

# ATLAS INTERNACIONAL DEL KARST

## HOJA 5: LLUC/SIERRA NORTE (MALLORCA)\*

por Werner-Francisco BÄR  
Frankfurt am Main

### Resumen

Objetivo principal de este trabajo fue el de cartografiar y de representar en un mapa geomorfológico las formas kársticas más características de la Cuenca de Lluc, área situada en la parte central de la Sierra Norte o Serra de Tramuntana de Mallorca. Dicho mapa, titulado «Lluc/Sierra Norte (Mallorca)» —que se acompaña a este artículo—, forma parte del Atlas Internacional del Karst como ejemplo de un terreno kárstico en una isla mediterránea con estructura alpídica.

La zona representada comprende la cuenca de alimentación del Torrent de Lluc y sus afluentes —aquí nombrada Cuenca de Lluc—, una zona triangular situada entre las dos cadenas más septentrionales y limitada en los extremos W y E por umbrales rocosos.

Esta zona, que abarca materiales del Triásico al Mioceno, es de estructura complicada, debido principalmente a los múltiples movimientos tectónicos, motivo por el cual rocas karstificables y no karstificables se encuentran superpuestas y colindantes.

La Cuenca de Lluc muestra como elemento característico de este paisaje un relieve escalonado, originado por un profundizamiento sucesivo, lo que queda demostrado por la existencia de una serie de niveles kársticos a diferentes alturas, como son las planicies kársticas, los restos de superficies de planación y las cuencas kársticas.

Las planicies kársticas de gran extensión, de las cuales la mayor es el nivel nombrado «Pixarell», presentan una gran variedad de formas kársticas, entre las que figuran abundantes mogotes y depresiones, así como una amplia gama de tipos de lapiaz, los cuales llaman especial atención. Las depresiones kársticas se corresponden en altitud con las planicies y restos de superficies, situados a un nivel inferior; los mogotes kársticos, sin embargo, alcanzan la altura del respectivo nivel superior. Las cuencas kársticas están orientadas según la dirección de las cadenas montañosas, o bien aparecen asociadas a los olistolitos. La coincidencia de rocas karstificables y no karstificables es en ambos casos decisiva para su evolución.

Las vertientes en la Cuenca de Lluc se presentan escalonadas como consecuencia de una superposición alterna de materiales morfológicamente duros y blandos.

En la zona de estudio se observa una red fluvial perfectamente definida, a la que están conectadas incluso las cuencas kársticas anteriormente cerradas, a través de valles estilo cañón. Junto a esta red subaérea existe un sistema karsto-hidrográfico bien desarrollado. Considerando la estructura litológica se diferencian dos mantos de agua kárstica, separados ambos por estratos no karstificables.

El profundizamiento de la Cuenca de Lluc ocurrió probablemente bajo condiciones climáticas que originaron la *terra rossa* o el *Fotlehm*, residuos de alteración situados en lugares protegidos de la erosión y generalmente cubiertos por coluvión.

### Zusammenfassung

Hauptziel dieser Arbeit war die Kartierung und kartographische Darstellung der charakteristischen Karstformen in der Cuenca de Lluc, einem Bereich der zentralen Sierra Norte oder Serra de Tramuntana von Mallorca.

Die Karte —«Lluc/Sierra Norte (Mallorca)» betitelt— ist ein Blatt des Internationalen Karstatlasses und stellt ein Beispiel für das Karstgebiet einer mediterranen Insel mit alpidischer Struktur dar.

Der wiedergegebene Raum umfaßt das Einzugsgebiet des Torrent de Lluc und seiner Nebenflüsse —hier kurz Cuenca de Lluc bezeichnet— und liegt, westlich und östlich durch Schwellen begrenzt, zwischen den beiden nördlichen küstenparallelen Gebirgsketten der Sierra Norte.

\* Este artículo se publica de acuerdo con los colegas F. FUCHS y G. NAGEL y corresponde en su tema y en gran parte de su elaboración al realizado en común y aparecido en la revista científica

alemana «Zeitschrift für Geomorphologie» N.F., Suppl. Bd. 59 Karst, en Stuttgart 1986.

Dieses Gebiet, in dem Gesteine von der Trias bis zum Miozän vorkommen, weist vor allem aufgrund tektonischer Bewegungen eine komplizierte Struktur auf, so daß verkarstungs- und nichtverkarstungsfähige Gesteine über- und nebeneinander anzutreffen sind.

Die Cuenca de Lluç zeigt als charakteristisches Element dieser Landschaft einen deutlichen, durch allmähliche Tiefschaltung bedingten Stockwerkbau, der sich durch das Vorhandensein einer Serie übereinander gelagerter Niveaus, wie Karstplateaus, verkarstete Verebnungsreste und Karstbecken widerspiegelt.

Die größten Karstplateaus, deren ausgedehnteres das Pixarell-Niveau ist, weisen einen reichhaltigen Karstformenschatz auf. Hierzu sind vor allem zahlreiche Karstkuppen, kleinere Karsthohlformen, wie Dolinen und Uvalas, sowie vielfältige Karrenformen, unter denen besonders die Spitzkarren auffallen, zu rechnen. Die Karsthohlformen entsprechen dem Niveau der Karstplateaus bzw. der Verebnungsreste der nächst tiefer gelegenen Karstbecken, die erhaltenen Karstkuppen ragen jedoch bis zum nächst höheren Niveau auf.

Die Karstbecken sind in der Richtung des Streichens der Gebirgsketten angelegt oder treten im Zusammenhang mit Olistholithen auf. Maßgeblich für deren Entwicklung ist in beiden Fällen das Zusammentreffen verkarstungs- und nichtverkarstungsfähiger Gesteine.

Die Hänge der Cuenca de Lluç sind deutlich durch die mehrfach übereinandergelagerten, morphologisch harten und weichen Schichten gestuft.

Im Arbeitsgebiet ist ein voll entwickeltes Gewässernetz zu beobachten, dem auch die ehemals geschlossenen und inzwischen durch schluchtartige Täler geöffneten Becken angeschlossen sind. Neben diesem oberirdischen Gewässernetz existiert auch ein gut entwickeltes karsthydrographisches System. Bedenkt man die lithologische Struktur, so lassen sich zwei Karstwasserstockwerke unterscheiden, beide durch nichtverkarstungsfähige Gesteinsschichten getrennt.

Die Tiefschaltung der Cuenca de Lluç geschah vermutlich unter klimatischen Bedingungen, die die Bildung von Terra Rossa oder Rotlehm erlaubten, Verwitterungsresiduen, die vorrangig in erosionsgeschützter Lage, meist sogar mit Kolluvium bedeckt, auftreten.

## 1. Introducción

En 1959 y bajo la presidencia del Prof. Dr. H. LEHMANN, director del Instituto de Geografía de la Universidad de Frankfurt am Main / RFA, la comisión de la Unión Geográfica Internacional (IGU) dedicada al estudio del karst, propuso la elaboración y publicación del Atlas Internacional de Fenómenos Kársticos, que mostrara el karst en zonas de diferente clima, geología y litología y que permitiera la interpretación morfogenética de las formas típicas de cada región.

En 1960 LEHMANN publicaba la 1ª hoja de este atlas sobre la «Sierra de los Órganos/Cuba» y G.B. CASTIGLIONI (Novara) la 2ª sobre el «Bosco del Cansiglio (Prealpi Venete)/Italia». En 1964 A. GERSTENHAUER (Frankfurt a.M.) dedicó la hoja 3ª al karst del Norte de Puerto Rico. Cada una de estas publicaciones comprendía tres láminas: un mapa topográfico, un mapa geológico con diversas fotos aéreas y terrestres, y la tercera con el correspondiente texto en tres lenguas. A partir de esta última publicación ya no se editaron más hojas del atlas.

Hace unos años la Unión Internacional de Espeleología (UIS), en su Congreso de Bowling Green / USA, instituyó una comisión internacional bajo la presidencia del Prof. Dr. K.-H. PFEFFER / RFA para continuar la obra del Atlas Internacional del Karst y propuso una nueva concepción, según la cual la región escogida a cartografiar sería representada por un mapa geomorfológico, adjuntándole la publicación de un texto que contuviera las informaciones necesarias sobre la geología, paleogeografía y génesis de las formas terrestres. Se prescindió, expresamente, de normas uniformes referentes a la escala, formato y leyenda del mapa para que se pudieran dar a conocer los dife-

rentes métodos de cartografiar utilizados en cada país. Entretanto se están elaborando varios mapas en diferentes regiones con el fin de representar típicos paisajes kársticos.

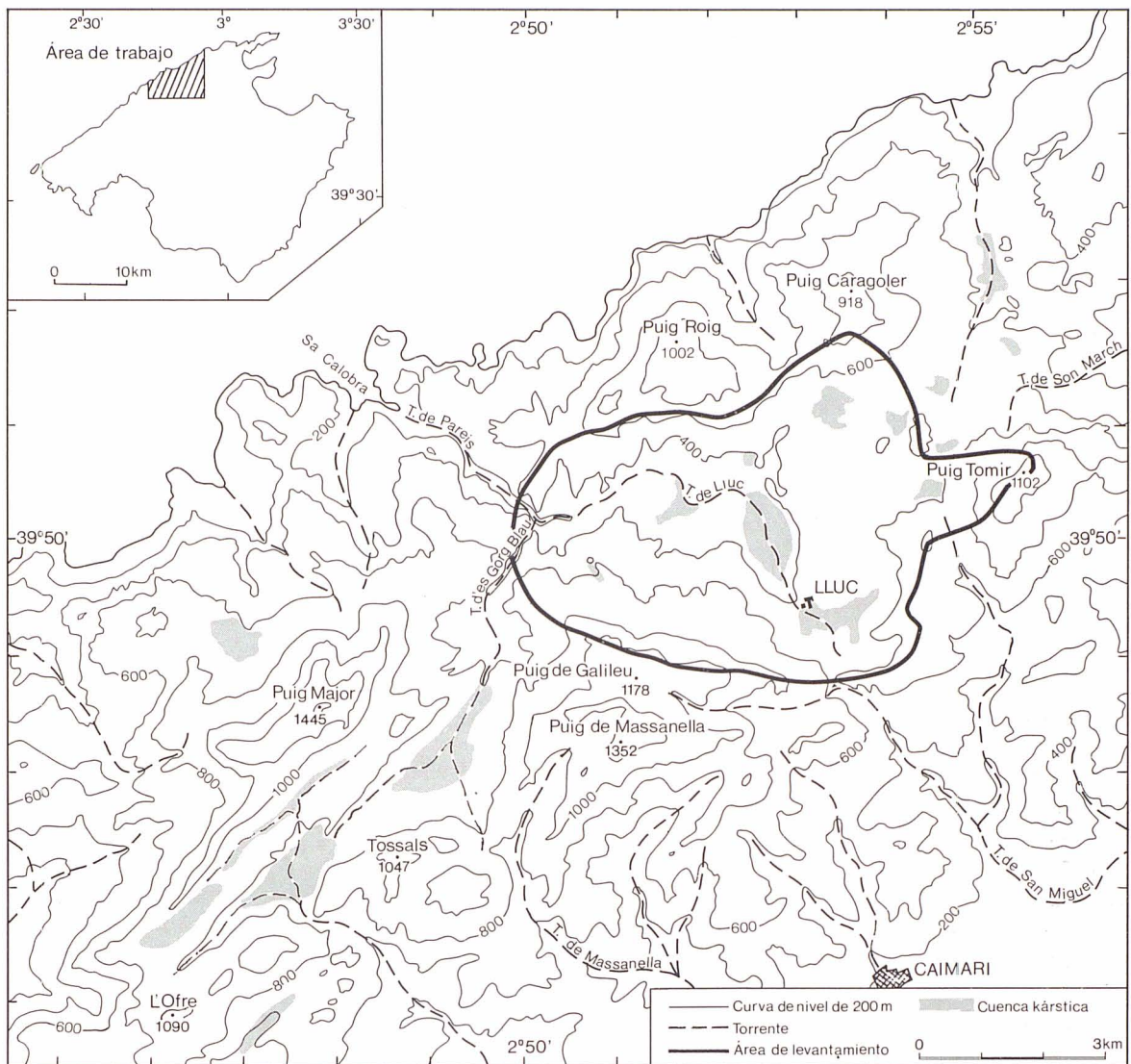
En 1983 se decidió incluir la Sierra Norte o Serra de Tramuntana de Mallorca en el Atlas Internacional del Karst, como ejemplo de un terreno kárstico en una isla mediterránea con estructura alpídica.

En marzo de 1984 se llevaron a cabo los trabajos de campo (fig. 1) por W.-F. BÄR, F. FUCHS y G. NAGEL del Instituto de Geografía Física de la Universidad de Frankfurt am Main / RFA, autores también del artículo y mapa «Lluç/Sierra Norte (Mallorca)», publicados en alemán en 1986 en la revista científica «Zeitschrift für Geomorphologie» N.F., Suppl. Bd. 59 Karst, en Stuttgart. Dicho mapa se adjunta también a esta publicación.

El objetivo principal del trabajo de campo consistió en el levantamiento geomorfológico de las formas kársticas, con el fin de poder realizar el mapa deseado. Al mismo tiempo se trató de aclarar la evolución de las formas cartografiadas y examinar su dependencia de la estructura litológica y tectónica así como la diferente capacidad de karstificación de los materiales.

## 2. Material básico

El terreno de estudio se localiza en las hojas 671/IV Selva y 644/III-IV Son March del Plano Director 1:25 000, Cartografía Militar de España, así como en las hojas 38-25; 39-25 Pollensa y 39-26 Inca del Mapa Militar de España 1:50 000. Sin embargo, para poder



Mapa base: Mapa del Consell General Interinsular, 1:10 000

Figura 1: Mapa general.

representar claramente las formas del terreno se escogió un mapa en escala 1:10 000, mapa que sirvió tanto para el levantamiento geomorfológico como de base topográfica para el ejemplar a publicar, cuyo formato tuvo que limitarse a un máximo de 60 × 80 cm. Este mapa 1:10 000 fue amablemente puesto a disposición por el Consell General Interinsular de Palma de Mallorca y abarca las partes correspondientes de las hojas 644-41, 644-42, 671-11 y 671-12. Dichas hojas son el resultado de fotointerpretación y dibujo por la empresa Aerogram, S.A./Madrid en 1980. Del contenido total se extrajeron para el mapa base: las curvas de nivel (10 m), cotas de altitud, carreteras, caseríos y fincas así como parte de la rotulación. El mapa auxiliar adyacente en escala 1:100 000 es una reducción del mismo mapa 1:10 000 del nombrado Consell.

Para localizar y limitar con más exactitud las formas del relieve —principalmente en terreno escarpado o inaccesible— se recurrió a la interpretación de fotos aéreas en escala aprox. 1:18 000 y de sus respectivas ampliaciones en escala aprox. 1:10 000 de la empresa

ESTOP/Palma de Mallorca, a la que se agradece la confección de las copias así como su puesta a disposición y permiso de publicación.

Como base de trabajo e interpretación sirvieron también un mapa de tintas hipsométricas y varios mapas de inclinación de pendientes, todos en escala 1:10 000 y confeccionados en el nombrado instituto de Frankfurt am Main.

Como mapas geológicos se emplearon los publicados por P. FALLOT en 1922 en 1:50 000 y las hojas 644 (Pollensa) y 671 (Inca) del Mapa Geológico de España en igual escala y correspondientes a los años 1961 y 1962 respectivamente, todos ellos, sin embargo, insuficientes para coordinar exacta y detalladamente la geología y litología con la situación geomorfológica.

Título y leyenda del mapa elaborado se han redactado en alemán y en español, principalmente con el fin de su publicación en los respectivos países así como su presentación en el Congreso Internacional de Espeleología celebrado en España en el año 1986.

### 3. Terreno de estudio

La zona representada en el mapa «Lluc/Sierra Norte (Mallorca)» abarca principalmente la cuenca de alimentación del Torrent de Lluc y sus afluentes, una zona alargada de forma más o menos triangular situada en el centro de la Sierra Norte entre las dos cadenas montañosas más septentrionales y paralelas a la costa (fig. 2).

El terreno a cartografiar se fijó a lo largo de las divisorias de aguas que limitan la cuenca del Torrent de Lluc. En el N la divisoria de aguas está formada por la cadena costera que alcanza los 1002 m en el Puig Roig y los 918 m en el Puig Caragoler. En el SW la cuenca queda limitada por una cadena de altura media parecida a la anterior (700-900 m) y que culmina en el Puig den Galileu con sus 1178 m. En el S y SE del área las alturas medias limítrofes son inferiores, exceptuando el Puig Tomir (1102 m) que sobresale como punto más elevado.

En el W del terreno de estudio, en donde se estrecha el área de la cuenca de alimentación del Torrent de Lluc, existe un umbral rocoso a unos 540 m de altura, al que hay que considerar como divisoria de aguas occidental de dicha cuenca. Este umbral —en el extremo W del mapa— queda cortado por el Torrent

de Lluc, el cual, después de pasar un trayecto angosto de más de 100 m de profundidad, alcanza en S'Entreforc junto con el Torrent des Gorg Blau el Torrent de Pareis. Dicho umbral corresponde a otro situado a unos 550 m de altura en las cercanías de Mosset en el NE de la zona de estudio. Este último forma la divisoria de aguas oriental de la cuenca del Torrent de Lluc y separa ésta de la Vall den Marc que vierte sus aguas en la bahía de Pollença.

Esta cuenca de alimentación del Torrent de Lluc y sus afluentes será nombrada en lo sucesivo únicamente Cuenca de Lluc.

### 4. Características geológicas

La Sierra Norte de Mallorca es de estructura muy complicada, a causa de los múltiples movimientos tectónicos ocurridos y de su diferenciación litológica. En la zona de estudio los estratos más antiguos datan del Triásico y son de facies germánica. El Muschelkalk aflora con sus calizas y dolomías de tipo epicontinental, el Keuper presenta margas, arcillas, yesos y carniolas. Intrusiones de rocas básicas, predominantemente meláfidos, acompañan estas capas triásicas. La mayor parte del área, sin embargo, la ocupan po-

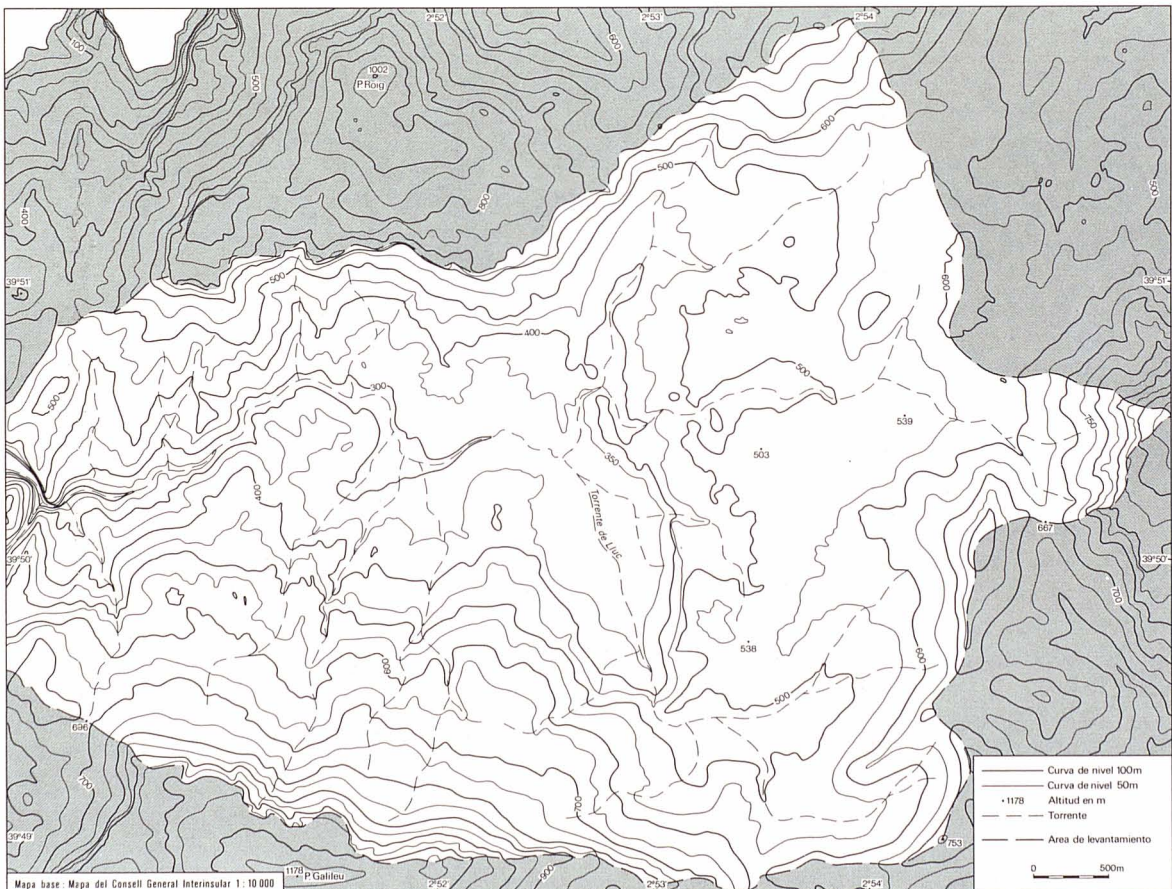


Figura 2: Área de levantamiento. Relieve y red hidrográfica.

tentes estratos de rocas carbonatadas del Lías al Cretáceo inferior, así como conglomerados de base cimentados en calizas finas del Burdigaliense. Todos estos sedimentos, más los marinos y continentales que se depositan a partir del Eoceno medio, fueron fuertemente comprimidos a finales del Burdigaliense en la fase estática de la orogenia alpina, quedando los estratos plegados y sobrecorridos o cabalgados. Una vez emergidos estos terrenos, el mar Tortonense no llegó a alcanzar con sus depósitos esta región elevada.

Según la teoría clásica de FALLOT (1922) se diferencian tres series de mantos de cabalgamiento, dirigidos de SW a NE, debido a la compresión postburdigaliense hacia el NW. POMAR (1976 y 1980) atribuye la formación geológica de la Sierra Norte a la influencia de fuerzas gravitativas, considerando intercalaciones en estratos más jóvenes y/o de diferente facies como olistolitos de deslizamientos subacuáticos y no como restos o escamas de mantos de corrimiento, aceptando el Mesozoico, el Paleógeno y el Mioceno inferior como fases de deslizamientos gravitacionales.

El mapa geológico (fig. 3) demuestra que el terreno de estudio se encuentra entre dos cadenas monta-

ñosas, cuya construcción presenta una sucesión repetida de capas mesozoicas. FALLOT (1922) atribuye estos estratos a su 2ª serie tectónica. En los terrenos del Puig den Galileu y Puig Tomir en el S y SE respectivamente, así como en los del Puig Roig y Puig Caragoler en el Norte —un retazo aislado (*Klippe*)— aflora el Lías inferior y medio hasta llegar a las capas del Triás. Entre las cadenas montañosas existe una zona paralela a éstas en la que faltan las rocas burdigalienses, por lo que en la parte central y occidental aparece el Lías subyacente y en la depresión de Albarca incluso el Triás con sus rocas eruptivas básicas.

Los nuevos mapas geológicos del terreno de estudio, aún no publicados y de los que se pudo consultar un bosquejo de heliocopia (reproducción de la plancha de líneas y rotulación) ya consideran las teorías gravitacionales y muestran una mayor diferenciación litológica que los mapas geológicos existentes. El Keuper con lutitas, areniscas, yesos y rocas volcánicas y el Rhetiense con margas, arcillas, brechas, dolomías tableadas y carniolas se incluyen al Triás y afloran a diferente altura en las vertientes de las cadenas montañosas. Las rocas del Lías al Aquitaniense con brechas y conglomerados así como olistolitos apare-

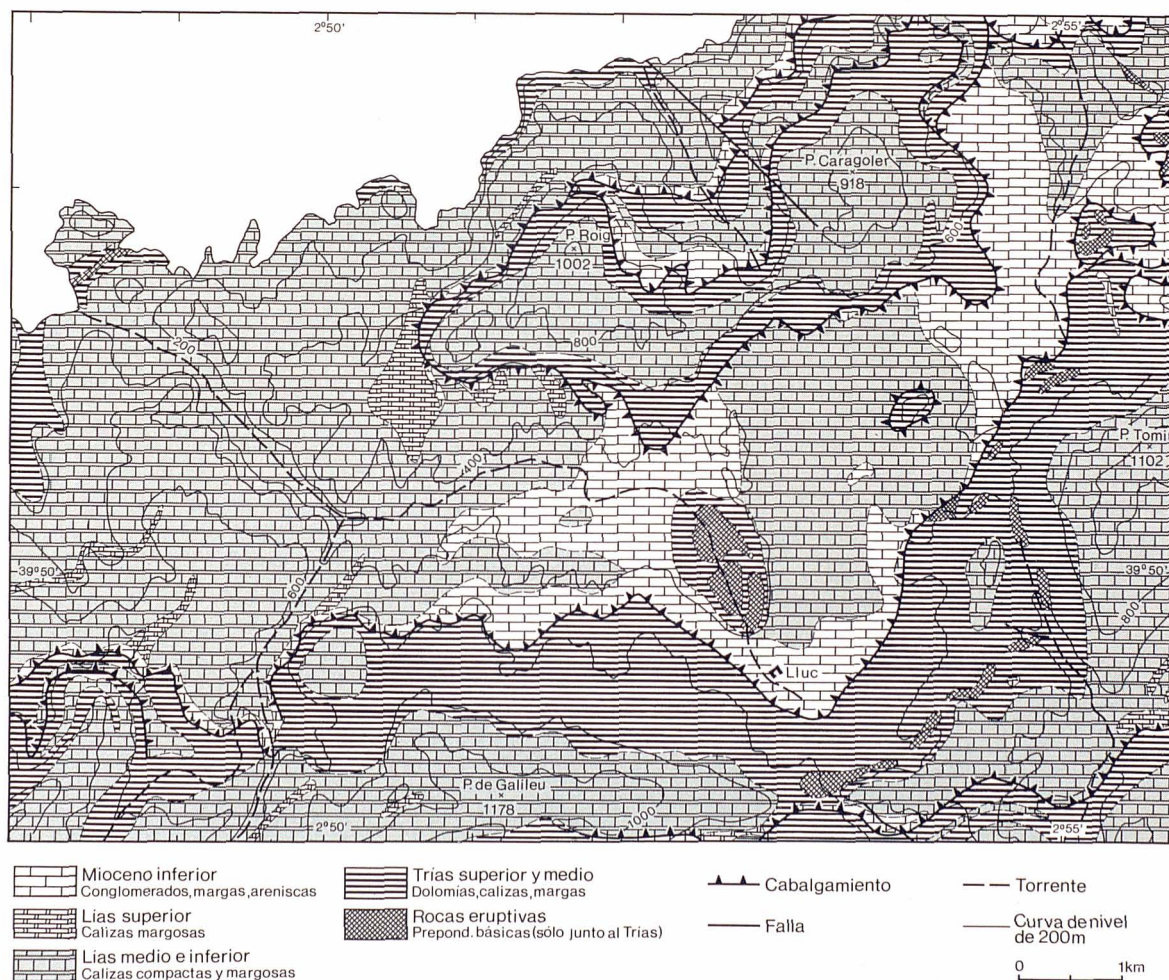


Figura 3: Mapa geológico (según FALLOT, simplificado).

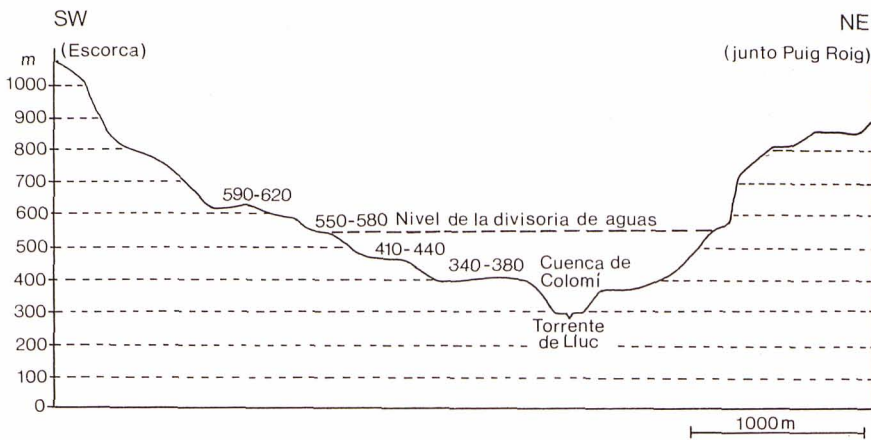


Figura 4: Perfil transversal de la Cuenca de Lluc.

cen en las zonas altas de la región y no se diferencian estratigráficamente. La zona central entre las cadenas montañosas la ocupan principalmente brechas del Oligoceno superior al Burdigaliense medio con intercalaciones de olistolitos de materiales del Keuper, Rhetiense y Dogger. Únicamente en la vertiente sur de la cadena más septentrional aparecen margas limolitas y areniscas más recientes (hasta el Langhe).

En todas las formaciones se encuentran rocas karstificables y no karstificables como calizas compactas, pudingas calizas y dolomías así como areniscas, margas y arcillas respectivamente. Debido a los intensivos movimientos tectónicos, principalmente los corrimientos, se presentan rocas karstificables en diferentes pisos en superposición o colindantes con rocas no o menos karstificables de igual edad.

## 5. Complejos de formas

### 5.1. GENERALIDADES

Una vez estudiado el terreno y realizado el levantamiento geomorfológico se pudieron agrupar las formas cartografiadas en diferentes complejos, los cuales sirvieron al mismo tiempo de base para formar los grupos en la leyenda del mapa en cuestión.

Estos grupos comprenden: los diferentes tipos de superficies de planación (5.2), todo el complejo de for-

mas kársticas (5.3), el grado de inclinación y la estructura de las vertientes con los bordes o cantos superiores de los tramos de pendiente (5.4), la clase y forma de acumulación de los sedimentos cuaternarios (5.5) así como la red hidrográfica (5.6).

### 5.2. SUPERFICIES DE PLANACIÓN

La Cuenca de Lluc, que, como se ha dicho anteriormente, se encuentra entre dos cadenas montañosas y dos umbrales en los extremos W y E, y que da la impresión de una depresión longitudinal empotrada en el gran sinclinal morfológico W-E, presenta como uno de los elementos característicos una serie de superficies de planación, escalonadas en diferentes alturas. Este escalonamiento puede considerarse como el resultado de un proceso de profundizamiento que ha ido desarrollándose a partir de una superficie formada primeramente en rocas no karstificables del manto corrido y posteriormente erosionadas, descubriéndose así las calizas subyacentes. Este escalonamiento por profundización ocasiona al mismo tiempo la subdivisión de la depresión total en cuencas parciales (figs. 4 y 5).

Las superficies de planación no sólo aparecen en rocas carbonatadas, sino que se extienden también sobre margas, areniscas y eruptivas básicas del Trías.

Las superficies de planación, así como sus restos, se diferencian (BÄR, FUCHS y NAGEL, 1986) en

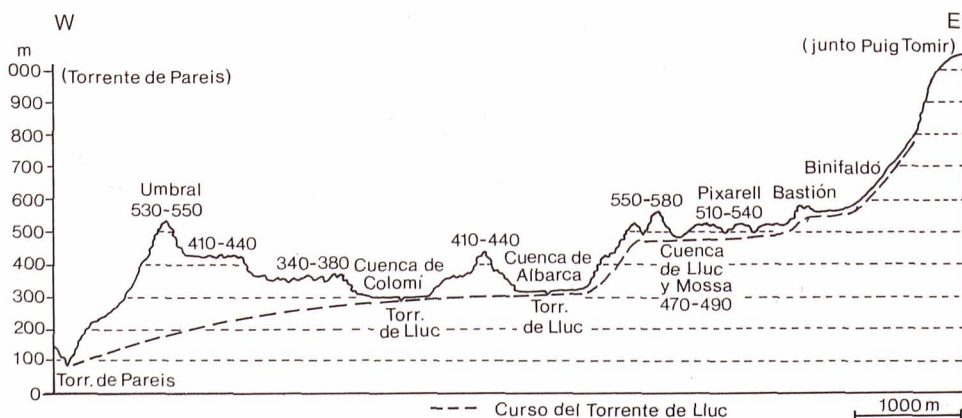


Figura 5: Perfil longitudinal de la Cuenca de Lluc.

varias categorías con relación a los umbrales nombrados o sea a las divisorias en E y W. En el mapa se han diferenciado estas superficies según su altura y se han representado en tonos amarillos; cuanto más elevado más oscuro. Las depresiones kársticas más o menos cerradas indican niveles inferiores y muestran fondos llanos.

Las superficies en la altura de las divisorias, situadas entre unos 550 y 580 m (representadas en el mapa en amarillo medio), se pueden considerar como nivel de origen, ya que no existen solamente en la Cuenca de Lluç, sino también más allá de los umbrales nombrados. Se trata de un nivel, a partir del cual se debió originar un profundizamiento del área por fuerzas fluviales y karsto-corrosivas. Este nivel aparece principalmente en la parte oriental de la zona de estudio así como en algunas elevaciones aisladas en el centro de la misma.

Las superficies más o menos alargadas a mayor altura o sea sobre el nivel de las divisorias (sobre los 580 m), se encuentran solamente en las laderas de las cadenas montañosas, principalmente de la vertiente SW hasta SE y son preponderantemente de tipo estructural. En el mapa son representadas en color amarillo oscuro.

El profundizamiento escalonado de la Cuenca de Lluç ha originado evidentemente la formación de superficies más abajo del nivel de las divisorias, lo que queda demostrado por los restos de superficies así como por los fondos más o menos llanos de las depresiones. Como nivel principal se ha de considerar el área de Es Pixarells situado entre los 510 y 540 m de altura (foto 1), al que aquí se denomina nivel «Pixarell» (BÄR, FUCHS y NAGEL, 1986). En las alturas 470-490 m, 410-440 m y 340-380 m existen otros niveles, que aparecen, sin embargo, sólo como restos de superficies en el margen de las cuencas kársticas, llamándoseles por eso niveles marginales superior, medio e inferior. Todos estos niveles más bajos del nivel de las divisorias se representan en el mapa conjuntamente en color amarillo claro.

Las superficies de planación suelen tener preponderantemente el carácter de planicies karstificadas, presentando un paisaje ruñiforme y caótico con mogotes aislados —cubiertos en su mayoría por múltiples lapiazes—, depresiones locales y callejones kársticos. Los desniveles o bordes escalonados entre las diferentes superficies o planicies kársticas, suelen estar muy deshechos por la acción corrosiva. También las cuencas kársticas con sus fondos más o menos llanos (representados en el mapa en verde), situadas a diferentes alturas, corresponden con algunos de los niveles arriba indicados y demuestran igualmente el proceso de un profundizamiento en etapas.

### 5.3. FORMAS KÁRSTICAS

Formas kársticas abundan en casi toda la zona de estudio, preponderantemente en las calizas del Lías y del Burdigaliense.

Entre las formas existentes se cartografiaron y se representaron en el mapa —en rojo para su mejor distinción— las cuencas kársticas (5.3.1), las dolinas y uvalas, simas y cuevas (5.3.2), los campos de lapiaz (5.3.3) y los mogotes kársticos (5.3.4).

#### 5.3.1. Cuencas kársticas

Entre las depresiones que abundan en el terreno de trabajo, las que llaman más la atención por su mayor dimensión, son las cuencas kársticas. En el mapa se han representado por líneas rojas anchas y continuas, que indican el límite original de la cuenca. Al estar el límite original cubierto por conos de deyección aluviales o de derrubios, la línea roja aparece discontinua.

Los fondos de las cuencas suelen ser llanos, mostrando una leve inclinación en el sentido del desagüe. Estos fondos llanos, debidos en gran parte a la acumulación de materiales cuaternarios, se representan en el mapa en áreas de color verde para dar a entender asimismo que se trata generalmente de tierras de cultivo.

Foto 1:

Nivel principal «Pixarell» con su superficie karstificada, situado encima de las paredes rocosas que limitan la cuenca de Albarca, vista en primer plano. Conos y mantos de derrubios con grandes bloques de desprendimiento forman las partes inferiores de las laderas de la cuenca. En el fondo el Puig Budell (651 m) y la vertiente S del Puig Caragoler a la izquierda. (Foto Bär).

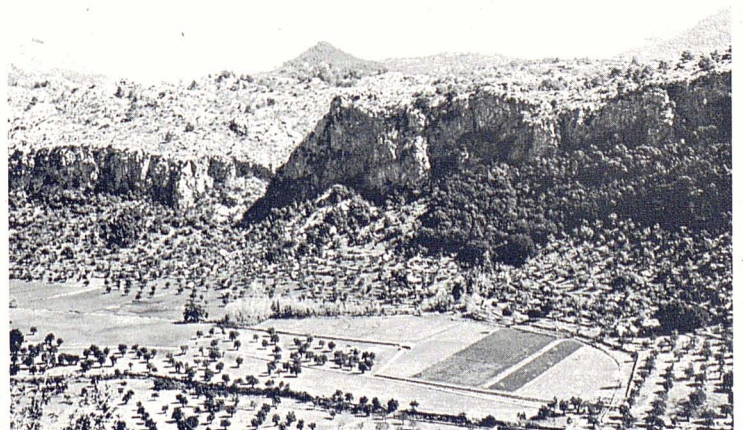




Foto 2:

Cuenca de Albarca vista de N a S con sus superficies lindantes y su gran cono de deyección. En el centro se divide la hendidura del Torrent de Lluc (lugar de la cascada) y el bastión rocoso que separa las cuencas de Lluc y Albarca. En el fondo a la derecha la ladera NW del Puig den Galileu. (Foto Bär).

En la parte baja de su marco, casi todas las cuencas tienen un umbral rocoso calizo que, cortado por el respectivo torrente, se abre en una garganta. A causa de estas aberturas fluviales, las cuencas kársticas anteriormente cerradas, toman ahora parte preponderante en la red de desagüe subaérea. Debido a este desagüe, rocas no karstificables así como materiales de relleno van desapareciendo de las cuencas.

En los desniveles entre cuencas y planicies karstificadas se encuentran rápidos y cascadas. Los umbrales rocosos están en parte deshechos por karstificación, quedando unos murallones —aquí nombrados bastiones (fig. 6 y foto 2)— consistentes en torretas kársticas y *Spitzkarren* (lapiaces piramidales).

Como demostración de un profundizamiento y ensanchamiento corrosivo surgen *Rundkarren* (lapiaces redondeados) en el borde y en la parte inferior del fondo de las cuencas. Estos *Rundkarren* se encuentran a nivel del fondo o a poca altura sobre los depósitos superpuestos, representando el fondo anterior de la cuenca. Sondeos llevados a cabo demuestran, ade-

más, que la roca viva aparece ya a poca profundidad ( $a < 1$  m) bajo el coluvión y los limos residuales (fig. 7).

De las cuatro cuencas más extensas, la de Mossa y la de Lluc, situadas en los bordes NE y SE del terreno de trabajo respectivamente, alcanzan una altura media de 470 m a 490 m; altura que corresponde al nivel marginal superior de las superficies de planación, lo que significa un profundizamiento de estas cuencas en relación al nivel «Pixarell». La situación de estas cuencas coincide, debido a los corrimientos tectónicos, con la zona de contacto entre estratos karstificables y no karstificables, como son, respectivamente, las calizas burdigalienses y los sedimentos margosos, arcillosos o arenosos y rocas eruptivas del Trías.

Las cuencas kársticas de Albarca a 310-340 m y Son Colomí a 290-300 m de altura (fotos 2 y 3), situadas en el centro del terreno de estudio, están profundizadas en el nivel marginal inferior y se encuentran, según el mapa geológico de FALLOT, en la zona de contacto entre estratos liásicos y burdigalienses, ambos de diferente grado de karstificación. Debido a la

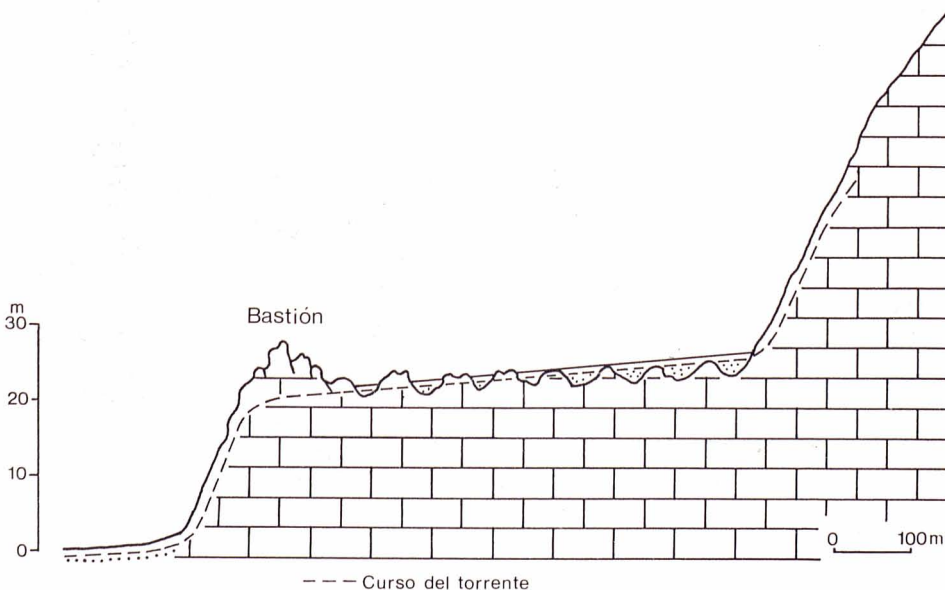


Figura 6: Situación característica de un bastión.



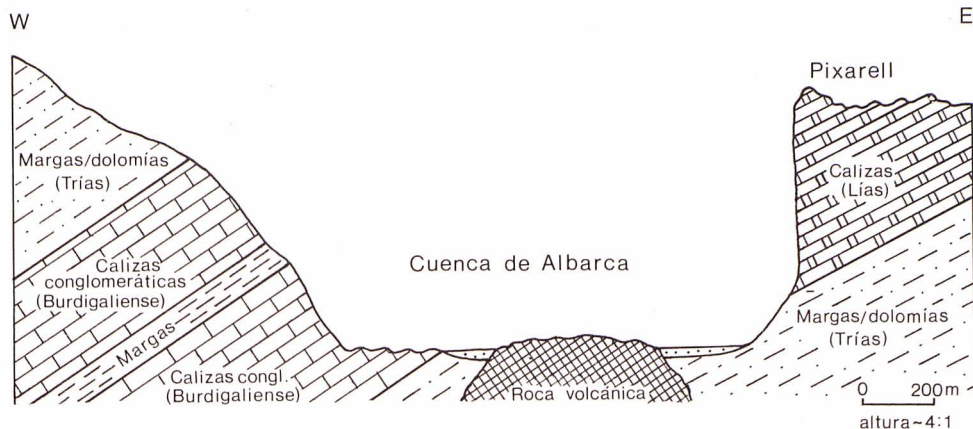


Figura 7: Cuenca de Albarca - perfil esquemático.

profundización y el ensanchamiento lateral de la cuenca, las eruptivas básicas no karstificables han salido al descubierto, rocas que en el caso de Albarca aparecen en los olistolitos triásicos, intercalados en las calizas más jóvenes.

Tanto el profundizamiento de cuencas kársticas situadas en superficies de planación karstificadas, como el escalonamiento de superficies y cuencas separadas por escalones, demuestran la repetida alternancia de procesos de profundización karsto-corrosi-

vos con procesos de planación. Mientras el desarrollo en profundidad pertenece a fases de un levantamiento de la Sierra y a un descenso del nivel de agua kárstica, los aplanamientos corresponden a períodos de reposo.

### 5.3.2. Dolinas y uvalas, simas y cuevas

En el grupo de las depresiones menores hay que contar las dolinas y uvalas. Las dolinas y uvalas de esta zona son de forma y tamaño diferentes. En el



Foto 3: Foto aérea, escala aprox. 1:18 000. En el centro resalta la cuenca de Albarca empotrada entre la ladera E del Puig den Galileu (W) y el nivel kárstico «Pixarell» (E). En el NW la

cuenca de Son Colomí y en el S la cuenca de Lluç con el Monasterio. En el N se divide el Torrent de Mossa. (Foto cortesía ESTOP).

mapa se representan en sus dimensiones reales, igual que las cuencas kársticas, por medio de una línea roja continua, pero estrecha. Al estar su límite cubierto por derrubios la línea es discontinua.

Las dolinas son de forma redondeada u ovalada y de cierta profundidad. Las uvalas muestran formas más bien irregulares y planas. En la mayoría de los casos los fondos están tapizados de coluvión, conteniendo éste limos de la alteración de la caliza. Estos fondos más o menos llanos —representados en el mapa análogamente a las cuencas kársticas en áreas de color verde— sirven o sirvieron, según su tamaño y situación, como tierra de cultivo de secano. Las dolinas existentes son tanto dolinas de cubeta como de tipo embudiforme. Dolinas de colapso o de subsidencia son escasas. En algunas dolinas de cubeta se observan ponores.

Las dolinas y las uvalas de la región de estudio se encuentran principalmente en el área centro-oriental, llamada muy característicamente Terra de Ses Olles. Otras dolinas más aisladas se presentan en la vertiente NE del Puig den Galileu, siendo la mayor la Era d'Escorca con un diámetro de más de 40 m. En el caso de la Terra de Ses Olles y de sus alrededores se trata del nivel principal, nombrado aquí «Pixarell», en el que se encuentran enclavadas dichas depresiones de tamaño relativamente pequeño (foto 4), demostración de un profundizamiento corrosivo. Con sus fondos rocosos algunas depresiones alcanzan en parte el nivel marginal superior de los 470 a 490 m de altura.

Las simas (avencs) indicadas en el mapa tienen un diámetro de boca inferior a los 15 m y se representan por eso con un símbolo circular uniforme del mismo color rojo. Su profundidad máxima generalmente no alcanza los 70 m, excepto en el caso del Avenc d'Escorca que llega a los 139 m. Los datos detallados de profundidad y diámetro de boca fueron amablemente cedidos por J. GINÉS de la Federació Balear d'Espeleologia. La exacta localización de las simas en el mapa se ajusta en parte a los datos de la revista *ENDINS*, nº 5-6, 1979.

Igualmente se representan las cuevas más impor-



Foto 4: Dolina de fondo llano situada en la Terra de Ses Olles. (Foto Bär).

tantes de la región de estudio por medio de su símbolo característico. Su recorrido discurre generalmente entre los 30 y 300 m. Tanto las medidas como las coordenadas de su situación provienen de las mismas fuentes arriba nombradas.

### 5.3.3. Campos de lapiaz

Los campos de lapiaz de la Cuenca de Lluç se divisan principalmente en las áreas de superficies de planación, en sus respectivos restos, en algunas depresiones, en los desniveles entre superficies así como en vertientes no cubiertas por sedimentos cuaternarios, siempre que se trate de material karstificable.

Debido a la complejidad de formas observadas y a falta de un cartografiado geo-litológico en gran escala así como también al corto tiempo disponible para el levantamiento geomorfológico del terreno de estudio, no se han diferenciado en el mapa los diferentes tipos de lapiaz. Por otra parte se puede anotar que en la región estudiada existe generalmente casi toda la gama de formas de lapiaces.

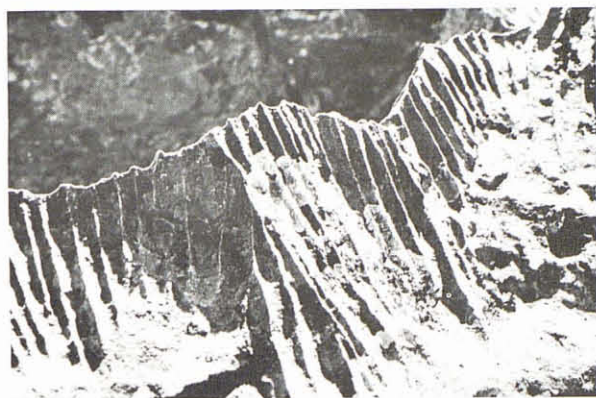
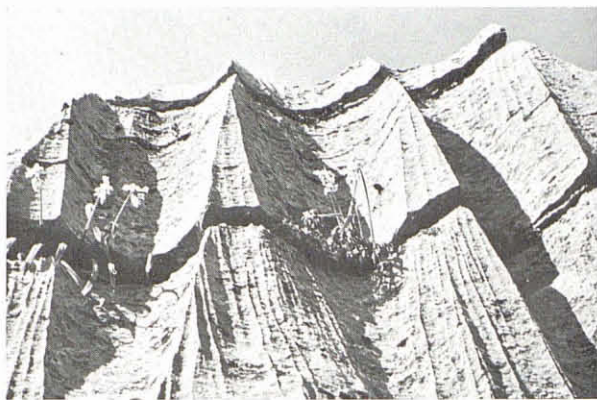
En el karst desnudo o sea en áreas de calizas descubiertas, abundan los grandes *Rinnenkarren* (acanaladuras de disolución), los *Mäanderkarren* (lapiaces meandriformes), en calizas más o menos horizontales los *Trittkarren* (huellas pedestres escalonadas) con áreas de compensación o de equilibrio así como los pequeños *Rillenkarren* (ranuras de disolución) situados en las crestas o bordes superiores de las rocas (fotos 5 y 6). Grandes áreas ocupan igualmente las múltiples formas de *Kluftkarren*, los típicos lapiaces de fractura o diaclasa (foto 7).

Grandes terrenos de un karst desnudo, con toda su variedad de lapiaces, se encuentran en los diferentes niveles de planación, entre los cuales el nivel «Pixarell» es el más extenso.

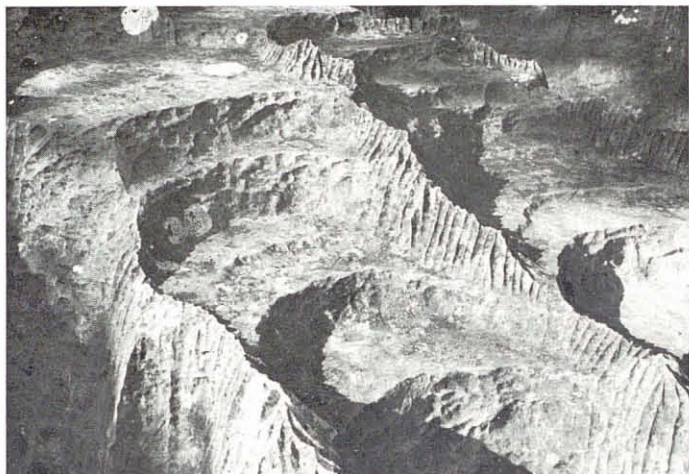
En zonas en las que el lapiaz está o estuvo cubierto por coluvión u otros suelos residuales, se observan preponderantemente los *Rundkarren*, lapiaces redondeados (foto 8), frecuentemente de forma alargada. Los *Rundkarren* abundan en las partes bajas de las grandes depresiones kársticas o en niveles calizos cubiertos antigua o actualmente por suelos arcillosos o por restos de suelos.

Muy llamativos son los esbeltos y extraordinarios *Spitzkarren*, complejos de lapiaces piramidales en parte de gran tamaño, como se pueden observar en gran extensión en los alrededores de Lluç entre el Monasterio y Manut o al W de Mossa, desarrollados en las calizas conglomeráticas del Burdigaliense (foto 9).

Tanto los lapiaces del karst desnudo como del criptokarst se han representado en el mapa por un símbolo uniforme, que sirve tan sólo para indicar su situación y su extensión. Las únicas formas cartografiadas con un símbolo peculiar son los *Spitzkarren*, al objeto de poderlos distinguir claramente de los otros campos de lapiaz.



Fotos 5a y 5b: Tipos de lapiaz. Majestuosos *Rinnenkarren* al E del Monasterio de Lluc, y finamente cincelados *Rillenkarren* al W de Mossa, ambos en calizas burdigalienses. (Fotos Bär).



Fotos 6a y 6b: Tipos de lapiaz. *Trittkarren* con áreas de compensación y *Mäanderkarren*, ambos al E del Monasterio de Lluc. (Fotos Bär).



Foto 7: *Kluffkarren* en las cercanías de la finca Manut. (Foto Bär).



Foto 8: Tipo de lapiaz. *Rundkarren* situados en el N del terreno de estudio. (Foto Bär).

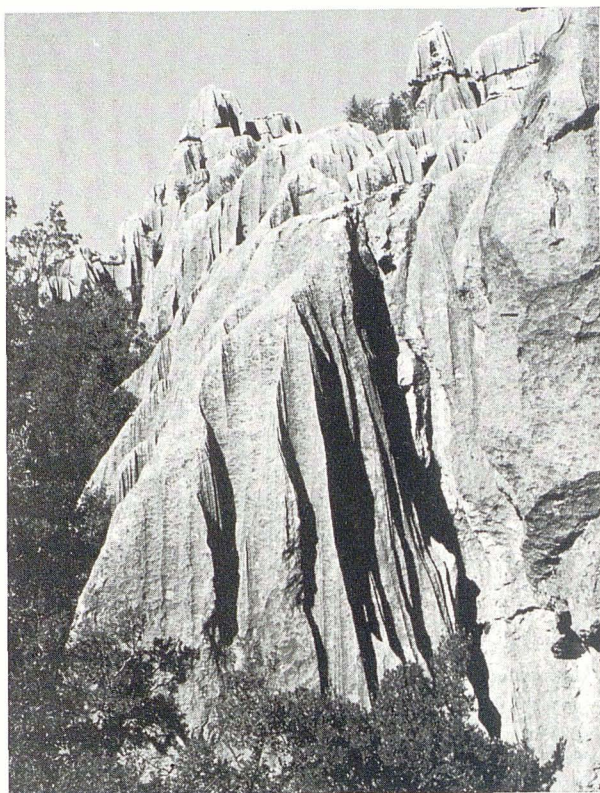


Foto 9: Conjunto de pirámides kársticas del tipo *Spitzkarren* revestidas de *Rinnenkarren* y *Rillenkarren*, situado en calizas burgaleses en las cercanías del Monasterio de Lluç. (Foto Bär).

#### 5.3.4. Mogotes kársticos

En el caso de mogotes kársticos (hums) en el terreno de estudio se encuentran unos torreones más o menos aislados que sobresalen principalmente de áreas o superficies de planación en el karst desnudo (foto 10). El mapa demuestra que tales mogotes se presentan en la parte central de la Cuenca de Lluç, preponderantemente en la superficie de planación «Pixarell» y en el nivel marginal inferior. Estos mogotes, si no están destruidos por la acción corrosiva, alcanzan con sus picos niveles superiores, como ocurre en varios casos en el nivel «Pixarell», llegando éstos al nivel de la divisoria de aguas (550-580 m).

La superficie de los mogotes kársticos suele estar revestida de múltiples lapiaces de tamaño y aspecto diferentes.

#### 5.4. VERTIENTES

Las vertientes en el área de trabajo presentan, debido en gran parte a su estructura litológica así como a la dureza morfológica de sus estratos, una forma característica. Rocas morfológicamente duras han ocasionado vertientes acantiladas, mientras rocas blandas muestran pendientes con inclinaciones más suaves; las primeras por ser rocas carbonatadas, propicias a la karstificación, del Jurásico y Terciario y las segundas por tratarse generalmente de materiales

menos o no karstificables principalmente del Trías.

En el mapa se distinguen las vertientes según su grado de inclinación —en diferentes tonos de violeta—, clasificándolas en los grupos  $<15^\circ$ ,  $15^\circ$  a  $55^\circ$  y  $>55^\circ$ , intervalos de valores que caracterizan bien la forma del terreno. De este modo se apoya la representación del relieve, dado ya en curvas de nivel, y se presenta una mejor sinopsis del declive de las vertientes.

Paralelamente se representan los bordes o cantos superiores de las vertientes, clasificándolos según los mismos intervalos nombrados y cartografiándolos por medio de símbolos de escarpe de diferente tamaño y en color carmín, indicando así más claramente un cambio de declive pronunciado, y según el caso, también el grado de inclinación de ambas laderas de una cresta.

Siguiendo el mismo sistema de representación de bordes o cantos, se ha tratado de simbolizar del mismo modo los mogotes kársticos y los bastiones, explicados ya de antemano.

Un tipo característico de vertiente en el terreno de estudio, es el de forma escalonada. Este escalonamiento es debido a una alternancia repetida de rocas de diferente dureza morfológica y karstificación, motivada por los corrimientos tectónicos así como por la superposición de los estratos. Vertientes con más de  $55^\circ$  de inclinación se alternan con vertientes de  $15^\circ$  a  $55^\circ$  así como con vertientes de menos de  $15^\circ$  de declive, las dos últimas variadas en parte según la superposición de derrubios (fig. 8).

Vertientes o paredes con más de  $55^\circ$  de inclinación aparecen principalmente en el margen de la Cuenca de Lluç así como en algunas laderas de las cuencas kársticas. Estas paredes casi perpendiculares y en parte colgantes están revestidas generalmente de concreciones calcáreas de color pardo-rojizo y

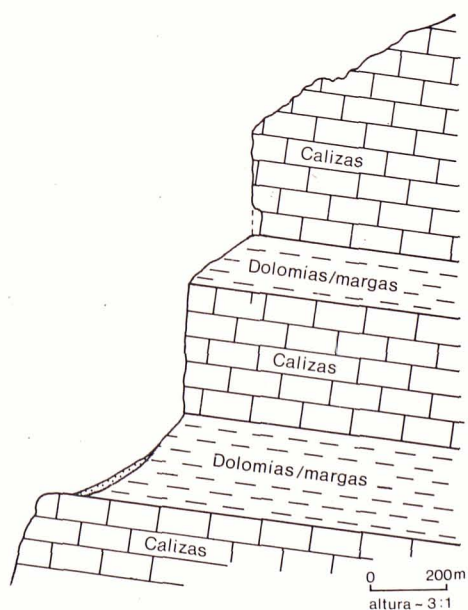


Figura 8: Perfil esquemático de una vertiente escalonada.

Foto 10:

Mogote kárstico semicubierto de encinas. Elevación aislada al N de la Terra de Ses Olles. En el fondo se divisa la finca Mossa y las laderas S del Puig Roig y Puig Caragoler. (Foto Bär).



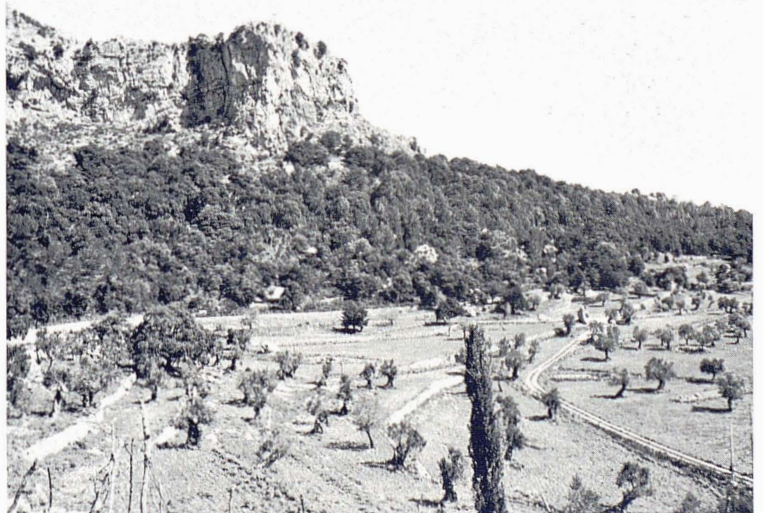
Foto 11:

Ladera S del Puig Roig al N de Sa Plana. La vertiente se presenta escalonada con paredes cubiertas de concreciones calcáreas. En primer término tierra de cultivo en terrazas en zona de derrubios finos de vertiente. (Foto Fuchs).



Foto 12:

Escarpado dominando la cuenca de Mossa. La pendiente de poca inclinación contiene bastos derrubios de vertiente con bloques de desprendimiento y está cubierta de encinar. (Foto Fuchs).



presentan cavidades en su base. En el mapa se distingue este fenómeno por superposición de un tono oscuro (áreas en puntos azules) en las áreas correspondientes. La formación de las paredes o vertientes acantiladas es debida al desprendimiento de bloques de las mismas, desprendimientos ocasionados por el ensanchamiento karsto-hidrográfico de diaclasas, cubiertas de antemano por concreciones calcáreas, y por la profundización de toda el área, respectivamente de las cuencas parciales. Generalmente las vertientes acantiladas están formadas por rocas karstificables que se superponen a rocas no karstificables, facilitando éstas el deslizamiento de los bloques y sirviendo también de base a las cavidades al pie del acantilado. Estas cavidades, junto con las fuentes existentes en el contacto de rocas de distinta karstificación, son la causa de la socavación y consiguiente rotura de la pared (fotos 11 y 12).

Las vertientes con inclinaciones inferiores, pero superior a los 15°, suelen estar generalmente cubiertas por derrubios potentes. En lugares donde abunda el material fino, existe una vegetación densa, que varía según la altura y orientación del tramo de vertiente, predominando encinares en las vertientes expuestas al N y garriga en las expuestas al S; pinares se encuentran en ambas laderas.

Tanto los tramos inferiores de las vertientes como los conos de deyección aluviales no suelen pasar los 15° de inclinación. Estas zonas que principalmente acumulan derrubios finos o residuos de suelos transportados, son áreas de cultivo, abundando el olivo y los cereales, dedicándose también al ganado ovino.

## 5.5. SEDIMENTOS CUATERNARIOS

Para completar la situación morfológica actual del terreno, también se han tenido en cuenta en el mapa los materiales de cobertura del cuaternario, sedimentos que, por falta de estratos posteriores a la orogenia terciaria, sirven como mínimo para fijar un límite superior en la evolución cronológica de las formas estudiadas.

Entre los sedimentos cuaternarios existentes en la zona de estudio se consideran en el mapa: el coluvión, potentes derrubios de vertiente, conos de deyección aluviales, conos y mantos de derrubios así como bloques de desprendimiento de gran tamaño.

El coluvión —representado en el mapa por áreas de puntos marrones— consta de limos arcillosos hasta arenosos, conteniendo calizas detríticas angulosas, disueltas de la roca madre. Generalmente es de color pardo oscuro, siendo más rojizo al hallarse superpuesto a limos rojos, como ocurre en terrenos de cultivo. El coluvión se encuentra principalmente en la mayoría de las depresiones y en múltiples rellanos de pendiente. También aparece en vertientes de más de 15° de declive. En el fondo de las cuencas kársticas la capa de material coluvial no es de gran espesor, lo que queda

demostrado —como ya se ha mencionado anteriormente— por la aparición de lapiaces a poca profundidad o a ras del fondo. Generalmente el coluvión prepondera en terrenos cultivados y en áreas forestales.

Potentes derrubios de vertiente se han representado en el mapa por medio de áreas de símbolos uniformes de color negro, caracterizando de este modo principalmente su situación y extensión. Preponderantemente aparecen estos derrubios en los bordes SW hasta SE del terreno de trabajo, por lo general en las vertientes expuestas al NE, N y NW respectivamente, tratándose casi siempre de pendientes cubiertas de bosque.

La altura mínima varía entre los 500 y 600 m, valor que corresponde a la altura de 500 m indicada por MENSCHING (1955) como límite inferior para la formación de tales masas de derrubios. La potencia de dichos derrubios varía según su situación, alcanzando en posiciones de pendientes relativamente suaves y preponderantemente en áreas forestales, alrededor de los 5 m de espesor.

Generalmente se trata de derrubios rocosos de transporte solifluidal, mezclados con material detrítico aluvial y depósitos bien estratificados, lo que hace pensar que en el Pleistoceno —MENSCHING fija el Würm como edad para la formación de los derrubios de vertiente— aparte de la soliflucción han ocurrido procesos de levigación intensa en las pendientes. Muy típica es la mezcla de derrubios rocosos con material fino de tierras rojas o limos rojos así como su concreción posterior a la sedimentación.

Otros derrubios de vertiente menos esparcidos parecen ser más recientes, seguramente de edad holocena. Contienen material fino, de color pardo, sin concreciones, y suelen estar situados sobre las capas más rojizas y sobre limos rojos alterados de la caliza. En estos depósitos se han desarrollado rendzinas y tierras pardas.

En algunas posiciones de relieve protegidas así como en depresiones se observan residuos de alteración alóctonos, que, debido a la tendencia de brunificarse, se pueden considerar de tipo relicto.

Múltiples pendientes presentan derrubios de material movedizo, formaciones más recientes que se han desarrollado principalmente en sus partes inferiores, al pie de las mismas. Por lo general estos derrubios se depositan en el margen de las cuencas en forma de conos o mantos con inclinaciones superiores a los 15° y, frecuentemente acompañados de bloques de desprendimiento, que situados en la parte baja de la vertiente o ya en el fondo lateral de la cuenca, llaman la atención por su tamaño, como ocurre, por ejemplo, en la ladera oriental de la cuenca de Albarca (fotos 1 y 2). Todos estos sedimentos de tipo gravitacional se representan en el mapa por símbolos convencionales en color negro.

De forma parecida —en el mapa también con un símbolo convencional del mismo color— se represen-

tan los conos de deyección aluviales. Estos conos de poco declive son el resultado del transporte fluvial y de la sedimentación de derrubios de vertiente, material que en parte ha sido erosionado de las potentes masas de derrubios situadas incluso en ranuras y en valles en V. El cono de deyección más notable dentro de la zona estudiada se encuentra en la cuenca de Albarca, sobre el cual está situada la finca del mismo nombre (foto 2).

En las cuencas kársticas generalmente se entrelazan y mezclan tanto los aluviones —gravas y limos— como los derrubios de pendiente antiguos y recientes con productos y fragmentos de alteración de rocas karstificables y no karstificables, como son las eruptivas básicas.

## 5.6. RED HIDROGRÁFICA

En el terreno de estudio se han desarrollado dos sistemas hidrográficos —un sistema subaéreo y un sistema subterráneo—. El sistema subaéreo muestra una red de avenamiento de tipo centripeto y abarca toda la cuenca en cuestión, con el Torrent de Lluç y sus afluentes, siendo dicho torrente el acumulador principal (fig. 2). En tiempos de sequía la mayoría de los arroyos quedan secos. En períodos de lluvia incluso las ranuras pequeñas sirven de vías de desagüe, vertiendo sus aguas hacia los arroyos acumuladores, desde donde son conducidas al Torrent de Lluç. La forma de los lechos de arroyos, las socavaciones de las orillas así como las marcas y los depósitos recientes de aguas altas son la demostración de una formación fluvial actual. Toda esta red fluvial de desagüe intermitente está representada en el mapa por líneas azules interrumpidas de diferente ancho y largo según la importancia del arroyo o del torrente.

El Torrent de Lluç nace y reúne sus aguas en la cuenca del torrente propiamente dicha, situada aproximadamente en un triángulo entre Es Guix, la finca Manut y el Monasterio de Lluç, deslizándose, exceptuando una considerable cascada al W de Son Amer, por terrenos relativamente llanos, en los que abundan eruptivas básicas o sus residuos, respectivamente material coluvial. Al alcanzar las calizas en las cercanías del monasterio, forma una garganta y a continuación una cascada alta y estrecha. En la cuenca kárstica de Albarca transcurre tanto en sus propios aluviones como de nuevo en rocas eruptivas, engrandeciéndose paulatinamente a medida que se le van uniendo los diferentes arroyos, entre los cuales el Torrent de Mossa con su tributario el Torrent d'Alqueda o de Manut es el más significativo por la parte N. Después de atravesar varios umbrales calizos en forma de gargantas ensancha su lecho y, una vez pasado el plano de Son Colom/Son Colomí, en donde se le juntan dos importantes torrentes de la vertiente sur, se va profundizando hasta desarrollar un cañón kárstico angosto de considerable altura (>100 m). A partir de S'Entreforc, donde se une con el Torrent des Gorg Blau, forma jun-

to con éste el espectacular e impresionante cañón del Torrent de Pareis de más de 200 m de profundidad, que atravesando la cadena septentrional como valle obsecuente, desemboca en el mar en la costa norte en Sa Calobra.

Debido a la fuerte influencia del hombre en la situación hidrográfica, es muy difícil, casi imposible, el poder justipreciar con exactitud la escorrentía real en el terreno en cuestión. En algunos lugares se han instalado empresas embotelladoras que aprovechan las aguas de las fuentes para su embotellado. En la planta embotelladora Font Sorda fluyen unos 170-200 l/min., de los cuales se embotellan unos 50-60 l/min., valores similares a los de la Font des Pedregaret. En los campos de cultivo se han trazado canales de drenaje y regadío, desviando incluso a veces los arroyos de su cauce original hacia los bordes de los campos.

Aparte de períodos largos de sequía es esta toma de agua la que provoca la sequedad de muchos trayectos de arroyos que, según el suministro de agua de las correspondientes fuentes serían de flujo perenne. El flujo perenne de las fuentes no aprovechadas comercialmente, hace que en algunos tramos de los arroyos el agua discurra durante todo el año, principalmente en trayectos de materiales triásicos no karstificables, incluyendo los fondos de las cuencas. Al tratarse de rocas karstificables las aguas se infiltran y en caso de aguas bajas los tramos aparecen secos.

Paralelamente a la red subaérea existe un sistema karsto-hidrográfico bien desarrollado. Considerando la estructura litológica se diferencian dos pisos de agua kárstica, separados ambos por estratos no karstificables.

La base del piso superior la forman los sedimentos y rocas eruptivas no karstificables del Triás corrido, encontrándose en parte a considerable altura sobre la base de erosión, el Torrent de Lluç. Las fuentes, como las de S'Espinal, Escorca y Cuberta en el SW y las de Mossa, Mosset y Puig Budell en el NE surgen en el contacto de estratos permeables e impermeables, no pudiéndolas, por lo tanto, tener en cuenta como surgencias realmente kársticas en el sentido de la palabra. El calcio y el magnesio disueltos en sus aguas demuestran, sin embargo, que a su zona de avenamiento hay que contar las regiones altas y karstificadas. Estas fuentes fluyen todo el año, debido tanto a las precipitaciones copiosas de las regiones altas como al almacenamiento de aguas infiltradas a través de las calizas en estratos subyacentes. La existencia de dichas fuentes ha sido seguramente uno de los factores principales para el asentamiento de fincas en esta zona, pudiendo emplear éstas sus aguas para el cultivo de la tierra (véase Tab. 2 en BÄR, FUCHS y NAGEL, 1986).

La base de erosión del piso inferior es el nivel del mar. Ya que hay que aceptar la existencia de surgencias submarinas en la costa, es de suponer que la capa impermeable no karstificable se encuentra deba-

jo del nivel de base, el mar. Es de suponer que los fondos de las cuencas se encuentran actualmente fuera del nivel de inundación y que los arroyos principales de la red fluvial del Torrent de Lluc no han alcanzado el nivel general del agua kárstica. A esta conclusión se llega por observar infiltraciones en diferentes lugares de los arroyos y considerando la ausencia de surgencias realmente kársticas en el fondo de las cuencas y de los valles.

También en los tramos inferiores de las vertientes de las cuencas kársticas existen surgencias, cuyas aguas salen en la zona de contacto entre calizas bien karstificables y olistolitos triásicos de materiales menos o no karstificables. Probablemente se han formado depósitos de aguas kársticas de extensión local en diferentes alturas sobre el nivel general de agua kárstica. Los análisis demuestran que sus aguas provienen de calizas karstificables.

## 6. Agradecimientos

Ante todo se agradece a la Comisión Nacional de Geología el haber concedido el permiso de investigación en la zona escogida. Por su apoyo financiero, que ha hecho posible el poder llevar a cabo el viaje y los estudios de terreno, se dirige el mayor agradecimiento al Centro de Investigación de la RFA (Deutsche Forschungsgemeinschaft).

Al colega Prof. Dr. B. BARCELÓ del Departamento de Geografía de la Universidad de las Islas Baleares se le agradece que en todo momento apoyase y se interesase por el trabajo y sus problemas, así como por gestionar la publicación de este artículo en ENDINS. La aceptación de este artículo en su revista hay que agradecerla a la redacción de ENDINS, en especial a J. y A. GINÉS.

Con gratitud se recuerda la buena colaboración y las facilidades obtenidas por el Prof. Dr. L. POMAR del Departamento de Geología de la Universidad de las Islas Baleares, a A. y J. GINÉS de la Federació Balear d'Espeleologia así como a P. RIPOLL del Departamento de Geografía de dicha universidad, que tomó parte en los trabajos de campo.

La puesta a disposición del material cartográfico en escala 1:10 000 hay que agradecerla al Consell General Interinsular de las Baleares. Las fotos aéreas se consiguieron a través de la empresa ESTOP. Se agradece también a la editorial «E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung» el permiso de integrar en este artículo varias fotos y figuras ya publicadas en la revista alemana nombrada, así como a la redacción de dicha revista por no tener inconveniente en que se publique este texto en español.

Por los permisos concedidos para trabajar en el terreno son dignos de mención los apoyos de I.C.O. N.A., E.M.A.Y.A., de la Sra. C. DELGADO DE MARCH, del Sr. DOMENECH y demás propietarios de las fincas ubicadas en la zona de investigación. Es de agra-

decir también la ayuda obtenida de Obras Hidráulicas (ahora, Servei Hidràulic) y del Ayuntamiento de Escorca.

Finalmente no hay que olvidar la buena acogida y las facilidades de trabajo concedidas por el Monasterio de Lluc, principalmente a través de su Prior Padre RAMÓN.

## Bibliografía

- BÄR, W. - F., FUCHS, F. y NAGEL, G. (1986): Lluc/Sierra Norte (Mallorca - Karst einer mediterranen Insel mit alpidischer Struktur. - Zeitschrift für Geomorphologie N. F., Suppl. 59 Karst: 27-48; Berlin y Stuttgart.
- BÖGLI, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung. - Zeitschrift für Geomorphologie N. F., Suppl. 2: 4-21; Berlin.
- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. - 292 pp; Berlin.
- BUTZER, K. W. (1964): Pleistocene cold-climate phenomena of the Island of Mallorca. - Zeitschrift für Geomorphologie N. F., 8: 7-31; Berlin.
- COLOM, G. (1975): Geología de Mallorca. - T. I y II, 522 pp; Palma de Mallorca.
- CUERDA, J. (1975): Los tiempos cuaternarios en Baleares. - 308 pp.; Palma de Mallorca.
- DARDEY, B. (1925): La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque. - Bull. Soc. Géol. de France, 25: 245-278; Paris.
- ESCANDELL, B. y COLOM, G. (1961): Mapa Geológico de España 1:50 000. Explicación de la hoja n.º 644 Pollensa (Mallorca). - 51 pp.; Madrid.
- ESCANDELL, B. y COLOM, G. (1962): Mapa Geológico de España, 1:50 000. Explicación de la hoja n.º 671 Inca (Mallorca). - 78 pp.; Madrid.
- FALLOT, P. (1922): Etude Géologique de la Sierra de Majorque. - 480 pp., 3 mapas; Paris y Liège.
- GINÉS, A., GINÉS, J., POMAR, L. y SALVÀ, P.A. (1979): La Serra de Tramuntana, VI. Coloquio de Geografía, Excursión n.º 1. - 38 pp.; Palma de Mallorca.
- LAUTENSACH, H. (1964): Iberische Halbinsel. - 700 pp., Anhang: Thematischer Atlas; München.
- MENSCHING, H. (1955): Karst und Terra Rossa auf Mallorca. - Zeitschrift für Erkunde, IX: 188-196; Bonn.
- PFEFFER, K.-H. (1978): Karstmorphologie. - 131 pp.; Darmstadt.
- POMAR, L. (1976): Tectónica de gravedad en los depósitos Mesozoicos, Paleógenos y Neógenos de Mallorca (España). - Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares, 21: 159-175; Palma de Mallorca.
- POMAR, L. (1980): Ensayo de una nueva hipótesis para la evolución tectosedimentaria de las Baleares. - Trabajos de Geografía, 35, Miscelánea 1978-1979: 139-162; Palma de Mallorca.
- POMAR, L. (1982): La evolución tectosedimentaria de las Baleares: Análisis crítico. - Acta Geológica Hispánica, 14: 293-310; Madrid.
- SEMMELE, A. (1977): Grundzüge der Bodengeographie. - 119 pp.; Stuttgart.
- TRIAS, M., PAYERAS, C. y GINÉS, J. (1979): Inventari espeleològic de les Balears. - Endiñs, 5-6: 89-108; Palma de Mallorca.
- WINKLER, A. (1927): Morphologisch-geologische Beobachtungen auf Mallorca. - Zeitschrift für Geomorphologie, II: 171-183; Leipzig.

## Cartografía

- 1:10 000 Mapa del Consell General Interinsular. - Hojas 644 (4-1), 644 (4-2), 671 (1-1) y 671 (1-2). (Heliocopias).
- 1:25 000 Cartografía Militar de España. - Plano Director. Hojas 671/IV Selva y 644/III-IV Son March.
- 1:50 000 Mapa Militar de España. Hojas 38-25; 39-25 Pollensa y 39-26 Inca.
- Atlas de les Illes Balears. - 88 pp.; Barcelona 1979.