 1:50.000 N° 890 “Calasparra”, coordenadas 38° 12’ 30”N 1° 38’ 10”. Desde distintos aspectos y destacando su importante registro fósil, la sección

ha sido estudiada previamente por Márquez-Aliaga y Goy (1985, com. pers.), Goy (1986 y 1995), Goy y Martínez (1996), Goy *et al.* (1996), Goy y Pérez-López (1996), Márquez-Aliaga y Márquez (2000), Pérez-Valera *et al.* (2000), Pérez-Valera y Pérez-López (2003), Pérez-Valera, F. (2005), Pérez-Valera *et al.* (2005) y Plasencia *et al.* (2007). En esta tesis se utiliza como referencia el trabajo de Pérez-Varela *et al.* (2005). La potencia total de la columna es de unos 90 m (Figs. 3.25a-c) en la que diferenciamos 5 tramos principales. El registro de microfósiles estudiado se resume en la tabla 3.17.

Tramo 1: 8 m de potencia. Está compuesto principalmente por bancos de dolomías finas, laminadas, con estructuras algales y moldes de evaporitas, con diferentes grados de bioturbación y con un nivel a techo de calizas grises nodulosas que representa el primer resalte, en el que aparecen restos fósiles, de moluscos indeterminados, foraminíferos como *Lamelliconus* sp., conodontos y micro-restos de peces.

Tramo 2: 12 m de potencia. Se corresponde con la zona *Brotzeni* (Fig. 3.27c), caracterizada por la presencia de *Paraceratitoides brotzeni* Parnes, en un intervalo margoso de unos 20 cm de potencia en la base del tramo. La zona *Brotzeni* indica una edad Anisiense. Por encima, aparece un banco de unos 6 m de potencia formado por una alternancia de niveles centimétricos de calizas micríticas grises, calizas margosas y margas con estratificaciones onduladas y algunos niveles con *slump*. Por encima, aparece el nivel 12 (fig. 3.27c) formado por calizas nodulosas biocásticas muy ferruginosas y con un alto grado de bioturbación donde se registra también *P. brotzeni*. A continuación se sitúa un nivel de unos 2 m de potencia de calizas margosas nodulosas. A techo hay un nivel masivo de calizas con laminación difusa y paralela con unos 4 m de potencia que se corresponde con el segundo resalte (nivel 14, fig. 3.27c). Entre los fósiles, además de los ammonoideos citados se registran conodontos, micro-restos de peces, briozoos, equinodermos, bivalvos como *C. curvirostris* (Schlotheim) y foraminíferos como p.ej. *L. cf. multispirus* (Overhauser), *L. aff. procerus* (Liebus) y *Pilamminella generica* Salaj.

Tramo 3: unos 13 m de potencia. Se corresponde con la zona *Curionii*, caracterizada por la presencia de *Eotrachyceras curionii* (Mojsisovics) en el nivel 15 (fig. 3.25c). La presencia de *E. curionii* permite señalar una edad Ladiniense inferior (Fassaniense). También aparecen en éste nivel los ammonoideos *Israelites ramonensis* Parnes y *Negebites zaki* Parnes, así como los foraminíferos *T. eomesozoicus* (Oberhauser) y *Aulotortus praegaschei* (Koehn-Zaninetti). El nivel está formado por una alternancia de calizas margosas y margas en la parte inferior, seguidas por margas de aspecto lajoso con estratificación ondulada, con varios bancos de calizas bioclásticas (tempestitas) de espesor variable y con abundantes estructuras de *gutter* y *pot cast*. El nivel 15 termina con calizas margosas bioturbadas. Por encima, un nivel de calizas de unos 3 m de potencia, a cuyo techo aparecen varias superficies ferruginosas, con acumulación de bioclastos de tipo hardground que representan el tercer resalte carbonatado, en el que se sitúa el nivel 16. A lo largo de este tramo 3 encontramos numerosos niveles con registro fósil, que incluye conodontos, micro-restos de peces y gasterópodos.

CALASPARRA																
		<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Dientes Elasmobranquios	Gasterópodos	Equinodermos	Briozoos	Braquiópodos	Foraminíferos	Bivalvos	Peso de la muestra (gr)
Trano 5	CPR-54					1										1168
	CPR-by				1	3		2				2				1708
	CPR-46(+7m)				1	1										1316
	CPR-46(+5m)	1				6	6	4	3							1774
	CPR-44S	9	2	2	1	7	5	7	2							1600
Trano 4	CPR-33M					2										907
	CPR-30B			2		2	1	1								1520
	CLP-17				*					*					*	1267
	CLP-16	1			2		1			?						370
	CON 01 5	4			3	4	4			*		*		?		1614
Trano 3	CPR-15T			1												1956
	CPR-15(+0.8)			1												1624
	CLP-15					1	1									1150
	GCLP-14.10						1			1						1290
	00-6-CL2					2										1630
	GCLP-14.9						3		1							1197
	00-5-CL2					4	5			2						1337
	GCLP-14.4					5	4									923
	GCLP-14.2	1			3	13	15									1327
	CON 01 4	4				2	3	7		1		?				1836
CPR-13T	2	2								1					2855	
Trano 2	CLP-13					1										354
	CLP-12							1			6	2				900
	CLP-11	3			1					*	*	1	*	*		2100
	CON 01 3	3				2	2	2								1530
	CLP-9											1				2112
	00-1-CL2			*	*	*				?	*	1				1255
	CLP-10(R1+2)	1			1	3		1		2	1		*		1	2657
	CLP-10(R1)									3	12					1065
	CPR-10.4	2	5	1		15	2	2		3	1					2459
	CON 01 2	45	11	15	4	28	6	22	1	*						1997
Trano 1	CLP-8	18	2			30	9	2		1	4	3				1972
	CLP-7				*	*	*			1	13					1791
	CLP-6	6			1	7	2									1418
	CLP-5					3										1320
	CLP-4					1										600

Tabla 3.17 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Calasparra. Dado el gran número de muestras estudiadas, en esta tabla se figuran únicamente aquellas muestras estudiadas a partir de levigados.

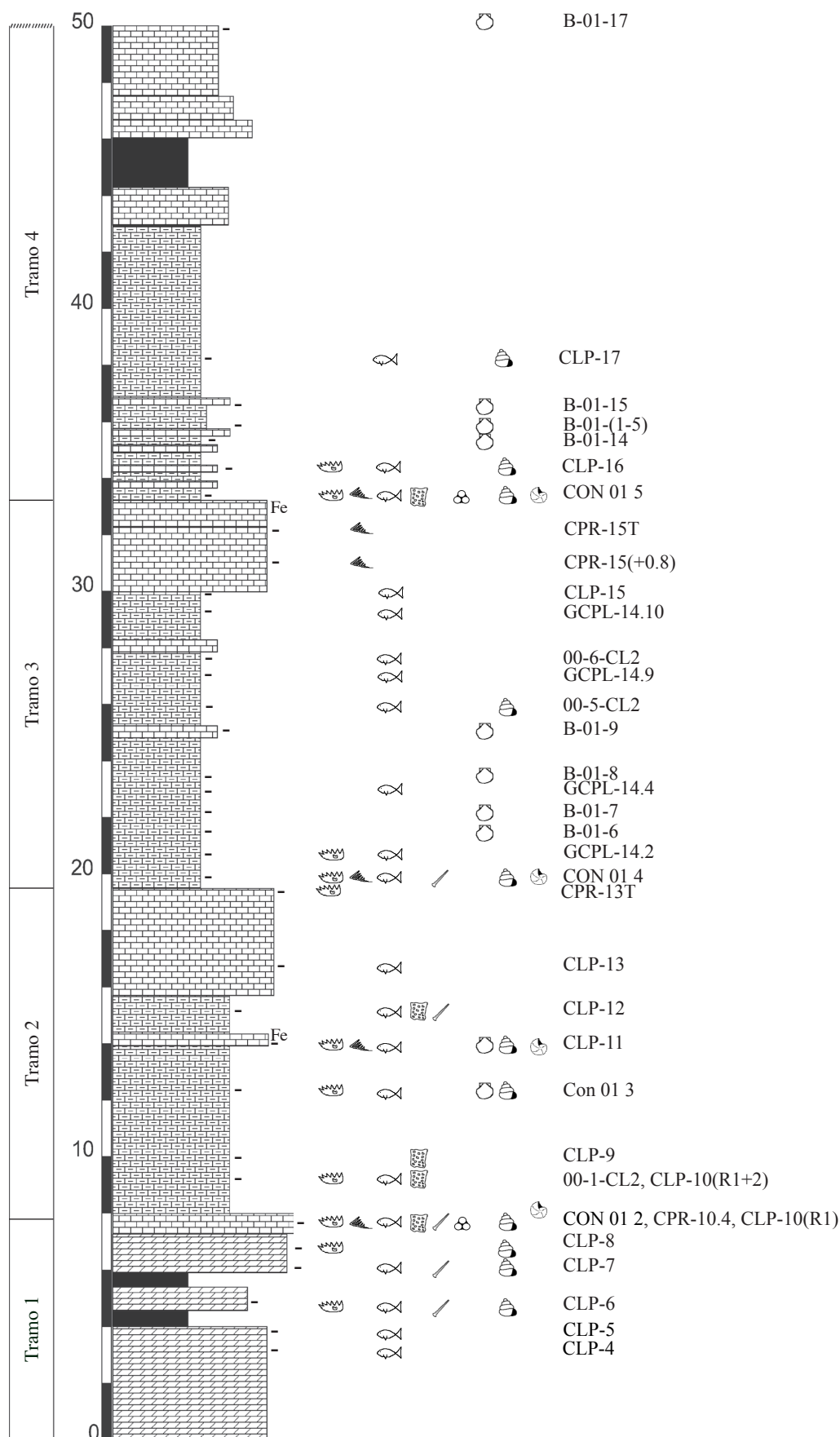


Figura 3.27a - Primera parte de la columna de la sección de Calasparra. Modificado de Pérez-Valera *et al.* (2005)

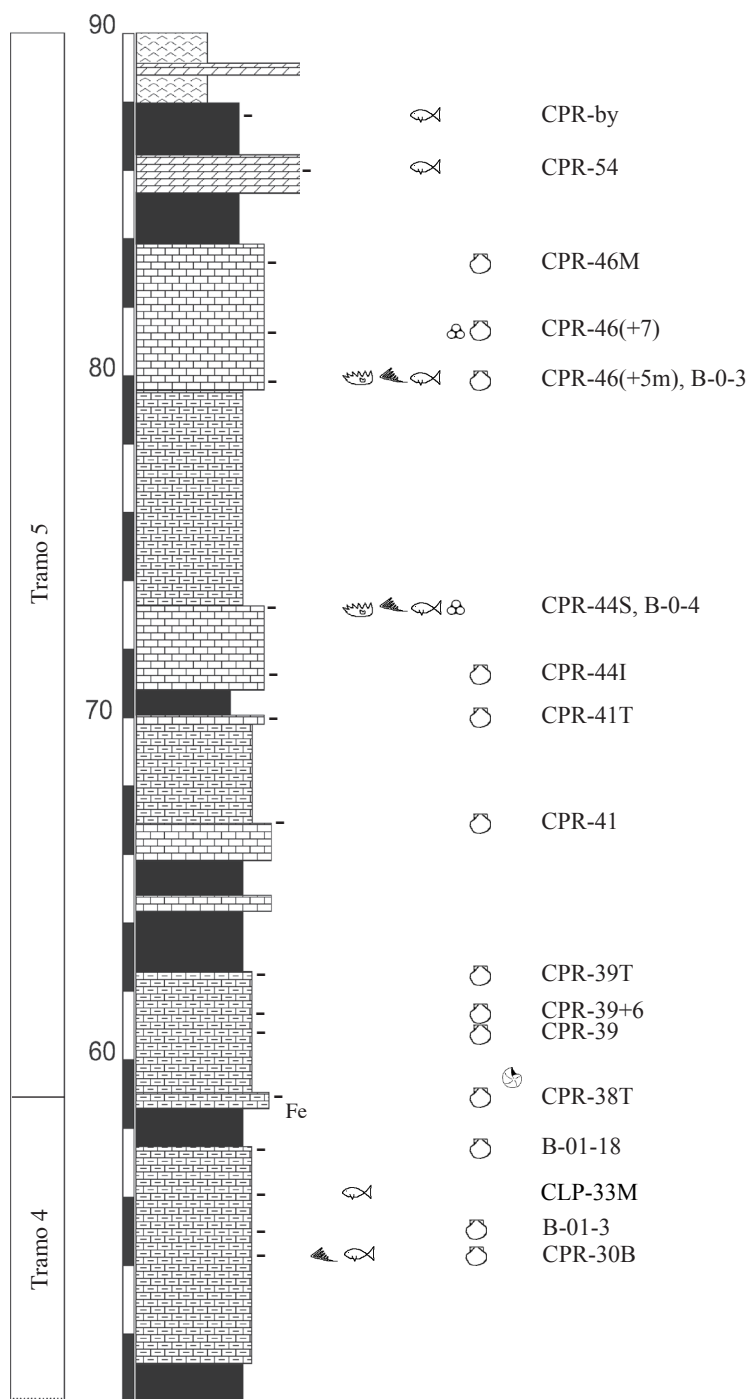


Figura 3.27b - Segunda parte de la columna de la sección de Calasparra. Modificado de Pérez-Valera *et al.* (2005)

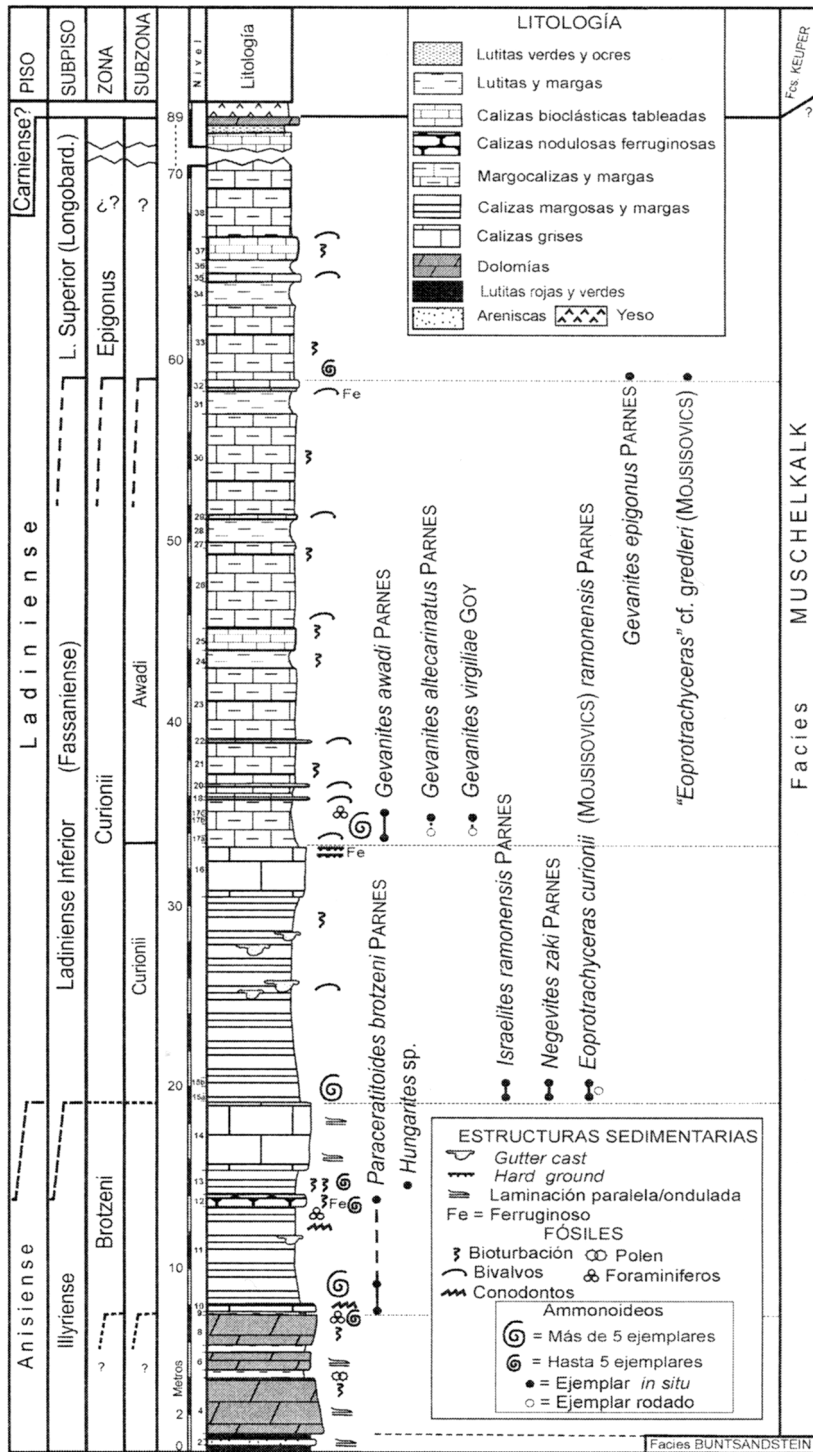


Figura 3.27c - Columna de la sección de Calasparra figurada en Pérez-Valera, J.A. (2005)

Tramo 4: unos 25 m de potencia. Corresponde a la zona *Awadi*, caracterizada por la presencia de *Gevanites awadi* Parnes en la base del nivel 17 (fig. 3.27c), que es un nivel formado por la alternancia de margas con aspecto lajoso de tono gris y con pequeñas trazas de bioturbación y margocalizas (mudstone a wackestone), con escasos bioclastos, y bioturbación variable. La zona *Awadi* permite datar el tramo como Ladiniense Inferior (Fassaniense). También se han determinado los ammonioideos *Gevanites virgiliae* Goy y *Gevanites altecarinatus* Parnes. La sección continúa con niveles de calizas de pocos cm de potencia, con un nivel de calizas bioturbadas bioclásticas tableadas y nodulosas (wackestone a packstone), y algunos niveles de margocalizas y margas de varios metros de potencia en alternancia con niveles de lutitas y limonitas. A techo, hay una capa de calizas ferruginizadas con abundantes bioclastos, especialmente de bivalvos (nivel 32, fig. 3.27c) y con algo de resalte. El registro fósil del tramo es más abundante en la parte inferior del mismo, y está compuesto, además de los ammonioideos citados, por conodontos, micro-restos de peces, bivalvos (*Leptochondria alberti* Goldfuss, *C. goldfussi* (Alberti) y *Unionites* sp.) y gasterópodos.

Tramo 5: 30 m de potencia. Corresponde a la zona *Epigonus*, de edad Ladiniense Superior (Longobardiense), caracterizada por la aparición de *Gevanites epigonus* Parnes en el nivel 33 (fig. 3.27c), formado por una alternancia de margas y margocalizas. Por encima la sección se compone de niveles en alternancia de margocalizas, calizas tableadas, calizas bioclásticas, margas y lutitas. A techo del tramo van apareciendo señales de la transición a facies Keuper, con dolomías ocreas, unas pocas lutitas verdes y niveles de yeso gris y blanco que indican la tendencia a un episodio regresivo. El registro fósil del tramo, está compuesto por conodontos, micro-restos de peces, bivalvos (*P. gregaria*, *Bakevellia* sp.) y gasterópodos.

3.5.1.3) Sección de Canara (Fig. 3.28; Tabla 3.18)

La sección de Canara se encuentra a 1 km al S de Canara y 4 al N de Cehegín (ambas en la provincia de Murcia) y se encuentra en la hoja MAGNA 1:50.000 N° 911 “Cehegin” en las coordenadas 38° 07' 49”N 1° 46' 28”O. Pérez-Varela, F. (2005) estima que la columna tiene una potencia de unos 150 m en total, que divide en los dos miembros principales de la Formación Cehegín, el Inferior y el Superior, y que a su vez subdivide en 14 tramos. La división que presentamos aquí, en 4 tramos, se ha realizado por comparación con la subdivisión realizada en la sección de Calasparra.

Tramo 1: potencia de unos 24 m. Los primeros 5 m comienzan con un banco de dolomías oscuras de unos 3 m potencia, con laminación cruzada planar en la base que pasa a ondulada en la parte superior. A continuación, siguen 1 m de calizas y 1 m de dolomías oscuras con estratificación ondulada.

Por encima, con una potencia total de 18 m, aparecen 3 bancos de calizas masivas de unos 5 m de potencia cada uno y con estratificación paralela, intercalados por niveles centimétricos de calizas margosas con estratificación ondulada. El resto del tramo está formado por calizas

masivas y laminadas, de estratificación paralela y de gran resalte en el relieve con intercalaciones margosas de unos pocos cm de espesor.

Tramo 2: potencia de unos 10,5 m. Consiste en un banco de calizas grises, calizas margosas y margas con estratificación ondulada de unos 2 m de potencia, al que siguen 2 m de potencia de calizas nodulosas bioclásticas formado por estratos de espesor decimétrico. Sobre ellos se sitúa otro banco idéntico al primero. Por encima aparecen calizas laminadas y masivas de unos 4 metros de potencia, con estratificación paralela finamente laminada con intercalaciones de calizas grainstone bioclásticas con intraclastos. En este tramo aparecen restos fósiles de ammonoideos, bivalvos (cf. *Bakevella* sp.), micro-restos de vertebrados y elementos sin identificar de conodontos.

Tramo 3: potencia de 16,5 m. Está formado por un primer tramo de margocalizas y margas, de niveles centimétricos con estratificación ondulada y 14 m de potencia. En la parte superior se interestratifican niveles de calizas grainstone bioclásticas con estructuras de tipo *gutter cast*, con un banco de calizas nodulosas bioclásticas a techo formado por estratos de espesor decimétrico y en donde aparecen abundantes restos de actividad biológica, como burrows. En contacto con el tramo superior aparece un nivel de calizas masivas de 1 m de potencia y un nivel decimétrico de calizas con señales de perforaciones y abundantes foraminíferos a techo, entre los que aparecen *L. gr. biconvexus-ventroplanus*, *L. cordevolicus* (Oberhauser) y *T. eomesozoicus* (Pérez-López *et al.*, 2005). En la base del tramo aparecen ammonoideos, que según Pérez-Valera, F. (2005) podrían corresponder a *G. epigonus*.

Tramo 4: unos 100 m de potencia. Se corresponde con el Miembro Superior de Pérez-Valera, F. (2005) y con nuestros tramos 4 y 5 de la sección de Calasparra. A muro está formado por un nivel de 50 cm de calizas y luego por un nivel masivo de calizas margosas con estratificación

CANARA							
	Elemento S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Bivalvos	Peso de la muestra (gr)
CN1-02-2		3	11	20	3		1300
CN1-02-1	1		2	1		*	1300

Tabla 3.18 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Canara

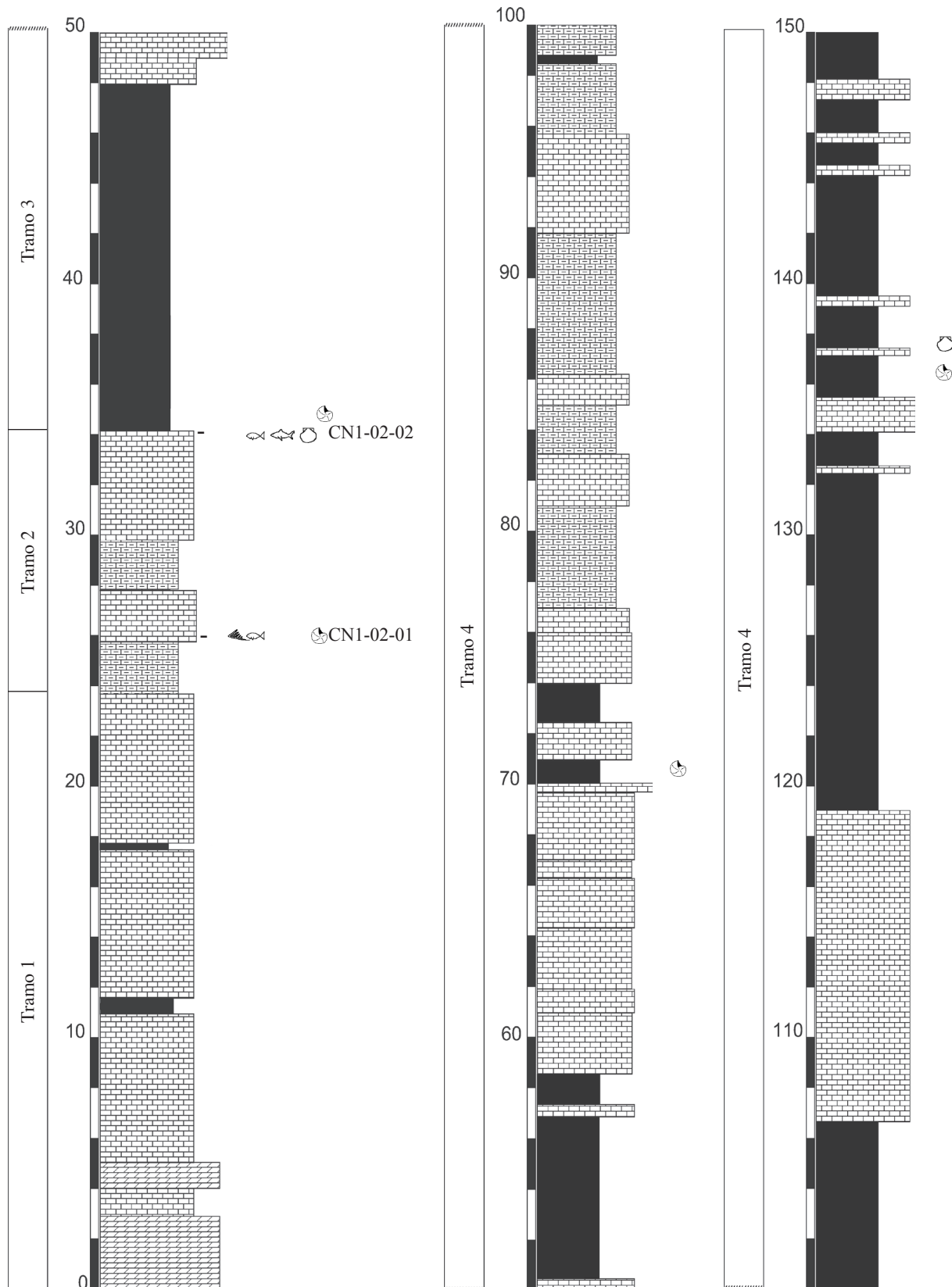


Figura 3.28 - Columna de la sección de Canara. Modificada de Pérez-Varela (2005)

ondulada y con abundante presencia de burrows. Sobre éste aparece un nivel decimétrico que da un gran resalte de calizas bioturbadas con bioclastos y perforaciones. Sobre el mismo aparece un nivel de 1 m de potencia de calizas laminadas con bivalvos y abundantes bioclastos, que es continuado por una alternancia de niveles de calizas nodulosas con abundante presencia de burrows y niveles de calizas bioturbadas, con pequeños niveles decimétricos de calizas masivas bioclásticas que dan un gran resalte.

A continuación, aparecen niveles de margas con bioclastos, bivalvos y ammonoideos en alternancia con niveles de calizas bioturbadas. Sobre estos se encuentra un resalte de calizas masivas con perforaciones y bioclastos. Por encima, aparecen una serie de niveles en alternancia de calizas margosas y margas con niveles de calizas bioturbadas. Los niveles de calizas margosas están formados por estratos de espesor centimétrico, con la litología variando de mudstone a wackstone. Las margas son de aspecto lajoso, de tonos grises y escasa bioturbación y con bioclastos. Las calizas bioturbadas varían de wackestone a packstone y presentan bioclastos, lo que les da un aspecto nuduloso.

A unos 100 m del muro de la sección, afloran 7 m de lutitas verdes y ocres con un nivel decimétrico de calizas margosas con bioclastos. Las lutitas tienen un aspecto lajoso y sin bioturbación evidente, aunque la parte inferior contiene restos de bivalvos. Por encima, con unos 12 m de potencia, se sitúa un gran banco de calizas bioturbadas. Sobre el mismo, con algo más de 13 m de potencia, afloran lutitas verdes y ocres, con un nivel a techo de carniolas que indicaría un medio muy somero. Sobre éste se sitúan, con 12 m de potencia, margas con intercalaciones decimétricas de potencia de calizas bioturbadas. El techo de la sección, con unos 10 m de potencia, está compuesto por lutitas verdes y ocres, con intercalación de niveles dolomíticos. Destacamos la presencia de materiales margosos con ammonoideos atribuibles a la zona Hispanicum (Pérez-Valera, F. 2005, p.194) y abundantes bivalvos como *G. joleaudi*. La parte final de la columna está formada por niveles de yesos, que señalan el comienzo de la facies Keuper.

3.5.1.4) Sección de Arroyo Hurtado (Fig. 3.29; Tabla 3.19)

La sección de Arroyo Hurtado se encuentra en las cercanías de la pedanía del mismo nombre, en el término municipal de Bullas, figurado en la hoja del MAGNA 1:50.000 N° 911 “Cehegin”, en las coordenadas 38° 05’ 43”N y 1° 05’ 43”O. Ha sido estudiada anteriormente por Pérez-Varela, F. (2005), quien le asigna una potencia aproximada de unos 165 m. La división que presentamos aquí en 4 tramos se ha realizado tomando en consideración los tramos de la sección de Calasparra.

Tramo 1: 20 m de potencia. Los primeros 3 m están formados por dolomías oscuras de apariencia masiva, con laminación cruzada y ondulada, le sigue una serie de bancos de calizas masivas y laminadas con resalte y con potencia de unos 6 m cada uno, en alternancia con niveles de margas laminadas de más o menos 1 m de espesor. Las calizas presentan laminaciones cruzadas y paralela, y contienen burrows, intraclastos y moldes de evaporíticas.

ARROYO HURTADO			
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Escamas Elasmobranquios	Peso de la muestra (gr)
ARH-02-1	2	1	1120

Tabla 3.19 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Arroyo Hurtado

Tramo 2: potencia de unos 14 m. En la base aparece un nivel de calizas nodulosas bioclásticas de unos 50 cm de potencia y abundantes restos fósiles, que incluyen bioclastos, ammonoideos, foraminíferos y conodontos, seguido por un nivel de margocalizas y margas de unos 3,5 m de potencia, de color gris y con estratificación ondulada y en el que se registran ammonoideos y foraminíferos. A continuación, se sitúa otro nivel de calizas nodulosas bioclásticas de unos 50 cm de potencia que es seguido por un nivel de margocalizas con burrows.

Por encima, con unos 3 m de potencia, aparece un nivel de margas con abundantes restos de ammonoideos, seguido de un nivel de 4 m de potencia de calizas margosas y con estratificación ondulada con un pequeño nivel de carniolas a techo que lo separa del siguiente tramo. La aparición de ammonoideos en este tramo corresponde a la zona *Brotzeni*.

Tramo 3: tiene unos 25 m de potencia. Presenta en la base un nivel de margas lajosas de unos 3 m de potencia con ammonoideos de la Zona *Curionii*, que es continuado por un potente banco de calizas margosas de unos 14 m de potencia, numerosas intrusiones de *gutter cast* con bioclastos muy abundantes y estructuras de depósitos de tormenta, sobre todo en la parte superior. Presenta estratificaciones cruzada y ondulada. Sobre el anterior, y con algo más de 6 m de potencia, aparecen dos tramos de calizas nodulosas con abundantes burrows intercaladas por pequeños niveles centimétricos de calizas que dan bastante resalte. A techo del tramo se localiza un nivel de unos 2 m de calizas masivas que resaltan, con perforaciones y bioclastos.

Tramo 4: 105 m de potencia, se corresponde con el Miembro Superior de la Formación Cehegín de Pérez-Valera, F. (2005) y con los tramos 4 y 5 de la sección de Calasparra. Está formado por tramos de calizas margosas, con burrows a techo y por un nivel de calizas de unos 2 m de potencia con mucha bioturbación y microfacies de wasckestone-packstone, y de aspecto noduloso. También aparecen niveles centimétrico de calizas con microperforaciones y *Thalassinoides*, junto a estructuras de tormentas. Por encima, se encuentran 3 niveles de margas lajosas de tonos grises con bioclastos, de unos 3 m de potencia cada uno, separados por

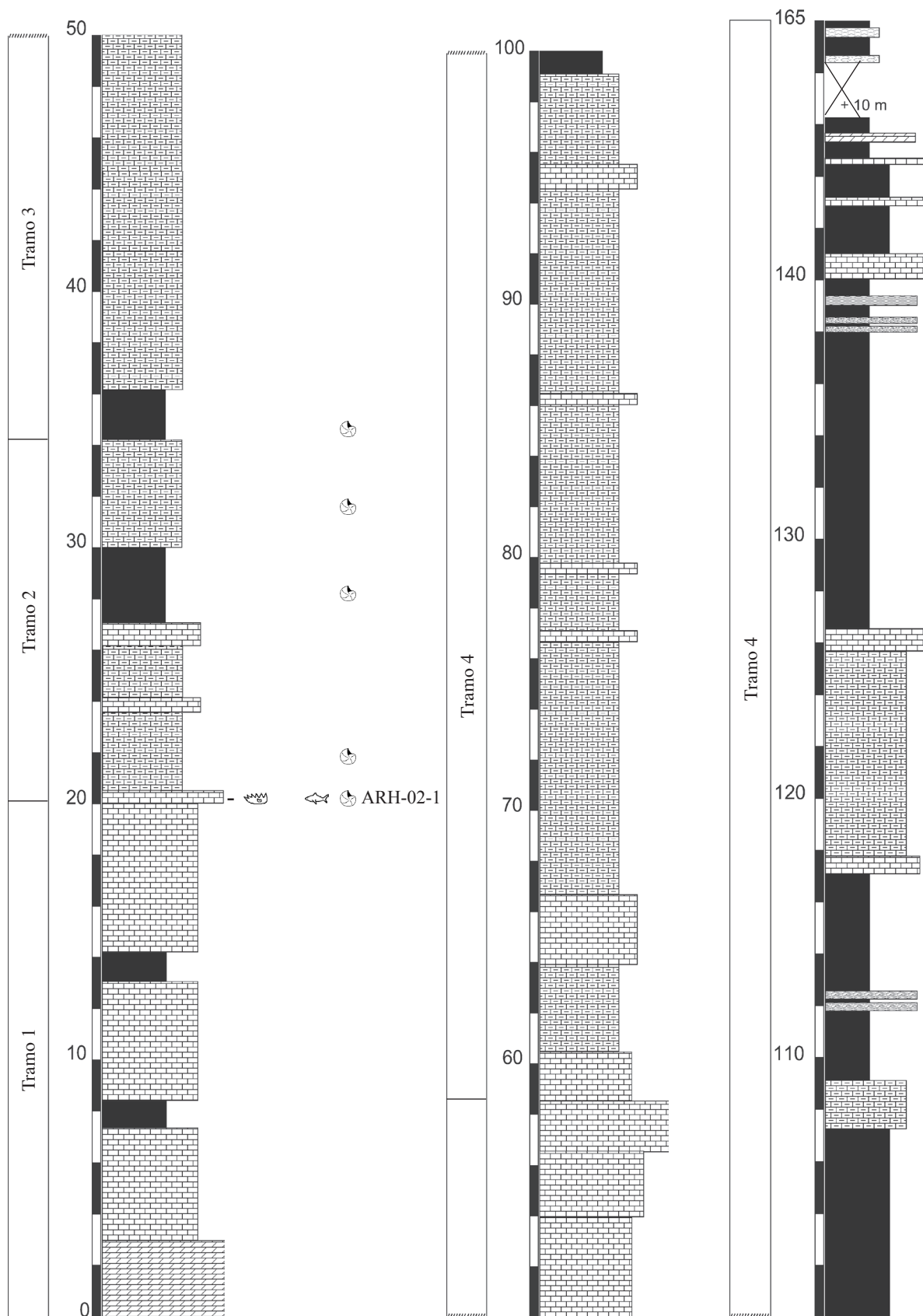


Figura 3.29 - Columna de la sección de Arroyo Hurtado. Modificado de Pérez-Varela, F. (2005)

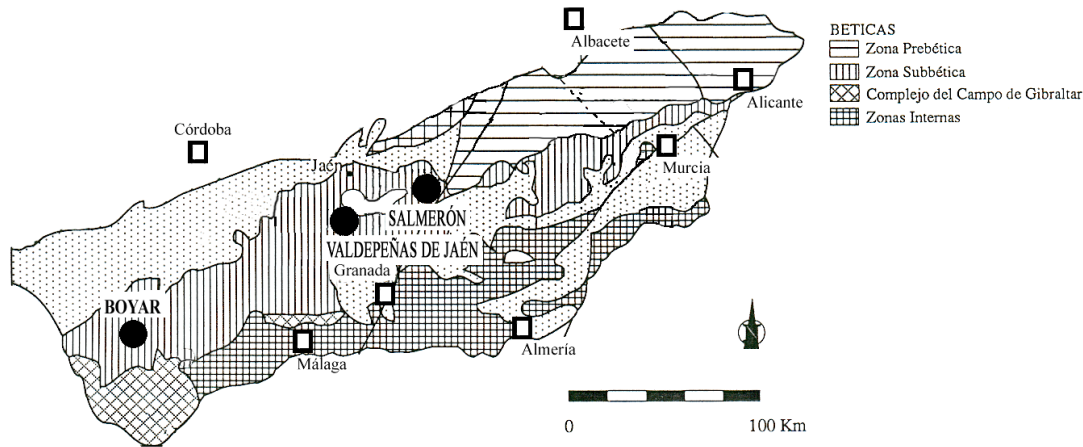


Figura 3.30 - Secciones estudiadas en el Dominio Subbético. Modificado de (2006)

la intercalación de dos niveles en resalte de calizas de potencia decimétrica y con microfacies de mudstone a packstone. El paquete superior presenta perforaciones. A techo aflora un nivel de calizas margosas de 1,5 m de potencia con burrows.

A continuación, hay una serie de niveles lutitas verdes masivas y de textura lajosa, sin bioturbación con intercalaciones de niveles de carniolas no muy potentes (menos de 50 cm). Sobre ellas, se encuentra un nivel decimétrico de calizas con bioturbación. A 118 m de la base de la sección, afloran 7 m de calizas margosas con microfacies mudstone a wackestone. Por encima, aparece un nivel de calizas con bioturbación que se continúa con otros 7 m de lutitas con niveles centimétricos de carniolas intercalados en la parte superior. Por encima aparecen niveles de calizas bioturbadas de potencia decreciente y abundantes bioclastos en alternancia con niveles margosos de 2 m de potencia.

El techo del tramo, con unos 25 m de potencia, representa el tránsito a la facies Keuper. Lo hace de forma gradual, con la presencia de lutitas rojas, niveles centimétricos de dolomías y yesos, estos últimos ya en facies Keuper. Incluye algo más de 10 metros que no afloran.

3.5.2) Materiales del Dominio Subbético (Figura 3.30)

Se divide a su vez, de norte a sur, en los subdominios Subbético Externo, Medio e Interno. Se han estudiado tres secciones, dos de ellas de edad Ladiniense (Valdepeñas de Jaén y Salmerón) y la tercera de edad Carniense (Boyar), situadas en el Subbético Externo y comparables litológicamente con las estudiadas en el Prebético.

3.5.2.1) Sección Valdepeñas de Jaén (Fig. 3.31; Tabla 3.20)

La sección de Valdepeñas de Jaén se encuentra a unos 3,5 km del pueblo del mismo nombre, cerca del cortijo de Capa Bichos y está figurada en el MAGNA 1:50.000 Hoja 969 “Valdepeñas de Jaén”, en las coordenadas 37° 35’ 57”N 3° 50’ 01”O. Ha sido descrita en Pérez-

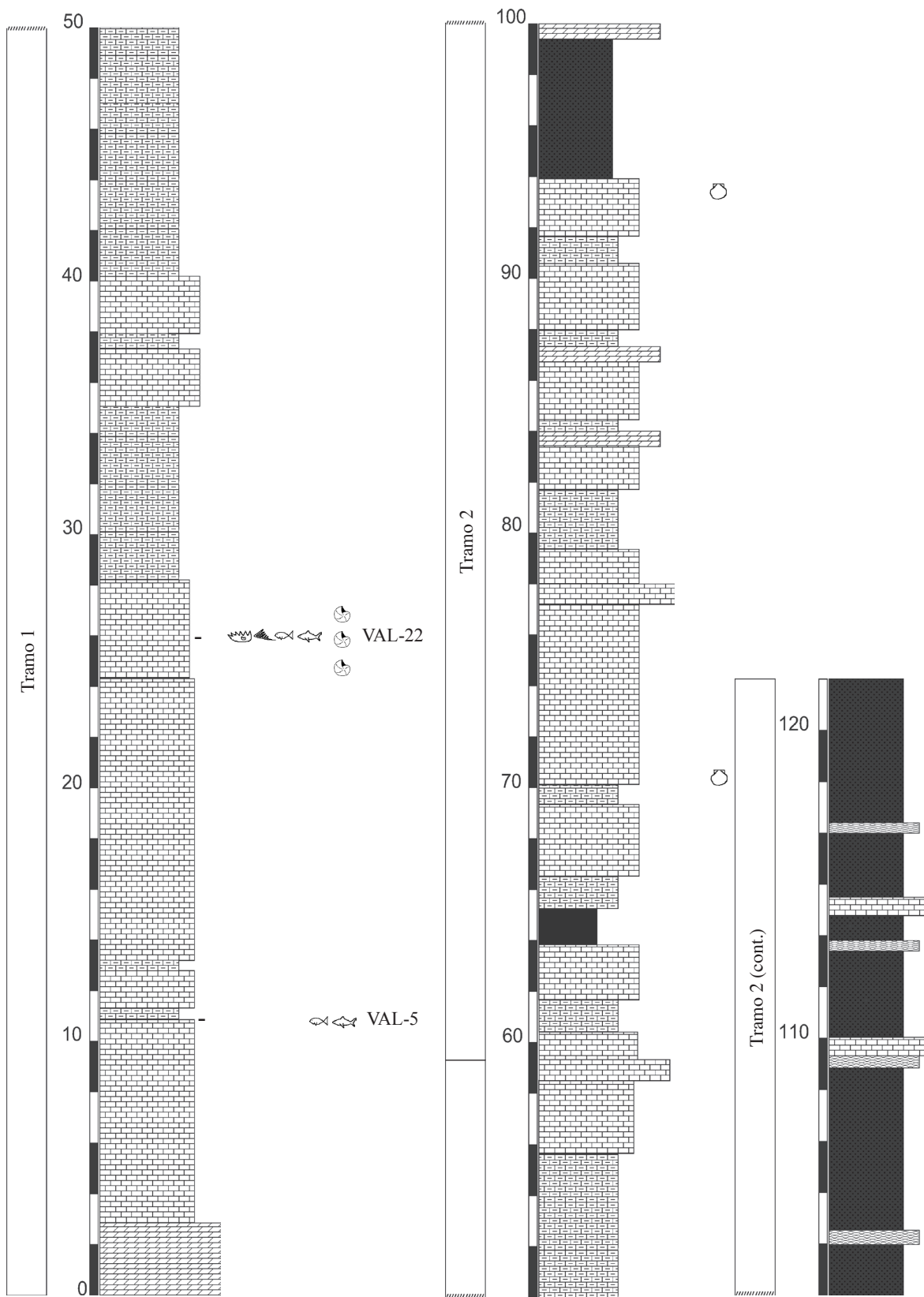


Figura 3.31 - Columna de la sección de Valdepeñas de Jaén. Modificado de Pérez-Varela (2005)

López (1991), Goy & Pérez-López (1996) y Pérez-Varela, F. (2005). La columna tiene una potencia aproximada de 122 m.

Tramo 1: 59 m de potencia. Se corresponde con el Tramo A y B de Pérez-López (1991) y el Miembro Inferior de la Formación Cehegín de Pérez-Valera, F. (2005). A muro aparece un paquete de 3 m de potencia de dolomías laminadas de color oscuro con estratificación ondulada y laminación cruzada planar. Por encima, se sitúa un paquete de calizas grises oscuras laminadas de unos 20 m de potencia que presentan tanto laminación ondulada como paralela, y con dos niveles centimétricos de margocalizas intercalados.

Sobre éste, afloran unos 4 m de calizas nodulosas, en los que Goy & Pérez-López (1996) identifican 8 niveles diferentes con ammonoideos, entre los que determinan *Ptychitidae* sp., que junto a unos probables *Procestes*, *Reitziites* cf. *reitzi* (Böckh) y *Hungarites* sp. les permite suponer que estos niveles corresponden a la parte superior del Illyriense (Anisiense). En estos niveles aparecen también los foraminíferos *Lamelliconus biconvexus* (Oberhauser), *L. multispirus* (Oberhauser), *L. procerus* (Liebus), *T. eomesozoicus*, *Aulotortus planidiscoides* (Oberhauser), *A. praegaschei* (Koehn-Zaninetti), *A. pragsoides* (Oberhauser), *N. ordinata* Trifonova y *Oberhauserella mesotriasica* (Oberhauser) (Márquez y Pérez-López, 2001).

Sobre ellos, siguen 7 m de margocalizas y margas con laminación ondulada. En la parte superior del tramo, un banco de unos 5 m de potencia, está formado por dos niveles de calizas bioturbadas de unos 2 m de potencia, el inferior con laminación ondulada, separados por un nivel de calizas margosas de unos 50 cm de potencia. Por encima, un banco de margocalizas y margas, de color gris y laminación ondulada, formada por estratos de calizas tableadas de potencia centimétrica en alternancia con niveles más margosos, con estructuras de tormentas, *gutter cast* y bioclastos a techo. La parte superior del tramo está compuesta por un nivel de

VALDEPEÑAS DE JAÉN									
	<i>Pseudofurnishius murcianus</i>	Elementos M	Elementos S	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Peso de la muestra (gr)
VAL-22	8	4	3	2	1	1		*	2460
VAL-5					4	5	3		1280

Tabla 3.20 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección de Valdepeñas de Jaén

calizas bioturbadas masivas con burrows y bioclastos. A techo aparece un nivel de calizas con algo más de resalte que el resto y perforaciones. El registro fósil del tramo incluye conodontos, ammonideos y foraminíferos, así como bivalvos.

Tramo 2: 63 m de potencia. Se corresponde con los Tramos C y D de Pérez-López (1991) y con el Miembro Superior de Pérez-Valera, F. (2005). En la parte inferior se observa una alternancia de niveles de calizas bioturbadas de unos 2 m de potencia con otro de 1 m de potencia de calizas margosas con bioclastos y burrows. Un nivel de margas de 1 m de potencia da paso a una alternancia de niveles de calizas margosas de 1 m de potencia con bioclastos y niveles compuestos por calizas bioturbadas y abundantes bioclastos. A 70 m del muro de la sección, en un nivel de calizas bioturbadas, con una potencia de unos 7,5 m, aparecen en su base abundantes restos de bivalvos y en su parte superior estructuras de tormentas con bioclastos. Por encima, se encuentra un nivel de calizas bioturbadas masivas con foraminíferos y *Thalassinoides*. Sobre éste se observan litologías muy variadas, con numerosos niveles en alternancia de calizas nodulosas de hasta 2 m de potencia, otros de calizas margosas con bioclastos de hasta 1 m de potencia, niveles de calizas bioturbadas de hasta 1 m de potencia y niveles de calizas masivas con perforaciones de unos pocos cm de potencia.

El techo del tramo está compuesto principalmente por lutitas rojas, en alternancia con niveles de calizas y carniolas. Estas últimas se van haciendo más frecuente a medida que nos aproximamos a la facies Keuper, tránsito que se produce con rapidez y de manera no demasiado visible.

3.5.2.2) Sección de Salmerón (Fig. 3.32; Tabla 3.21)

La sección de Salmerón se encuentra en un pequeño relieve de calizas de facies Muschelkalk situado en el término municipal de Cabra de Santo Cristo (Jaén), a unos 6 km de la antigua estación de ferrocarril, y está figurado en el MAGNA 1:50.000 Hoja N° 948 “Torres”, coordenadas 37° 39' 51”N 3° 14' 19”O. Ha sido estudiada anteriormente por Pérez-López (1991) y Pérez-Varela, F. (2005). La potencia total es de unos 130 m y se reconocen dos tramos.

Tramo 1: 52 m de potencia. Se corresponde con los tramos 1 a 5 de Pérez-López (1991) y con el Miembro Inferior de la Formación Cehegín de Pérez-Valera, F. (2005). A muro aparece un nivel de 3 m de dolomías oscuras de apariencia masiva, en el que se alternan laminaciones cruzadas y onduladas. Sobre éste se sitúa un banco de calizas bioclásticas de 8 m con textura mudstone, con laminación ondulada en la base del paquete, que pasa a ser paralela en la parte superior. Por encima, se sitúan 17 m formados en la base por calizas dolomíticas laminadas, en alternancia con niveles carbonatados, estando compuesta por calizas margosas en alternancia con margas y con laminación ondulada en niveles centimétricos en su parte superior. A 29 m de la base de la sección, aparece un nivel de 3 m de potencia de calizas nodulosas de espesor decimétrico muy bioturbadas con bioclastos, burrows y restos de ammonideos, en alternancia con un nivel de estructuras de tormentas y *pot* y *gutter cast*. A continuación, se encuentra un

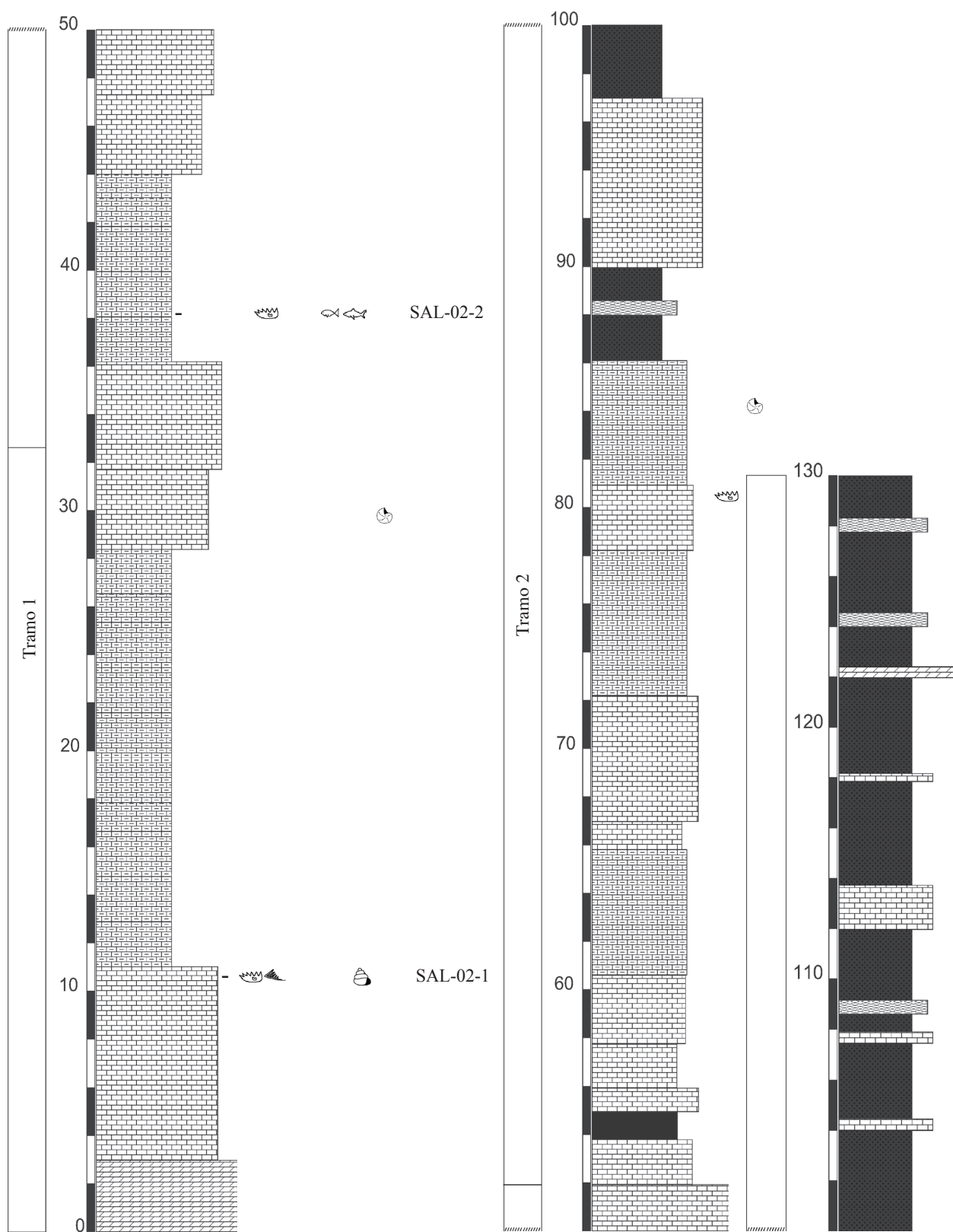


Figura 3.32 - Columna de la sección de Salmerón. Modificado de Pérez-Varela (2005)

SALMERÓN						
	<i>Pseudofurishius murcianus</i>	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Escamas Elasmobranquios	Gasterópodos	Peso de la Muestra (gr)
SAL-02-2	2	1	1	1		1950
SAL-02-1	1				*	2176

Tabla 3.21- Contenido fosilífero de las muestras de la sección Salmerón

nivel de 4 m de potencia compuesto por calizas de color gris, masivas con laminación ondulada y con intraclastos, siendo las calizas de la parte superior nodulosas y con bioturbación. Por encima aparece un tramo de 8 m de calizas margosas grises en alternancia con margas y con laminación ondulada en niveles centimétricos y *pot* y *gutter cast* en los que aparecen bioclastos. Por encima aparece un nivel con una potencia de unos 3 m de calizas nodulosas de estratos de espesor decimétrico muy bioturbadas con bioclastos y burrows. Sobre éste aparece un banco con una potencia de hasta 5 m de calizas grises masivas con laminación onduladas. En la base del mismo se observan burrows y a techo, perforaciones.

Entre el registro fósil del tramo se encuentran conodontos, micro-restos de vertebrados, ammonoideos indeterminados y foraminíferos como *N. ordinata*, *L. multispirus*, *L. procerus*, *T. eomesozoicus*, *Aulotortus planidiscoides*, *A. praegaschei*, *A. pragsoides*, y *Oberhauserella mesotriasica* (Márquez y Pérez-López, 2001).

Tramo 2: 78 m de potencia. Se corresponde con los tramos 6 a 14 de Pérez-López (1991) y con el Miembro Superior de la Formación Cehegín de Pérez-Valera, F. (2005). En la base aparecen dos niveles de calizas masivas grises, en alternancia con un nivel de margas laminadas de aspecto noduloso y bioturbación. Las calizas tienen una potencia de 2 m y 50 cm respectivamente y a techo, las calizas presentan perforaciones y *Thalassinoides*. Por encima, y con 2 m de potencia aparece un nivel de calizas nodulosas con señales de burrows y bioclastos, sucedidos por un nivel de calizas bioclásticas con estructura arriñonada y bioturbación. Por encima, se encuentra un banco de calizas margosas bioturbadas con 6 m de potencia, abundantes bioclastos, bivalvos indeterminados y un nivel con perforaciones a techo. A continuación, y con 5 m de potencia, un nivel de calizas margosas intercalado con estructuras de tormenta y abundantes bioclastos. Las calizas presentan microfacies que pasan de mudstone a wackestone. Por encima, un nivel de 1 m de calizas nodulosas con abundantes estructuras de burrows. Le

sigue un nivel de 5 m de potencia formado por un banco de calizas grises bioclásticas con burrows y abundantes bivalvos, con perforaciones de *Thalassinoides* a techo. Sobre este, y con una potencia de unos 6 m, se localiza un nivel de calizas margosas intercalados con niveles de margocalizas con estructuras de tormenta y abundantes bioclastos en la parte inferior. Las calizas presentan microfacies que pasan de mudstone a wackestone. A continuación, un nivel de calizas nodulosas con abundantes estructuras de burrows y con una potencia de unos 2 m, y en el que Pérez-López (1991) cita la presencia de *Ps. murcianus*. Justo por encima aparece un nivel de 5 m de potencia formado por calizas margosas bioclásticas con ammonoideos no determinados. Continúa la serie con un nivel de 4 m de potencia de lutitas con un nivel intercalado de carniolas. Por encima, y con unos 7 m de potencia aparece un banco de calizas bioturbadas con abundantes bioclastos y bivalvos como *Bakevellia* sp., *C. goldfussi* y "*P.*" *teruelensis* (Pérez-López, 1991), así como el conchostraceo *Estheria minuta*.

La parte superior está compuesta principalmente por lutitas, en alternancia con niveles de calizas masivas de entre 1 a 2 m de potencia con gran resalte, un nivel con dolomías de 50 cm de potencia y varios niveles de carniolas en la parte superior. El tránsito a facies Keuper se produce a lo largo de la parte superior de éste tramo.

3.5.2.3) Sección de Boyar (Fig. 3.33; Tabla 3.22)

La sección de Boyar se encuentra en el MAGNA 1:50.000 Hoja 1050 "Ubrique", en las coordenadas de la base 36° 44' 49" N 5° 25' 12" O. La sección se haya situada en el Corredor de Boyar, entre las localidades de Ubrique y Grazalema, en la provincia de Cádiz. La sección correspondiente al Triásico fue estudiada inicialmente por Hoppe (1968) y Chauve (1968), que reconocen varios niveles con bivalvos, gasterópodos y nautiloideos en el conjunto carbonatado inferior incluyéndolo en la parte más alta del Muskelkalk superior, atribuido al Ladiniense. Más adelante, el trabajo de Martín-Algarra *et al.* (1995) amplía notablemente el conocimiento de la sección y establece para las asociaciones de bivalvos encontradas una edad Carniense. Los autores identifican también polen, que sirve para caracterizar la sección como Carniense Superior (Tuvaliense).

La columna tiene una potencia de unos 130 m, y la división que presentamos aquí en 4 tramos se ha realizado tomando en consideración las subdivisiones presentadas por Martín-Algarra *et al.* (1995).

Tramo 1: unos 25 m de potencia. Se corresponde con el Tramo inferior de la Unidad Inferior de Martín-Algarra *et al.* (1995). En la base aparecen un nivel de calizas seguido por tramos de margas y dolomías estratificadas en bancos de espesor decimétrico y de color blanco a gris. Por encima, los tramos dolomíticos son más margosos y de colores amarillentos. Intercalados con niveles dolomíticos aparecen paquetes arcillosos con areniscas verdosas y rojizas, con laminación cruzada y de grano fino. Yesos de color rosa están normalmente rellenando facturas. Por último y a unos 20 m de la base, afloran 5 m de lutitas negras parcialmente cubiertas.

Tramo 2: unos 37 m de potencia. Se corresponde con el Tramo medio de la Unidad Inferior de Martín-Algarra *et al.* (1995). Está formado en la parte inferior por la alternancia de niveles decimétricos de calizas tableadas, con algunos niveles margosos y esporádicas intrusiones dolomíticas. Las calizas son de facies micríticas y a veces bioturbadas, con algunos niveles fosilíferos, compuesto principalmente por bivalvos. Las dolomías son de color amarillento a gris oscuro, apareciendo los paquetes más gruesos en la parte superior del tramo, llegando a tener una potencia de 3 m, presentando un aspecto cristalino y facies calcareníticas. Entre el registro fósil del tramo se encuentran conodontos, micro-restos de vertebrados (elasmobranquios y actinopterigios), gasterópodos, braquiópodos (*Lingula* sp.) y bivalvos (*P. ostracina*, *P. plana* (Giebel), *Enantiostreon* sp., *C. goldfussi*, *Entolium* cf. *subdemissum* (Münster), *Entolium* sp., *G. joleaudi*, *Septihornesia* cf. *joannisaustriacae* (Klipstein), *Bakevelia gassingensis* Alberti, *Bakevellia* sp., *Chlamys* cf. *subequicostatus*, *Chlamys* sp., *P. gregaria*, *Pseudocorbula* sp., *Paleonucula* cf. *strigilata* (Goldfuss), *Modiolus* sp., *Ps. ostracina* y *Unionites muensteri* (Wissmann).

Tramo 3: unos 8 m de potencia. Se corresponde con el Tramo superior de la Unidad Inferior de Martín-Algarra *et al.* (1995). Parcialmente cubierto, está formado por niveles de margas y arcillas verdosas, con intercalaciones de calizas margosas y dolomías.

Tramo 4: potencia de unos 60 m. Se corresponde con los Tramos inferior, medio y superior de la Unidad Superior de Martín-Algarra *et al.* (1995). En la parte inferior aparecen

BOYAR								
	<i>Sephardiella</i> cf. <i>mostleri</i>	Escamas Actinopterigios	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Escamas Elasmobranquios	Dientes Elasmobranquios	Gasterópodos	Peso de la muestra (gr)
92A42			1	4				3035
92A41			3	1				2180
92A40	2		4	3				5781
92A39			2					2443
92A38			8	4				1970
92A36			2				2	2333
92A35			10	1	2	2	23	2156
92A33		2	12	5			2	3577

Tabla 3.22 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Boyar

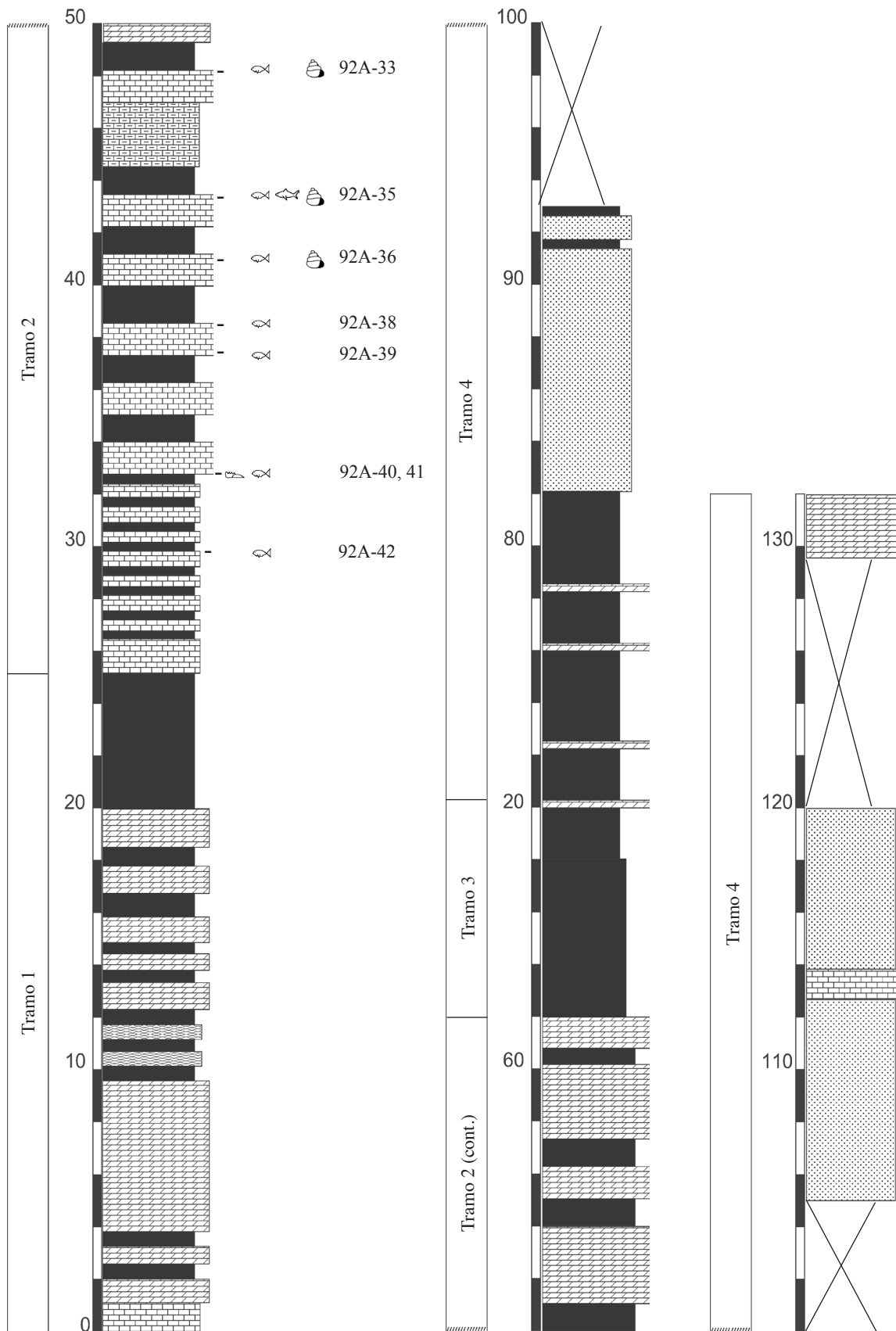


Figura 3.33 - Miembro Superior de la sección de Boyar. Modificado de Martín-Algarra *et al.* (1995).

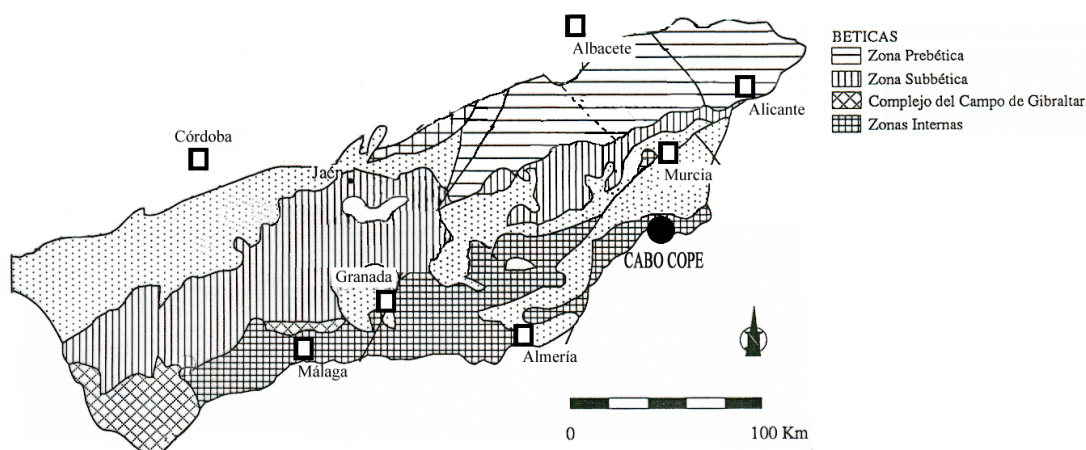


Figura 3.34 - Secciones estudiadas en las Zonas Internas. Modificado de Márquez-Aliaga y Martínez (1996)

arcillas verdes y rojas, con dolomías amarillentas intercaladas con abundante polen de edad Carniense. A 12 m de la base del tramo aparece un banco de areniscas cuarzosas amarillentas y anaranjadas de 9 m de potencia, con grano fino y laminación cruzada que pasa a grano medio y estratificación cruzada tabular en la parte de arriba. A continuación aparece un nivel de areniscas finas con laminación cruzada y color rojo, con intercalaciones de arcillas negras. Sobre éste, un nivel de dolomías de color ocre. La parte superior del tramo está mal expuesta, muestra litofacies compuestas por arcillas abigarradas con niveles de yesos, areniscas esporádicas y dolomías tableadas intercaladas.

3.5.3) Zonas Internas (Fig. 3.34)

Las Zonas Internas se componen de tres complejos tectónicos superpuestos, el inferior se denomina Nevado-Filábride, sobre el que se sitúa el Complejo Alpujarride y sobre éste, el Complejo Maláguide.

3.5.2.1) Sección de Cabo Cope (Fig. 3.35)

La sección de Cabo Cope se encuentra en el MAGNA 1:50.000 Hoja N° 997B “Cope”, en las coordenadas $37^{\circ} 25' 21''\text{N } 1^{\circ} 29' 32''\text{O}$. La localidad se encuentra al noreste de la localidad de Águilas, en la provincia de Murcia.

La sección correspondiente al Triásico de la Unidad Cabo Cope, estudiada anteriormente por Márquez *et al.* (2000), Pérez-López *et al.*, (2003) y Goy *et al.* (2005), se puede subdividir en 2 miembros. El miembro inferior, detrítico, tiene una potencia de unos 70 m, y está formado principalmente por lutitas rojas con intercalaciones de areniscas con laminación paralela y ripples. A techo, aparecen capas de yesos con laminación fina y con intercalaciones de lutitas grises. El miembro superior es carbonático, tiene una potencia de unos 51 m, está formado por dolomías, calizas y calizas margosas y es al que pertenecen los materiales estudiados en esta memoria. A su vez, en este miembro superior distinguimos dos tramos:

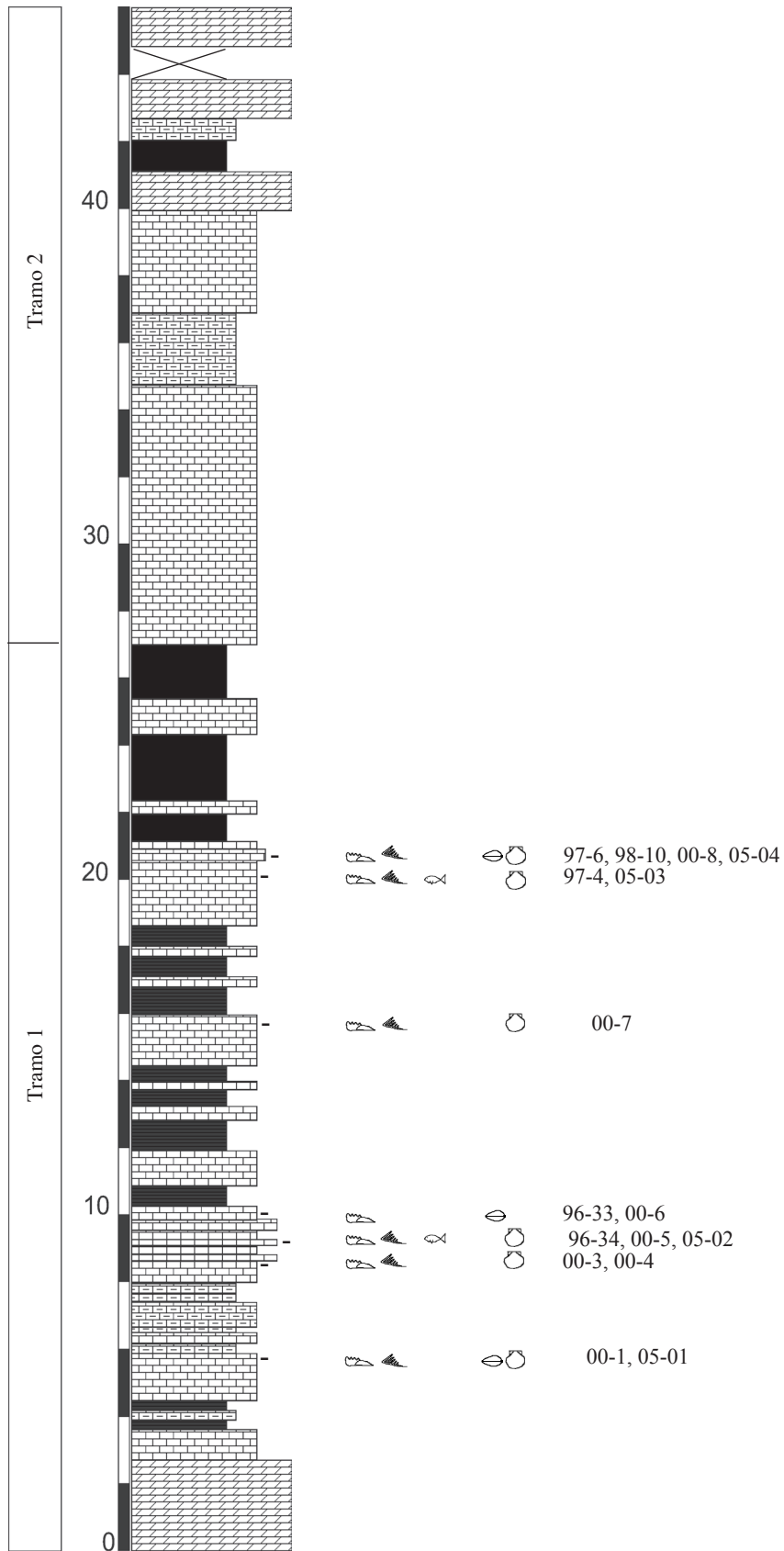


Figura 3.35 - Miembro superior carbonático de la sección de Cabo Cope. Modificada de Pérez-López *et al.* (2003)

CABO COPE									
	<i>Sephardiella mungoensis</i>	Elementos M	Elementos S	Dientes Actinopterigios	Fragmentos	Poríferos	Braquiópodos	Bivalvos	Peso de la muestra (gr)
05-04	1								3120
00-8							*		1006
98-10	8		4		4				1260
97-6								*	800
05-03								*	2350
97-4	2		1					*	3950
00-7	2		1	1	?	*			4854
00-6							*		939
96-33									700
05-02								*	2350
00-5	2				?				1953
96-34	2	1							660
00-4	1						*	*	600
00-3	2		1				*		671
05-01							*		2200
00-1	1		1			*	*	*	1373

Tabla 3.23 - Contenido fosilífero de las muestras de la sección Cabo Cope

Tramo 1: unos 27 m de potencia. A muro de la sección aparece un banco masivo de 3 m de potencia de dolomías con mantos algales, que se relaciona con ambientes intermareales. El resto del tramo consiste en la alternancia de niveles de calizas, calizas nodulosas, calizas bioclásticas, calizas margosas y margas laminadas o lutitas.

Por encima del banco dolomítico basal, y tras unos niveles en alternancia de calizas y margas laminadas, afloran con 2 m de potencia de calizas nodulosas, en las que aparece un primer resalte con registro fósil a techo, que consiste en moldes de bivalvos y conodontos.

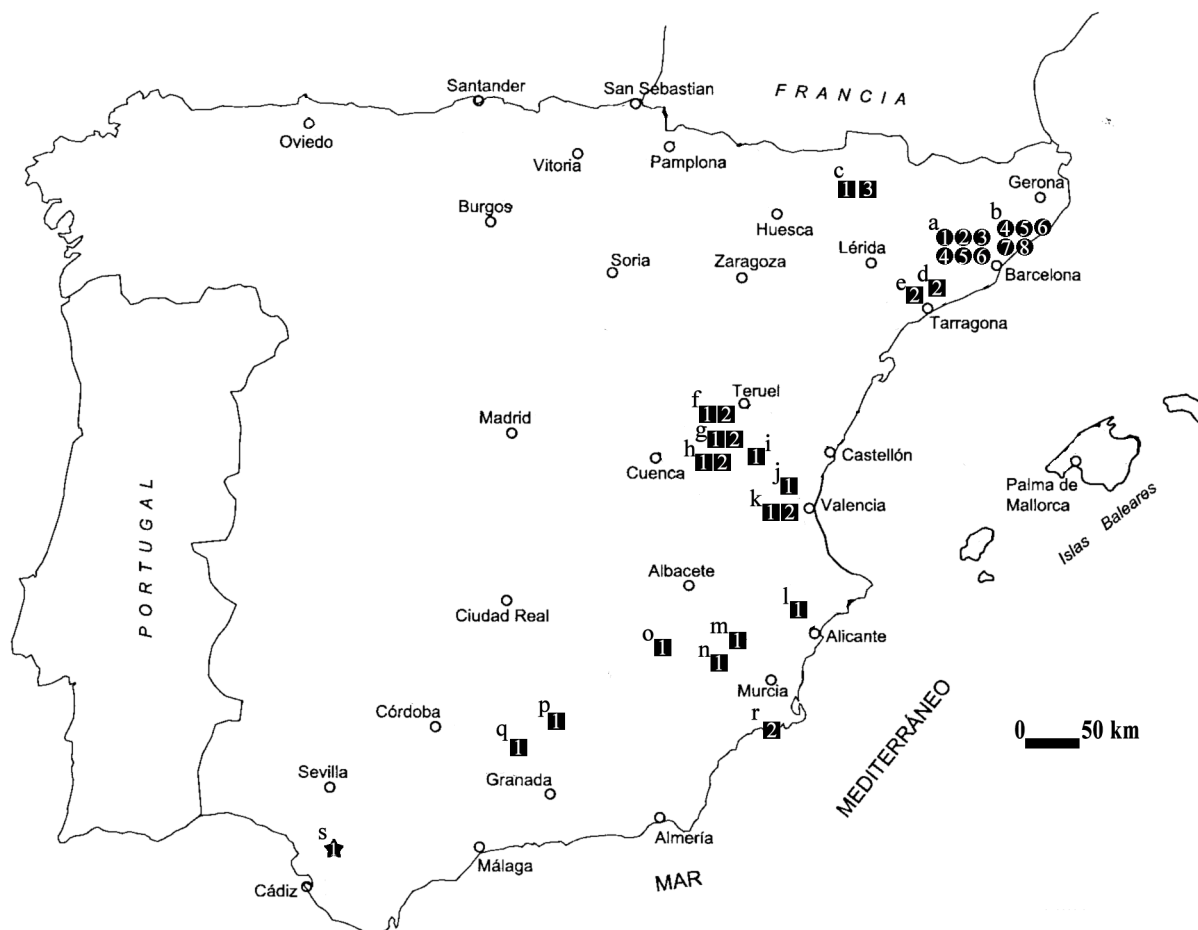
A continuación, tres pequeñas niveles decímetros de margocalizas laminadas en alternancia con un nivel de calizas y otro de calizas margosas de 1 m de potencia. Sobre ellos, entre 9 m y 11 m de la base afloran niveles de calizas en alternancia con 3 bancos de unos 50 cm de

calcarenitas bioclásticas que contienen registro fósil de bivalvos, peces y conodontos. Sobre estos resaltes, aparecen en alternancia niveles de margas laminadas de algo menos de 1 m de potencia con niveles decimétricos de calizas. A unos 14 m de la base del tramo se sitúa un nivel de unos 2 m de potencia de calizas en que, a techo, se registran bivalvos. Por encima, se sitúan niveles de menos de 1 m de potencia de margas laminadas en alternancia con niveles de calizas decimétricos, apareciendo sobre ellos un nivel de unos 2 m de potencia de calizas. En la parte superior del tramo se sitúa, a casi 21 metros de la base, y con una potencia de unos 20 cm, un nivel de calizas bioclásticas con bastante resalte. Por encima continúa la alterancia de margas y calizas

Entre el registro fósil encontrado a lo largo del tramo destaca el conodonto *S. mungoensis*, micro-restos de vertebrados (actinpterigios), bivalvos como *Daonella lommeli* (Wissmann) y *Posidonia wengensis* (Wissmann), braquiópodos como *Coenothyris* sp., foraminíferos como *Oberhauserella mesotriassica* (Oberhauser) y *Nodosaria* sp. y el ammonoideo *Ceratites* sp, restos de radiolarios y fragmentos de espículas de esponjas. Esta asociación da una edad Ladiniense Superior (Longobardiense) para los niveles con ammonites del tramo.

Tramo 2: 19 m de potencia, en la base, con un potente tramo de unos 8 m de potencia de calizas masivas continuado por un unos 2 m de calizas margosas tableadas con laminación ondulada. Siguen unos 4 m de calizas nodulosas, interpretadas como depósitos de lagoon y con bioturbación en la parte superior del mismo, que da paso a una serie de niveles dolomíticos de 1 m de potencia que contactan en discordancia con los materiales jurásicos.

Figura 3.36 - Situación geográfica de las secciones donde han aparecido elementos conodontales



Legenda:

● Especies del Anisiense. 1) *P. bulgarica* 2) *P. bifurcata* 3) *P. hanbulogi* 4) *N. constricta*
5) *N. cornuta* 6) *N. excentrica* 7) *N. longa* 8) *N. basisymmetrica*.

■ Especies del Ladiniense. 1) *Ps. murcianus* 2) *S. mungoensis* 3) *S. truempyi*

★ Especies del Carniense. 1) *S. cf. mostleri*

Localidades: a) L'Ametlla b) Olesa c) Alós de Balaguer d) Tivissa e) Rasquera-Benifallet
f) Calanda g) Libros h) Henarejos i) Moya j) Montserrat k) Bugarra l) Espejeras m) Calasparra
n) Canara o) Arroyo Hurtado p) Valdepeñas de Jaén q) Salmerón r) Cabo Cope s) Boyar.

Tabla 3.1a-c) *TABLA SINTÉTICA DE RANGOS BIOESTRATIGRÁFICOS DE ESPECIES DE CONODONTOS EN LAS SECCIONES ESTUDIADAS EN LA PENÍNSULA IBERICA*

a) Cordilleras Pirenaica y Costero Catalanas	Anisiense	Ladiniense	
	<i>Illyriense</i>	<i>Fassaniense</i>	<i>Longobardiense</i>
<i>N. basysimmetrica</i>	████████		
<i>N. constricta</i>	████████		
<i>N. cornuta</i>	████████		
<i>N. excentrica</i>	████████		
<i>N. longa</i>	████████		
<i>P. bifurcata</i>	████████		
<i>P. bulgarica</i>	████████		
<i>P. hanbulogi</i>	████████		
<i>Ps. murcianus</i>		████████████████	
<i>S. truempyi</i>		████████████████	
<i>S. mungoensis</i>			████████████████
Pirineos		Alós de Balaguer	
Costero-Catalana	Olesa, L'Ametlla		Rasquera-Benifallet, Tivissa

b) Cordillera Ibérica	Anisiense	Ladiniense	
	<i>Illyriense</i>	<i>Fassaniense</i>	<i>Longobardiense</i>
<i>Ps. murcianus</i>		████████████████████	
<i>S. mungoensis</i>			████████████████████
		Calanda, Libros, Henarejos, Moya, Bugarra, Montserrat	

c) Cordilleras Béticas	Anisiense	Ladiniense		Carniense
	<i>Illyriense</i>	<i>Fassaniense</i>	<i>Longobardiense</i>	<i>Juliense</i>
<i>Ps. murcianus</i>	████████████████	████████████████	████████████████	
<i>S. mungoensis</i>			████████████████	
<i>S. cf. mostleri</i>				████████
	Calasparra	Calasparra	Espejeras, Calasparra, Canara, Arroyo Hurtado, Valdepeñas de Jaén, Salmerón, Cabo Cope	Boyar

LÁMINAS

LÁMINA 3.1

Cordillera Costero-Catalana

Figura 1 - Detalle de la sección L'Ametla (Tarragona)

Figura 2 - Vista general de los materiales de la misma sección

Figura 3 - Detalle de la Formación Rasquera cerca de la sección Benifallet-Rasquera.

Cordillera Ibérica

Figura 4 - Vista general de la sección de Libros

Figura 5 - Vista general de los materiales Triásicos de Libros

LÁMINA 3.1



LÁMINA 3.2

Cordillera Ibérica

Figura 1 - Vista general de la sección de Henarejos

Figura 2 - Detalle del nivel He-18 de la misma sección

Figura 3 - Vista general de la sección de Moya

Figura 4 - Detalle con los niveles del tramo superior de la misma

Figura 5 - Vista general de la sección de Calanda

Figura 6 - Detalle de parte de los materiales triásicos de la sección

LÁMINA 3.2



LÁMINA 3.3

Figura 1 - Vista general del tramo superior de Bugarra

Figura 2 - Detalle del tramo más marino de la sección

Figura 3 - Vista general de la sección de Calasparra

Figura 4 - Detalle de la parte inferior de la sección, con los tres resaltes

Figura 5 - Detalle de la parte superior de la sección de Cabo Cope

Figura 5 - Detalle de la parte inferior de la misma sección

LÁMINA 3.3



