

# Cartografía geológica y estructuración tectónica del sector comprendido entre Pollença y la Bahía de Pollença (Mallorca)

J. M.<sup>a</sup> López-García

Instituto Geológico y Minero de España. Oficina de Proyectos de Palma de Mallorca, Ciudad de Querétaro s/n, 07071 Palma de Mallorca. E-mail: mallorca@itge.mma.es

## RESUMEN

Los materiales estructurados del Mesozoico y del Terciario pre y sinorogénico que constituyen la Sierra de Tramuntana en la isla de Mallorca quedan ocultos en su extremo septentrional por el tapiz de sedimentos cuaternarios que se extienden entre la localidad de Pollença y la línea de costa. La búsqueda de recursos de agua subterránea en esta zona para el abastecimiento público ha motivado la realización de varios sondeos de investigación hidrogeológica (IGME –Junta d’Aigües de Balears) para determinar la geometría de las estructuras en el subsuelo y facilitar la localización de dichos recursos. La interpretación de dichos sondeos y la realización de una cartografía de afloramientos detallada ha permitido elaborar un modelo estructural de la zona. Se ha establecido una división estructural en cinco láminas cabalgantes principales (Ternelles, Tomir, María-Santuari, Axartell y Son Vila-Es Fangar) y una unidad de menor entidad (escama de Mal Any). Se ha interpretado el contacto tectónico entre las láminas de Tomir y María-Santuari con la lámina de Axartell como una falla premiocena reactivada como inversa durante el Mioceno, y la presencia de afloramientos liásicos “colgados” (Unidad Carlar-Almadrava) sobre el Jurásico medio-superior de la lámina de Axartell a partir de un modelo de funcionamiento de fallas lístricas premiocenas.

Palabras clave: Estratigrafía, Mallorca, Pollença, Sierra de Tramuntana, Unidades estructurales.

## ***Geological mapping and tectonical structuration of Pollença - Pollença bay sector (Majorca)***

### ABSTRACT

*Both Mesozoic and pre-orogenic Tertiary materials of the Sierra de Tramuntana in Majorca Island are covered by quaternary sediments in the north edge of the range, close to Pollença village and the coastline. The scarcity of groundwater supply in this area has justified an hydrogeological research by geological drilling (IGME – Junta d’Aigües de Balears) in order to improve the knowledge of the underground structural geometry. This paper presents a new interpretation of some drills and a new geological mapping that includes the scatter materials outcropping in quaternary sediments that leads a structural model in the studied area. Five thrust sheets (Ternelles, Tomir, María-Santuari and Son Vila-Es Fangar) and a minor unit (Mal Any) have been identified in the working area. Dolomitic outcrops placed on middle-upper Jurassic of Tomir Sheet have been interpreted as a new allochthonous unit (Carlar-Almadrava) placed by pre-Miocene listric faulting, and the mechanical limit between María-Santuari Sheet and Tomir Sheet has been interpreted by pre-Miocene normal faulting previous to Miocene inversion tectonics.*

*Key words: Majorca, Pollença, Stratigraphy, Structural Units, Tramuntana Range.*

## INTRODUCCIÓN

La zona estudiada en el presente trabajo se encuentra situada en el extremo septentrional de la unidad morfoestructural que constituye la Sierra de Tramuntana, la cual recorre la isla de Mallorca en todo su margen noroccidental y que

se caracteriza por sus acusados relieves y su compleja arquitectura geológica. El entorno de la localidad de Pollença representa una excepción en el conjunto montañoso, produciéndose el enlace progresivo con la Bahía de Pollença mediante una serie de valles y zonas llanas en las cuales los afloramientos rocosos son muy esca-

Los yacimientos se encuentran enmascarados en gran medida por los recubrimientos cuaternarios que tapizan las zonas más deprimidas. Por este motivo, las cartografías geológicas que durante décadas se han venido realizando sobre la isla de Mallorca por diferentes autores (Fallot, 1923; Batlle, 1971; Del Olmo *et al*, 1991; Gelabert, 1997; ITGE, 1991, etc.) muestran una carencia de datos que permitan una reconstrucción estructural detallada de este sector.

Por otra parte, la creciente presión demográfica del área, enclavada en una zona eminentemente turística, ha supuesto un progresivo aumento en la demanda de recursos naturales, en especial

para el abastecimiento de agua potable, en una zona donde los recursos son reducidos y de mala calidad debido a la intrusión marina.

La solución a este problema exige la adecuación de la infraestructura básica del conocimiento geológico-hidrogeológico en la zona, para lo cual el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) mediante acuerdo específico con la Dirección General de Recursos Hídricos del Govern Balear ha realizado un total de nueve sondeos de investigación hidrogeológica en el término municipal de Pollença, de los cuales seis quedan englobados dentro del área que cubre el presente trabajo. La recuperación de testigos continuo ha permitido

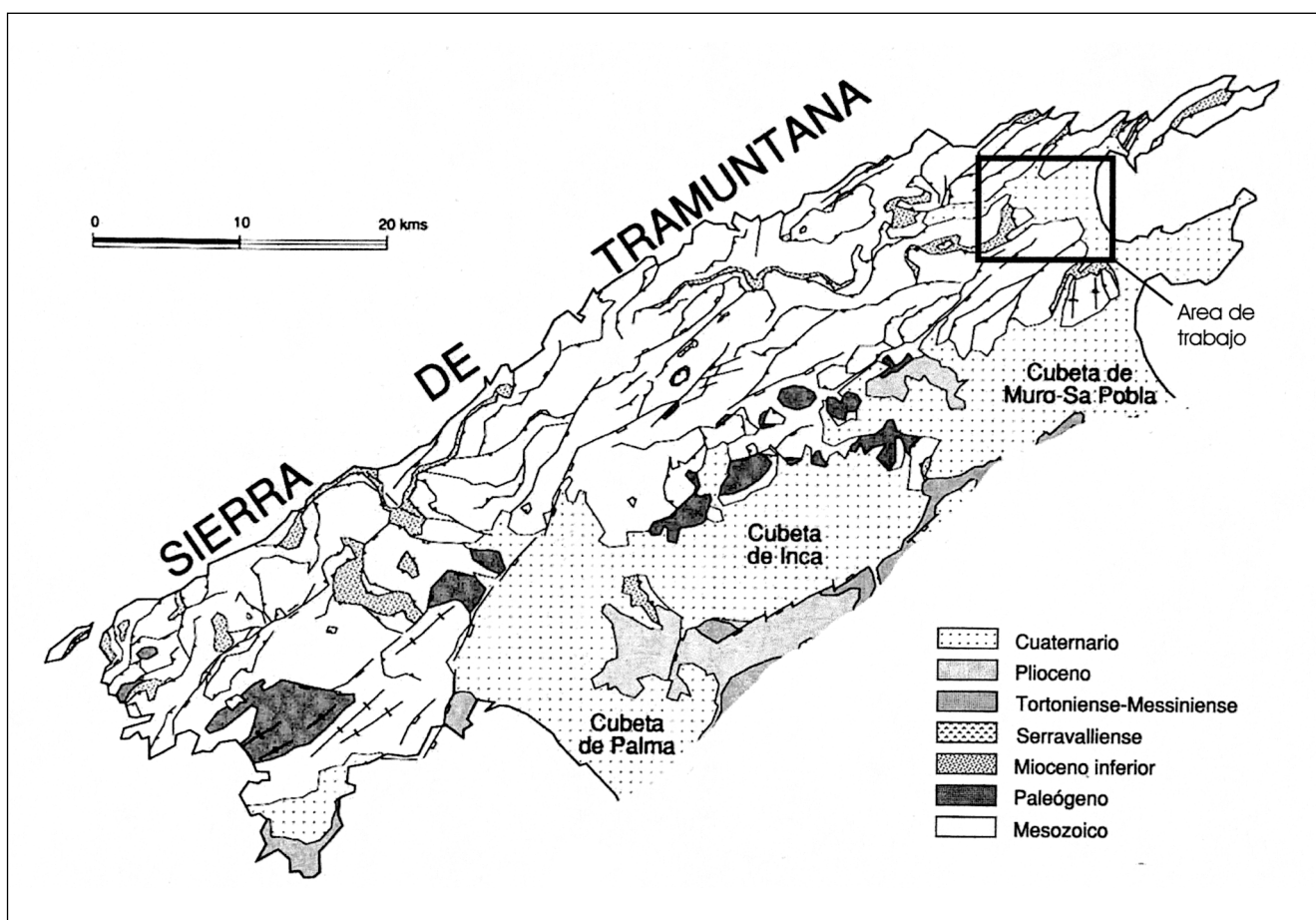


Figura 1: Esquema geológico de la Sierra de Tramuntana (Isla de Mallorca), y situación del área de trabajo (modificado de Gelabert, 1997).

Figure 1: Geological sketch of the Sierra de Tramuntana (Majorca island) and location of the working area (modified from Gelabert, 1997).

el seguimiento detallado de las litologías atravesadas y la identificación de las diferentes unidades estratigráficas.

El presente trabajo constituye una aportación al conocimiento geológico y estructural del entorno de la localidad de Pollença integrando una cartografía detallada de los afloramientos rocosos dispersos que se encuentran en este área, para la cual se tomó como base de partida la cartografía geológica-estructural más reciente de la Sierra de Tramuntana (Gelabert, 1997), con los datos obtenidos por los sondeos de investigación hidrogeológica realizados en la zona (ITGE, 1996-2000). Con ello se pretende llevar a cabo una actualiza-

ción del conocimiento estructural de la zona que permita explicar las complejas relaciones observadas entre las diferentes unidades cartográficas como una herramienta básica para sucesivos trabajos, en especial aquellos conducentes a una mejor comprensión del funcionamiento hidrogeológico de la zona.

### ESTRATIGRAFÍA

El área cartografiada cubre una superficie total próxima a los 30 km<sup>2</sup> dentro del sector septentrional de la Sierra de Tramuntana. Esta zona engloba materiales geológicos cuyas edades

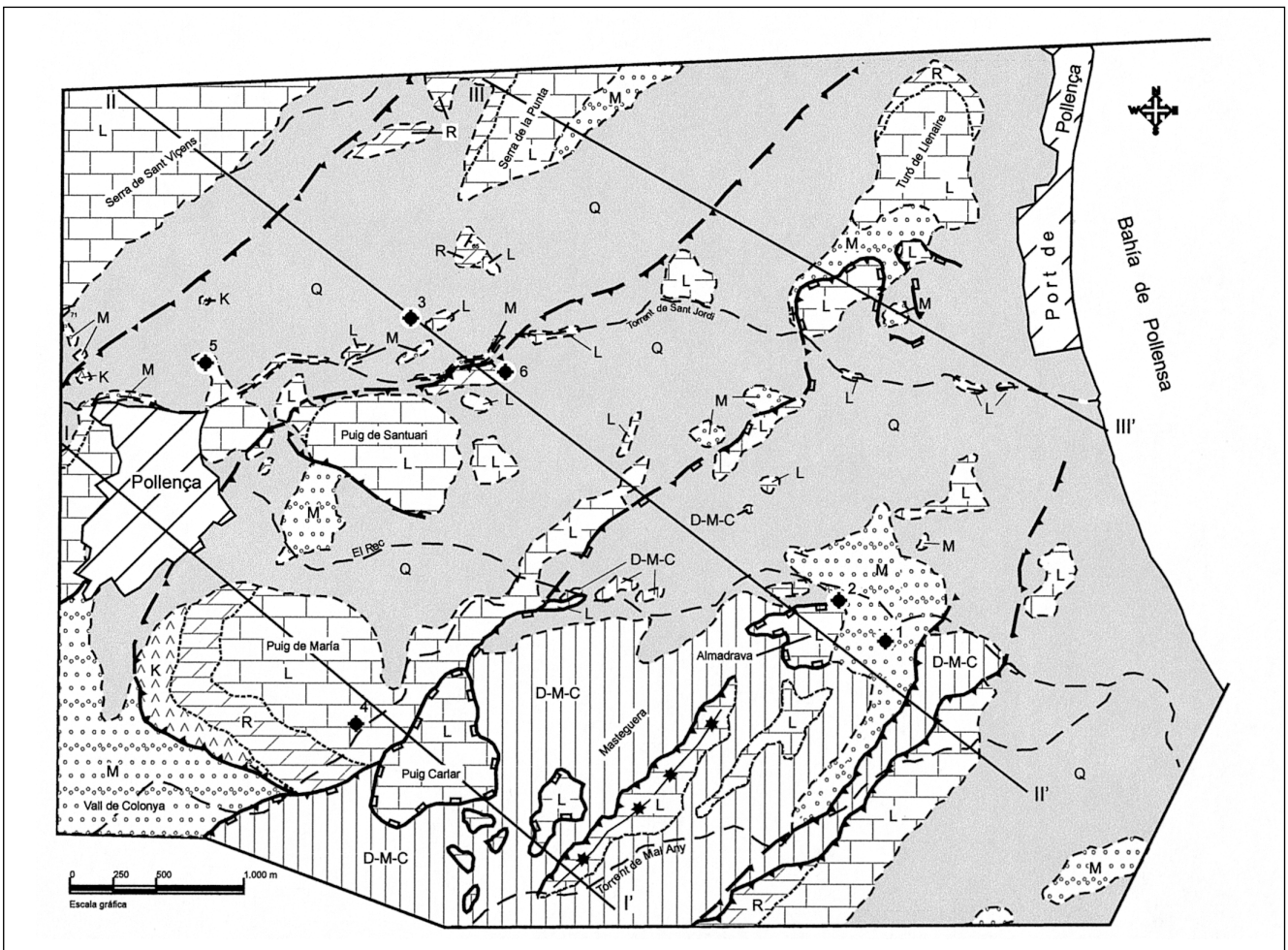


Figura 2: Mapa geológico simplificado del sector Pollença – Bahía de Pollença. Los números corresponden a los sondeos de la figura 3.

Figure 2: Simplified geological map of Pollença – Pollença Bay sector. Drill numbers are plotted on figure 3.



comprenden desde el Triásico superior en facies Keuper hasta el Cuaternario, con relieves principales que corresponden a materiales dolomíticos y calizos del Jurásico inferior y zonas más suaves formadas por sedimentos del Jurásico medio-superior y Cretácico, y finalmente del Mioceno inferior.

La bibliografía existente al respecto es muy extensa, si bien cabe destacar los trabajos realizados por Dasder (1914), Fallot (1922), Colom (1947, 1975), Mataillet y Pechoux (1978), Rodríguez-Perea *et al.* (1987), Alvaro *et al.* (1982, 89), Batlle *et al.* (1972), Colom y Rangheard (1973), Batlle (1971), Rodríguez-Perea (1981, 84, 86), Pomar *et al.* (1983), Rodríguez-Perea y Pomar (1983), Ramos-Guerrero *et al.* (1989), y Ferrús (1990), para el conjunto de materiales mesozoicos (Triásico, Jurásico y Cretácico) y del Mioceno inferior que se pueden reconocer en la zona cartografiada en este trabajo.

### Triásico superior (Facies Keuper)

Compuesto por arcillas rojas, yesos y rocas volcánicas se presenta en afloramientos muy reducidos asociados a la base de las principales estructuras tectónicas de la zona. Dado su carácter poco competente dan lugar a zonas deprimidas y recubiertas por suelos arcillosos que evolucionan a partir de la litología propia de esta unidad. En la cartografía se observan en el sector meridional del Puig de María, al sur de la localidad de Pollença, y de forma poco clara en algunos puntos del valle situado al norte de dicha localidad, en dirección a la Cala de Sant Vicenç. Sus características litológicas se pueden reconocer en los testigos de los sondeos Cuixach y Can Calent que han atravesado esta unidad, tal y como queda reflejado en la figura 3. Se trata principalmente de un conjunto arcilloso, con intercalaciones dolomíticas y margosas en tránsito hacia los materiales del Rethiense, siendo su contacto difícil de precisar cuando no aparecen yesos o rocas volcánicas, características de la facies Keuper en la Sierra de Tramuntana. Su potencia puede ser muy variable debido a la laminación tectónica que presentan, a su grado de deformación interna y posiblemente a su carácter incompleto dado que constituye el nivel

de despegue de las unidades cabalgantes, si bien en origen se estiman del orden de 175 a 300 metros de espesor.

### Triásico superior (Rethiense)

Formado por dolomías tableadas, dolomías margosas y margas dolomíticas, constituyen el primer relieve destacable en la base de los principales cabalgamientos de la zona. Aflora en las laderas septentrionales de la Serra de la Punta, del Turó de Llenaire, al noroeste de la localidad de Pollença y en las laderas occidentales del Puig de Santuari y del Puig de María, así como en otros afloramientos de menor entidad. Se trata de un conjunto fundamentalmente dolomítico, bien estratificado, que alterna con niveles margosos, tal y como se puede reconocer en los sondeos de Can Calent, Can Musqueroles, Cuixach, y Lloquet. Su potencia, según diversos autores puede oscilar entre los 100 y los 175 metros, si bien en el sondeo Can Calent se han reconocido del orden de los 200 m para esta unidad. Estos materiales corresponderían a la Formación Felanitx de Alvaro *et al.* (1989).

### Lías

Constituido por brechas dolomíticas y dolomías carniolares en la base, y calizas bioclásticas y cuarzoarenitas a techo, forman la culminación de los relieves más destacados: Serra de Sant Vicens en el extremo noroccidental del área cartografiada, El Calvari en Pollença, el Puig de María y el Puig de Santuari, el Puig de Calar y el Puig d'Almadrava, el extremo meridional de la Serra de la Punta y los relieves más acusados del Turó de Llenaire. Existe otro conjunto de afloramientos generalmente dispersos y arrasados que se extienden por las zonas llanas, ocasionalmente visibles sólo en el cauce de alguno de los torrentes de la zona. Se trata de un conjunto principalmente dolomítico, de carácter masivo, frecuentemente carniolar y brechoide, en el que es muy difícil reconocer la estratificación. Hacia el techo de la unidad la dolomitización se hace menos intensa pudiéndose reconocer niveles de calizas oolíticas y tramos ricos en fauna, principalmente de pequeños gasterópodos. Este es el caso de algunos afloramientos de la Serra de La

Punta, o al sur de Masteguera. También se han podido reconocer niveles de cuarzoarenitas, típicos del Lías en su parte final (Pliensbachense), en algunos afloramientos dispersos al Sur del Puig de Calar y en los afloramientos cercanos a la fuente de Mal Any, así como en los sondeos Almadrava 96 y Almadrava 97. No se han podido reconocer en ningún afloramiento los tramos ferruginosos de la Fm. Gorg Blau que caracterizan el Toarciense, si bien en el sondeo Almadrava 97 se han reconocido 20 m de calizas micríticas y margocalizas, muy nodulizadas y de coloraciones rojizas con restos de ammonites que pudieran equivaler, por su posición estratigráfica, a los tramos ferruginosos de la Fm. Gorg Blau. En cualquier caso, este tramo ferruginoso que constituye un nivel guía en el Jurásico de la Sierra de Tramuntana no aparece de forma clara ni en afloramientos ni en el resto de sondeos de investigación de la zona. La potencia del conjunto liásico puede variar, según diferentes autores, entre los 250 y los 300 m. En los sondeos realizados en la zona esta unidad ha sido atravesada siempre de forma parcial (Musqueroles, Can Calent, Almadrava 97 y Almadrava 96), presentando una potencia máxima cercana a los 200 m en el sondeo Almadrava 97. Los niveles dolomíticos de la base, que se han podido reconocer en los sondeos Musqueroles, Can Calent, Almadrava 97 y Almadrava 96 corresponden a la Formación Mal Pas. Las calizas con oolitos y fauna fósil, principalmente de pequeños gasterópodos, y los niveles con cuarzoarenitas identificadas en el sondeo Almadrava 96 pertenecen respectivamente al Miembro Es Barraca y al Miembro Es Racó, ambos integrantes de la Formación Sóller (Alvaro *et al.*, 1989).

### **Dogger – Malm – Cretácico**

Esta unidad, formada principalmente por margas y calizas en alternancia, se ha considerado como un único conjunto dada la dificultad de separación de las distintas unidades cronoestratigráficas que la forman por su similitud litológica y su homogeneidad desde el punto de vista hidrogeológico y estructural (todo el conjunto constituye una unidad de baja o muy baja permeabilidad y de comportamiento uniforme frente a la deformación).

Se trata de un conjunto de afloramientos de calizas margosas con radiolarios, margas, y calizas con nódulos de sílex, generalmente muy poco competentes, lo que da lugar a relieves muy suaves. En algunos afloramientos son frecuentes los nódulos de sílex, si bien estos no han podido ser reconocidos en los sondeos de investigación. Sólo han sido atravesados estos materiales en los sondeos Almadrava 96 y Almadrava 97. En este último se han podido reconocer la Formación Gorg Blau en sus tres tramos (Ferruginoso, Margocalizo y Calizas nodulosas tableadas), la Formación Cúber y la Formación Puig d'en Paré (Alvaro *et al.*, 1989), todas ellas pertenecientes al Dogger y parcialmente al Lías (Fm. Gorg Blau, Tramo Ferruginoso), con una potencia total próxima a los 125 m. En el sondeo Almadrava 96 se atravesaron un total de 275 m de calizas micríticas grises y margocalizas, sin que se hayan podido identificar con claridad las diferentes formaciones que integran la serie jurásica, por lo que por su posición estratigráfica, sus caracteres litológicos y su potencia se asemejan al conjunto Dogger-Malm sin más precisiones, sin descartarse que pueda incluir parcialmente a los materiales del Cretácico. Su distribución es extensa, si bien se concentran en el extremo meridional del área cartografiada, al sur del Puig d'Almadrava, constituyendo el relieve de la zona de Masteguera. En los mejores afloramientos se pueden observar abundantes pliegues de reducidas dimensiones y fallas de pequeño salto que indican un alto grado de tectonización interna, por lo que es difícil de estimar una potencia fiable para el conjunto, si bien puede superar ampliamente los 300 metros de espesor (con un máximo de 260 m para el conjunto Dogger-Malm, Alvaro *et al.*, 1989).

### **Mioceno inferior**

Esta unidad cartográfica de carácter sinorogénico se encuentra constituida por brechas y conglomerados mono y poligénicos y calcarenitas, que corresponden a la Formación Calcarenitas de Sant Elm, limitada por sendas discordancias; y por calcarenitas, margas y sílexitas de la Formación Turbidítica de Banyalbufar (Rodríguez-Perea, 1984).

La Formación Calcarenitas de Sant Elm presenta

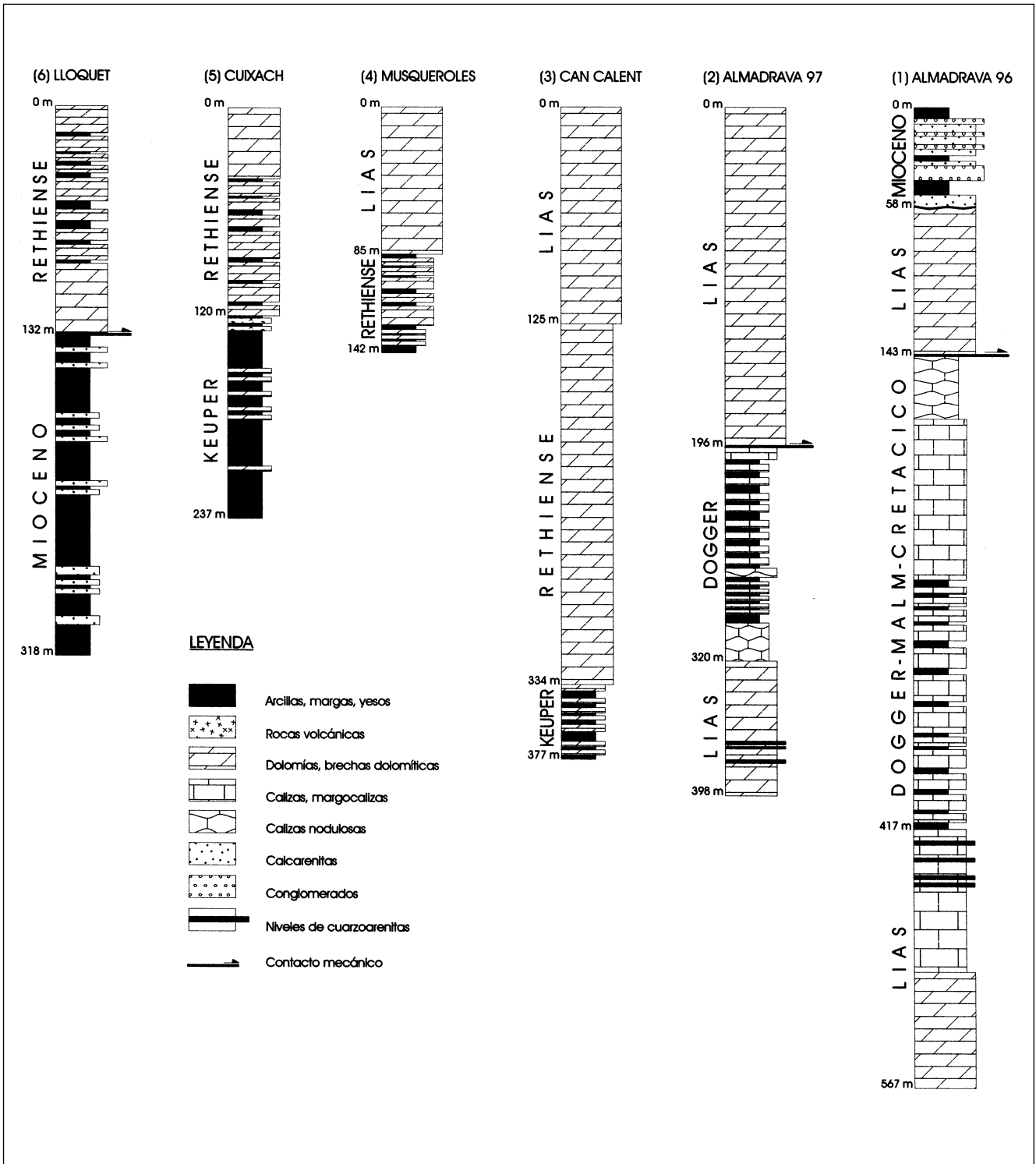


Figura 3: Columnas sintéticas de los sondeos de investigación hidrogeológica del IGME – Junta d’Aigües de Balears. Los números corresponden a su situación en el mapa geológico de la figura 2.

Figure 3: Simplified stratigraphic section of hydrogeological IGME – Junta d’Aigües de Balears drills. Drill numbers are plotted on figure 2.

afloramientos relativamente extensos pero con frecuencia difícilmente identificables debido a su grado de erosión y a la complicada diferenciación litológica que en ocasiones se plantea con los niveles brechoides dolomíticos del Lías inferior. Se trata de un conjunto netamente carbonatado, compuesto por cantos y bloques principalmente de naturaleza dolomítica y, en ocasiones, exclusivamente de esta composición. De esta forma han sido reconocidos en los afloramientos que bordean el margen oriental del Puig d'Almadrava y en el sondeo Almadrava 96, donde se han atravesado al menos 50 metros de conglomerados y microconglomerados de cantos de calizas y dolomías, calcarenitas de grano grueso y margas. En otras zonas sin embargo, pese al predominio de los cantos dolomíticos, pueden incluir bloques y cantos de cuarzoarenitas, como es el caso de los afloramientos asociados al sector meridional de la Serra de La Punta y los que afloran inmediatamente al sur del Puig de Santuari, y/o frecuentes cantos de naturaleza volcánica procedentes del desmantelamiento de niveles del Keuper, como son los afloramientos que se extienden en el cauce del torrente de Sant Jordi, al norte de la localidad de Pollença y los que discurren por el torrente de Ternelles al noroeste de dicha localidad. Su potencia es muy variable ya que se depositan de forma discordante sobre un paleorrelevo, pudiendo variar desde inexistente hasta varias decenas de metros (Fornos *et al.*, 1991).

La Formación Turbidítica de Banyalbufar da lugar a afloramientos más escasos dada su litología muy poco competente, principalmente margosa con intercalaciones de calcarenitas. Se reconocen al este del Puig d'Almadrava y en el cauce del torrente de Sant Jordi, al noreste del Puig de Santuari, así como en algunas zonas del Turó de Llenaire. Se trata de un conjunto fundamentalmente calcarenítico y margoso, con intercalaciones poco frecuentes de calizas micríticas y silexitas, como las que se pueden reconocer en los afloramientos al sur del Puig de María. Esta unidad también ha podido ser reconocida en el sondeo Lloquet, donde se han perforado 186 metros de margas con intercalaciones calcareníticas sin alcanzar la base de la unidad. Su potencia es muy variable, si bien datos regionales y de sondeos cercanos indican que pueden superar ampliamente los 250 metros.

## Cuaternario

Se extiende ampliamente tapizando los principales valles y zonas deprimidas, con potencias muy variables, y formados mayoritariamente por arcillas rojas, limos arenosos y conglomerados de carácter aluvial-coluvial.

## ESTRUCTURA

La Sierra de Tramuntana está estructurada en un sistema imbricado de cabalgamientos que se dirigen al NO, y cuyo nivel de despegue a escala regional lo constituyen los materiales de la facies Keuper. La serie estratigráfica que forma cada una de las láminas de cabalgamiento es más completa a medida que nos desplazamos hacia el SE, de tal forma que las láminas más septentrionales están formadas básicamente por materiales del Rhetiense, Lías y Mioceno inferior, mientras que las láminas más meridionales incluyen sedimentos del Jurásico medio-superior y del Cretácico. De este hecho se deduce la existencia de un basculamiento general hacia el SE cuya edad es anterior al Mioceno inferior y que fue puesto de manifiesto por Sabat *et al.* (1990) y confirmado por Gelabert (1997).

La edad de emplazamiento de estos cabalgamientos, cuya secuencia de propagación sería del tipo *piggy-back* (Alvaro, 1987), comenzaría en el Langhiense (Ramos-Guerrero *et al.*, 1989) aunque el acortamiento pudo comenzar durante el Oligoceno (Fallot, 1922; Pomar *et al.*, 1983; Alvaro y Del Olmo, 1984).

Los trabajos que describen las unidades estructurales de la Sierra de Tramuntana se reducen a los de Fallot (1922) que divide la Sierra de Tramuntana en tres unidades estructurales; Alvaro y Del Olmo (1984) y Alvaro (1987) que definen cinco unidades; y más recientemente Gelabert (1997) que define dos unidades estructurales principales, la segunda de ellas (la más meridional) subdividida a su vez en cuatro subunidades.

El sector objeto del presente estudio se encuentra englobado dentro de la unidad septentrional (Unidad II) de Gelabert (1997) y está compuesto por cinco láminas cabalgantes principales, con

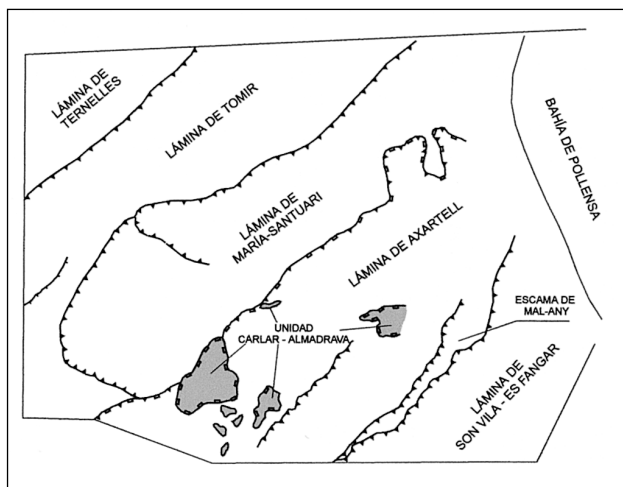


Figura. 4: Distribución de las principales unidades estructurales.

Figure 4: Major structural units location.

niveles de despegue que afectan al Triásico superior, y que en la mayoría de los casos pueden seguirse durante kilómetros fuera del área de trabajo. Los cabalgamientos presentan trazas de dirección SO-NE, mientras que las estructuras que se apartan de esta dirección son consideradas rampas laterales y oblicuas de los cabalgamientos principales. Asociadas a estas estructuras existen otras de menor entidad con niveles de despegue más altos en la serie.

A continuación se describen cada una de las láminas identificadas a partir de los datos reflejados en la cartografía, los sondeos de investigación y en los cortes geológicos interpretados.

### Lámina de Ternelles

Aflora únicamente de manera muy parcial en el extremo noroccidental del área de trabajo, y sólo puede reconocerse en el corte nº II (Figura 5). Constituye los afloramientos liásicos de la Sierra de Sant Viçens y los afloramientos miocenos que se reconocen sucintamente en el torrente de Ternelles y fuera del área cartografiada en dirección a la cala de Sant Vicenç. Más al norte, fuera del área de estudio, afloran los niveles del Rethiense, y finalmente el Keuper, que constituye el nivel de despegue de la lámina de Ternelles.

El corte II-II' muestra la serie que constituye la Lámina de Ternelles en su extremo septentrional, donde se presenta como un sinclinal de bloque inferior, con los materiales del Mioceno en su techo.

### Lámina de Tomir

Presenta la misma serie estratigráfica que la lámina de Ternelles, y engloba los afloramientos liásicos y rethienses de El Calvari en Pollença y de la Serra de La Punta, así como los materiales detríticos miocenos de la Vall de Colonya y los afloramientos dispersos de Rethiense, Lías y Mioceno que se distribuyen al norte del Puig de Santuari.

La estructura de la Lámina de Tomir queda reflejada en los tres cortes geológicos realizados. En el corte I-I' constituye la lámina más septentrional y la serie que la forma comienza por los materiales del Keuper que constituyen el nivel de despegue de esta estructura, seguidos del Rethiense y Lías, así como parcialmente las margocalizas del Dogger-Malm reconocidas en un sondeo situado fuera del área de trabajo (Gelabert, 1997) siendo el punto más septentrional donde afloran estos materiales. Discordantes en profundidad sobre el Dogger-Malm y en superficie sobre el Lías se encuentran los materiales detríticos del Mioceno. Esta discordancia angular en la base indicaría la existencia de un basculamiento hacia el sur de los materiales mesozoicos previa a la sedimentación del conjunto mioceno, lo que justificaría en parte la ausencia de sedimentos del Jurásico medio-superior y Cretácico en las unidades estructurales situadas hacia el norte. Esta unidad estructural ha sido atravesada por el sondeo Cuixach (nº 5 en las figuras 2 y 3).

En el corte II-II' la lámina de Tomir presenta la misma serie anteriormente descrita, y atravesada por los sondeos Can Calent y Lloquet (nº 3 y 6 en las figuras 2 y 3). Idéntica estructuración puede verse en el corte III-III'.

### Lámina de María – Santuari

De menor extensión que el resto de láminas descritas en el presente trabajo, presenta un nivel de despegue a raíz del Keuper, al igual que el resto



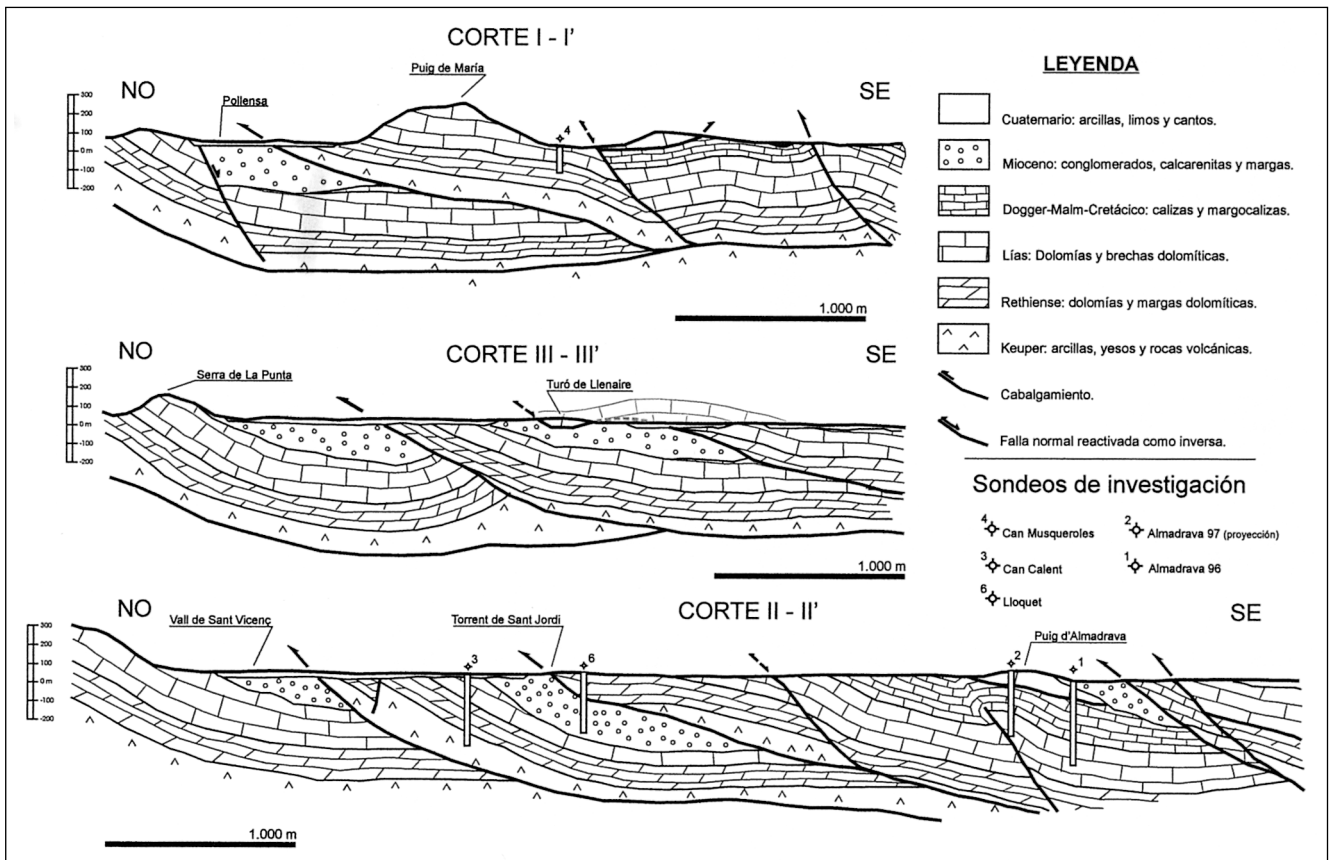


Figura 5: Cortes geológicos interpretativos y proyección de los sondeos de investigación. La traza de los cortes es la que aparece en la figura 2.

Figure 5: Interpreted geological cross sections and projection of exploration drills. Cross sections are shown on figure 2.

de estructuras principales aquí descritas, por lo que se le ha dado la misma entidad.

Con idéntica extensión estratigráfica, la forman los relieves del Puig de María, el Puig de Santuari y los afloramientos liásicos y rethienses más septentrionales del Turó de Llenaire. También se incluyen en esta estructura los afloramientos liásicos y rethienses dispersos que quedan al noreste del Puig de Santuari siguiendo el cauce del torrent de Sant Jordi; las dolomías liásicas del torrent de Sitges hasta su enlace con el torrent de El Rec y su prolongación en dirección al Turó de Llenaire; y los afloramientos miocenos reconocidos entre el Puig de María y el Puig de Santuari, así como los de la zona conocida como Les Tancotes, en el centro del área cartografiada.

Se encuentra representada en los tres corte geológicos realizados (ver figura 5). Así, en el corte I-I' sobre la Lámina de Tomir se encuentra la Lámina de María-Santuari, estando el corte geológico muy próximo a su rampa lateral tal y como apreciarse en el cambio de dirección de la traza de cabalgamiento en la cartografía (ver figura 2), atravesada por el sondeo de investigación Can Musqueroles, que a su vez es cabalgada por la Lámina de Axartell. En el corte II-II' el sondeo Lloquet atraviesa en su parte superior las dolomías del Rethiense de la Lámina de María-Santuari que se disponen cabalgantes directamente sobre los sedimentos miocenos de bloque inferior de la Lámina de Tomir. Similar estructuración e idéntica serie se identifica para la Lámina de María-Santuari en el corte III-III'.

### Lámina de Axartell

Esta lámina presenta una serie de peculiaridades estructurales que la diferencian del resto de las estructuras analizadas. Si bien su nivel de despegue lo constituyen los materiales plásticos del Keuper, tal y como se puede reconocer en otras zonas fuera del área cartografiada, en la zona que nos ocupa se caracteriza por ser la única unidad estructural que presenta una potente serie de materiales del Jurásico medio-superior y del Cretácico (figura 2). Igualmente, en la cartografía puede apreciarse como esta lámina corta a otras estructuras (Lámina de María-Santuari) y se encuentra en rampa sustractiva (Dogger-Malm-Cretácico sobre Lías).

Esta peculiaridad parece indicar la presencia de una falla normal pre-miocena, tal y como ya fueron descritas en otros lugares de la Sierra de Tramuntana (Gelabert *et al.*, 1992; Gelabert, 1997), que es la que permite el contacto directo de estos materiales con los sedimentos del Lías de la lámina de María-Santuari que se encuentran a cotas topográficas inferiores (Figura 6), siendo posteriormente plegada durante el emplazamiento de una lámina cabalgante miocena.

En el corte I-I' el contacto entre ambas unidades está constituido por una falla normal pre-miocena, que justificaría la inexistencia de materiales del Jurásico medio-superior en la primera y su aparición de forma extensa en la segunda, y que posteriormente fue reactivada como inversa. El salto de falla es distinto a lo largo de su longitud dando lugar a secciones donde se conserva el predominio del salto normal frente al producido por su reactivación como falla inversa. Así, los materiales del Dogger-Malm-Cretácico de la Lámina de Axartell se disponen en contacto sobre las dolomías liásicas de la Lámina de María-Santuari, dando una morfología final de carácter sustractivo, y por tanto con predominio del salto normal. En el corte II-II' puede apreciarse un proceso similar, si bien el carácter sustractivo interpretado es de inferior cuantía.

En el corte III-III' sobre la Lámina de María-Santuari se disponen las dolomías liásicas del sector meridional del Turó de Llenaire, interpretadas aquí como un *klippe* tectónico perteneciente

al bloque superior de la Lámina de Axartell, si bien no puede descartarse que estos afloramientos liásicos englobados dentro de un conjunto detrítico mioceno pudieran corresponder a emplazamientos de tipo olistostrómico contemporáneos con la sedimentación miocena.

### Escama de Mal-Any

Constituida por un cabalgamiento de corta extensión situado en el contacto con la lámina cabalgante de Son Vila – Es Fangar, se ha podido reconocer por el contacto mecánico que genera entre los materiales del Dogger (calizas y margocalizas con nódulos de sílex) y las calcarenitas miocenas que se extienden al este del Puig d'Almadrava.

Sólo se reconoce su estructura en el corte II-II' donde la Escama de Mal-Any queda reflejada como la rampa de la Lámina de Son Vila-Es Fangar (rellano) que se describe a continuación.

### Lámina de Son Vila – Es Fangar

Esta lámina es la más oriental de las que afloran en el área cartografiada, y únicamente queda representada en el corte geológico II-II' (figura 5) que acompaña a la cartografía (figura 2). La serie estratigráfica que ha podido ser reconocida comienza con brechas dolomíticas del Rethiense y termina con brechas y calcarenitas del Mioceno inferior. En esta lámina no han podido identificarse los materiales del Triásico superior (Keuper) dentro de la zona cartografiada en este trabajo.

A esta escama pertenecen los afloramientos liásicos existentes en la margen derecha del torrente de Mal-Any y los afloramientos de brechas dolomíticas atribuidos al Mioceno inferior (Fm. Calcarenitas de Sant Elm) que se encuentran próximos a L'Albufereta. Ambas facies son muy similares en superficie, formadas por brechas monogénicas de cantos dolomíticos, si bien la presencia de calcarenitas en el extremo más oriental, fuera del área cartografiada, permiten sospechar al menos de la presencia de materiales miocenos, por lo que se han intentado diferenciar las facies pertenecientes a las brechas dolomíti-

cas liásicas de las correspondientes a la Fm. Calcarenitas de Sant Elm, conocida localmente como "Unidad Basal", aunque no se han encontrado otros criterios litológicos que permitan confirmar su existencia.

### Unidad Carlar-Almadrava

La naturaleza de los parches dolomíticos dispersos que se han cartografiado sobre la Lámina de Axartell tiene una interpretación más complicada. El origen olistostrómico durante la sedimentación de los sedimentos de origen turbidítico del Mioceno, al que se recurre de forma no poco frecuente para explicar algunos de los emplazamientos anómalos de materiales liásicos en la Sierra Norte, queda descartado aquí por cuanto no se reconocen depósitos turbidíticos en el contacto de las dolomías con los sedimentos del conjunto Dogger-Malm-Cretácico sobre los que se emplazan. En su defecto una hipótesis de trabajo sencilla desde el punto de vista estructural sería la de interpretar dichos parches dolomíticos como pertenecientes al bloque superior de la unidad cabalgante de Son Vila-Es Fangar, cuyo contacto mecánico quedaría relegado más al sureste por procesos erosivos posteriores. Sin embargo, la presencia de sedimentos miocenos discordantes sobre las dolomías liásicas del Puig d'Almadrava (cuya relación geométrica se confirma en el sondeo Almadrava 96) descartaría dicha hipótesis, ya que estos materiales miocenos son cabalgados a su vez por la lámina de Mal-Any (que constituye la rampa de la lámina cabalgante de Son Vila-Es Fangar) por lo que el emplazamiento de la Lámina de Son Vila-Es Fangar sería posterior a la disposición de los parches dolomíticos liásicos sobre el conjunto Dogger-Malm-Cretácico de la lámina de Axartell.

La disposición subhorizontal del contacto entre los parches dolomíticos y los materiales subyacentes, así como la estratificación subhorizontal que se reconoce en algunos de los emplazamientos liásicos también puede ser interpretada mediante un contacto mecánico de carácter subhorizontal no necesariamente asociado a un cabalgamiento enraizado en la lámina de Son Vila, sino mediante una falla normal de carácter lístrico y de edad premiocena que cortase a la

falla normal que en origen constituía el límite entre las actuales láminas cabalgantes de Tomir + María-Santuari y la lámina de Axartell (Gelabert, 1997), tal y como se representa en la Figura 6.

En el corte II-II' sobre la Lámina de Axartell se encuentra el parche dolomítico desenraizado del Puig d'Almadrava atravesado por los sondeos Almadrava 96 y Almadrava 97, y que correspondería según esta interpretación a la Unidad Carlar-Almadrava. De idéntica forma se interpretan los afloramientos liásicos desenraizados que se observan sobre la Lámina de Axartell en el corte I-I' (figura 5) y que se integran dentro del conjunto de afloramientos dolomíticos dispersos que se recogen en el sector suroccidental de la zona cartografiada, dispuestos sobre el conjunto Dogger-Malm-Cretácico (Puig Carlar y afloramientos liásicos al sureste del mismo, en la figura 2).

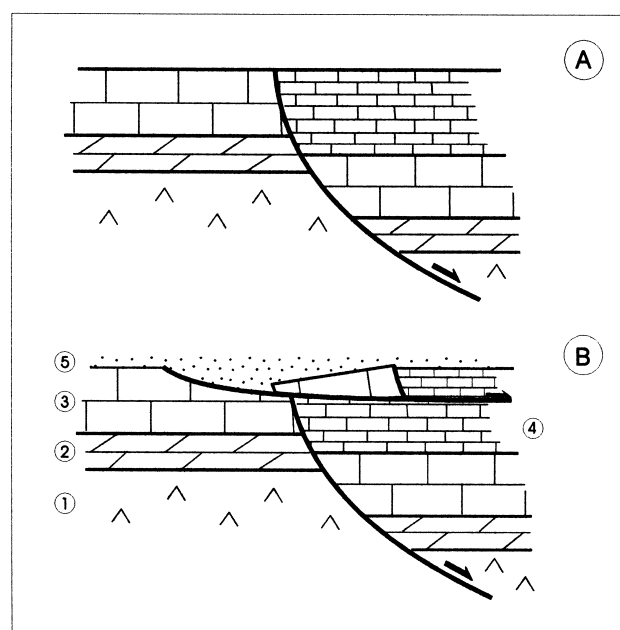


Fig. 6.- Esquema de funcionamiento de las fallas normales premiocenas (A) e hipótesis de emplazamiento de las dolomías de la Unidad Carlar – Almadrava (B). 1: Keuper; 2: Rethiense; 3: Lías; 4: Dogger-Malm-Cretácico; 5: Mioceno.

Figure 6: Sketch of Pre-miocene normal fault working (A) and an emplacement hypothesis of Carlar – Almadrava Unit (B). 1: Keuper; 2: Rethiense; 3: Lías; 4: Dogger-Malm-Cretácico; 5: Mioceno.

## CONCLUSIONES

La realización de una cartografía de afloramientos detallada ha permitido la localización de pequeños y dispersos afloramientos rocosos dentro del recubrimiento cuaternario en el sector comprendido entre la localidad de Pollença y la línea de costa. Estos afloramientos, junto con los datos aportados por los sondeos de investigación hidrogeológica han permitido la prolongación bajo los sedimentos cuaternarios que tapizan la zona de algunas de las estructuras cartografiadas fuera del área de este trabajo por diferentes autores, así como la definición de nuevas unidades (escama de Mal Any, lámina de María-Santuari, y la unidad de Carlar-Almadrava). Finalmente se ha establecido una interpretación del emplazamiento de la Unidad Carlar-Almadrava y del contacto mecánico entre las unidades de Tomir – María-Santuari y Axartell, a partir de un régimen distensivo pre-mioceno, lo que permite justificar las estructuras observadas y las relaciones entre ellas. Igualmente se presentan de forma esquemática los resultados inéditos obtenidos de la campaña de sondeos de investigación efectuada por el IGME en acuerdo específico con la Junta d'Aigües de Balears.

## AGRADECIMIENTOS

La investigación se llevó dentro del acuerdo específico entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear (Junta d'Aigües de Balears). Se agradece personalmente el apoyo de A. Barón (Junta d'Aigües de Balears) y R. M. Mateos (IGME), así como las ideas recibidas de B. Gelabert (Universitat Illes Balears), y a Julio C. López (IGME) la revisión del texto en inglés. El manuscrito ha sido mejorado gracias a A. Barnolas y J. Fornós.

## REFERENCIAS

Alvaro, M. 1987. La tectónica de cabalgamientos de la Sierra Norte de Mallorca (Islas Baleares). *Boletín Geológico y Minero*, 98(5), 622-629.

Alvaro, M., Del Olmo, P. y Ramírez Del Pozo, J. 1982. El Cretácico de las Baleares. En: *El Cretácico de España*. Edit. Complutense Madrid, Madrid, 633-653.

Alvaro, M., Barnolas, A., Del Olmo, P., Ramírez Del Pozo, J. y Simó, A. 1984. El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica. *Boletín Geológico y Minero*, 95(1), 3-25.

Alvaro, M. y Del Olmo, P. 1984. Las unidades tectónicas de la Sierra Norte de Mallorca (Islas Baleares). *Comunicaciones I Congreso Geológico de España, Segovia*, 3, 1-10.

Alvaro, M., Barnolas, A., Cabra, P., Comas-Rengifo, M. J., Fernández-López, S. R., Goy, A., Del Olmo, P., Ramírez Del Pozo, J., Simo, A. y Ureta, S. 1989. El Jurásico de Mallorca (Islas Baleares). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 13, 67-120.

Batlle, A. 1971. *Estudio estructural del extremo occidental de la Sierra de Mallorca*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona (inédita).

Batlle, A., Felgueroso, C. y Fuster, J. 1972. Presencia de calizas del Cretácico superior en el extremo suroeste de la Sierra Norte de Mallorca (Baleares). *Boletín Geológico y Minero*, 83(4), 343-350.

Colom, G. 1947. *Estudios sobre la sedimentación profunda de las Baleares desde el Lías superior al Cenomanense-Turonense*. Instituto Lucas Mallada CSIC, 147 pp.

Colom, G. 1975. *Geología de Mallorca*. 2 vol., Diputación Provincial de Baleares, Instituto de Estudios Baleáricos, Patronato "José María Quadrado", CSIC, Mallorca, 519 pp.

Darder, B. 1914. El Triásico de Mallorca. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, Ser. Geol., 7.

Del Olmo, P., Alvaro, M. y Batlle, A. 1991. *Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Sa Calobra, Pollença, Cap Formentor (643/644/645)*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

Fallot, P. 1922. *Etude géologique de la Sierra de Majorque*. Thèse d'état, Libr. Polytechnique Ch. Béranger, Paris i Liège, 480 pp.

Ferrús, B. 1990. *Estructura geológica del Sector del Puig Tomir (Serra de Tramuntana de Mallorca), i les seves relacions amb la sedimentació miocena*. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona, 130 pp.

Fornós, J. J., Marzo, M., Pomar, L., Ramos-Guerrero, E. y Rodríguez-Perea, A. 1991. Evolución tectonosedimentaria y análisis estratigráfico del Terciario de la isla de Mallorca. En: Colombo, F. (Ed). *I Congreso del Grupo Español del Terciario*, Vic. Libro Guía Excursión nº 2. Dept. G.D.G.P., Universidad de Barcelona, Barcelona, 145 pp.

Gelabert, B., Sabat, F. y Rodríguez-Perea, A. 1992. A structural outline of the Serra de Tramuntana of Mallorca (Balearic Islands). *Tectonophysics*, 203, 167-183.

Gelabert, B. 1997. *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Colección Memorias, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 129 pp.

I.T.G.E. 1991. *Mapa geológico de España Escala 1:50.000*,



hojas 643/644/645 Sa Calobra, Pollensa, Cap Formentor. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

I.T.G.E. 1996-2000. *Informes de los Sondeos de investigación Almadrava 96, Almadrava 97, Can Calent, Can Musqueroles, Cuixach y Lloquet. T.M. de Pollença.* ITGE – Junta d'Aigües de Balears. Fondo Documental del IGME (inédito).

Mataillet, R. y Pechoux, J. 1978. *Etude géologique de l'extrémité occidentale de la Sierra Nord de Majorque (Balérea, Espagne).* Thèse, Université Franch-Conté, Besançon, 161 pp.

Pomar, L. y Rodríguez-Perea, A. 1983. El Neógeno inferior de Mallorca: Randa. En: L. Pomar, A. Obrador, J. J. Fornos y A. Rodríguez-Perea (Eds.), *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca 1983. Inst. Est. Baleàrics, Universitat de Palma de Mallorca, Palma de Mallorca, 115-137.

Ramos-Guerrero, E., Rodríguez-Perea, A., Sabat, F. y Serra-Kiel, J. 1989. Cenozoic tectosedimentary evolution of Mallorca island. *Geodinámica Acta*, 3 (1), 53-72.

Rodríguez-Perea, A. 1981. *Estudio Sedimentológico del*

*Mioceno basal transgresivo de la sierra Norte de Mallorca.* Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona (inédita).

Rodríguez-Perea, A. 1984. *El Mioceno de la Serra Nord de Mallorca. Estratigrafía, sedimentología e implicaciones estructurales.* Tesis doctoral, Universidades de les Illes Balears y Barcelona, 532 pp.

Rodríguez-Perea, A. 1986. Megaturbiditas calcáreas en el Mioceno de Mallorca. Fm. Turbidítica de Banyalbufar. *XI Congreso Español de Sedimentología*, 153.

Rodríguez-Perea, A. y Pomar, L. 1983. El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector Occidental). *Acta Geológica Hispánica*, 18, 105-116.

Rodríguez-Perea, A., Ramos-Guerrero, E., Pomar, L., Paniello, X., Obrador, A. y Martí, J. 1987. El Triásico de las Baleares. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11, 295-321.

Sabat, F., Vergés, J., Casas, J. M., Martínez, A., Muñoz, J. A., Roca, E. y Rodríguez-Perea, A. 1990. Detailed duplex geometry: its role in the characterization of a thrust system (Puigpunyent-Galatzó area, Mallorca island). *International Conference Thrust Tectonics*, London, Abstracts, 77.

Original recibido: Agosto de 2000.

Original aceptado: Octubre de 2000.