

## CALA DEL MORAIG

**Pedro Alfaro<sup>1</sup>, Antonio Estévez<sup>1</sup>, Juan A. López<sup>2</sup> y Alfonso Yébenes<sup>1</sup>**

1. DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE (UNIVERSIDAD DE ALICANTE).

2. I.E.S. RAMÓN ARCAS MECA (LORCA, MURCIA).

### 1. INTRODUCCIÓN

Este itinerario ha sido elaborado como complemento al que se realiza en barco entre Benidorm, Altea y Calpe con motivo del XIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Alicante, 7 de julio de 2004).

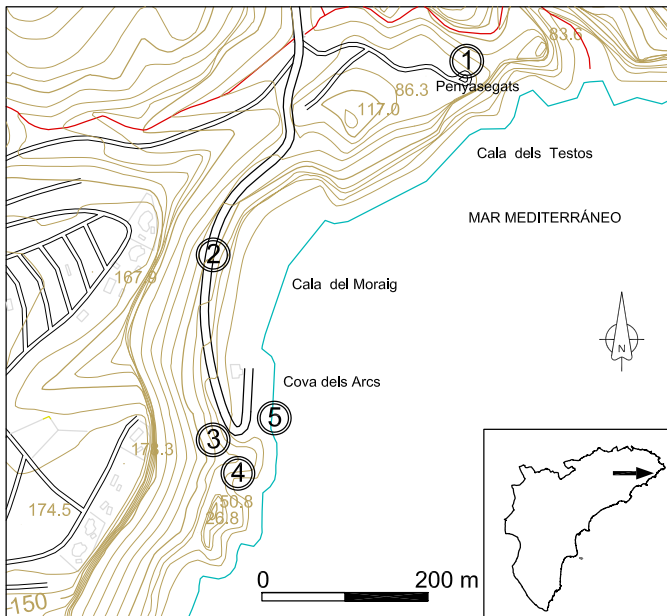
La elaboración de este guión de campo se ha basado en dos publicaciones previas. Por una parte en el libro guía «Itinerarios geológicos por el litoral de la pro-

vincia de Alicante» (Alfaro et al., 1999) y, por otra, en el itinerario elaborado por Lamaignère et al. (2004).

Se trata de un itinerario corto situado en la cala del Moraig. Esta cala se localiza en el litoral septentrional de la provincia de Alicante, en el término municipal de Benitatxell, en el contacto de la serra de la Llorença con el mar. Esta sierra, con una altura máxima de 440 m en el Puig Llorença, forma un frente acantilado con una media de 150 de altura (Fig. 1). A lo largo del acan-



**Figura 1.** Panorámica de la costa acantilada del sector septentrional de la provincia de Alicante entre la Punta de Moraira, en primer término, y el Cabo de la Nao, al fondo. En la parte central se observa la serra de la Llorença, al pie de la cual se sitúa la cala del Moraig (cortesía del Diario Información).



**Figura 2.** Mapa de localización de las paradas del itinerario de la cala del Moraig.

tilado se intercalan pequeñas calas entre los salientes rocosos (morros), una de las cuales es la del Moraig.

El itinerario discurre entre el mirador dels Morros de Benitatzell y la Cova dels Arcs, enclavada en el extremo más meridional de la playa del Moraig (Figs. 2 y 3). Para acceder a la cala del Moraig hay que llegar a Benitatzell. Desde esta población se toma una carretera hacia las urbanizaciones «Cumbres del Sol», la cala del Moraig y la cova dels Arcs. A 2,5 km, después de una pronunciada subida, se entra en las urbanizaciones (se deja a la derecha la carretera que asciende al Puig Llorença, fácilmente identificable porque está coronado por varias antenas). Se continúa por la calle principal hasta llegar a un cruce en el que hay que tomar la dirección PLAYA - FARMACIA - RESTAURANTE. Aunque nos encontramos varios cruces no debemos abandonar la principal que desciende hasta la playa. Aproximadamente 500 m antes de llegar a ella existe un cruce a la derecha con una pequeña explanada sin asfaltar. En esta explanada es recomendable dejar el vehículo.



**Figura 3.** Fotografía aérea de la cala del Moraig.



El recorrido, que no supera los 2 km de longitud, se realiza a pie. El acceso a las paradas 3 y 4 reviste cierta dificultad ya que el sendero discurre por una zona escarpada; el resto del itinerario es muy cómodo.

## 2. OBJETIVOS DEL ITINERARIO

El litoral septentrional de la provincia de Alicante está caracterizado por una costa acantilada modelada en rocas mayoritariamente carbonatadas. En primer objetivo de este itinerario es reconocer los distintos elementos de la morfología acantilada de este sector septentrional de la costa alicantina. También pretende explicar cómo la litología y las estructuras tectónicas (pliegues y fallas) controlan la morfología de estos acantilados. Especialmente se hace hincapié en la falla normal del Riu Blanc, responsable del escalón topográfico que ahora forma este acantilado.

También se describen algunas morfologías resultado de la karstificación litoral (Cova dels Arcs, socavaduras, dolinas de colapso, etc.), sin olvidar algunos aspectos de tipo estratigráfico y la identificación de algunos grupos de fósiles que nos servirán para datar estas rocas (nummulites, rudistas, orbitolinas, etc.).

## 3. CONTEXTO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico regional, la serra de La Llorença pertenece al Prebético de la Zona Externa de la Cordillera Bética, en particular a lo que se denomina Prebético Interno (ver capítulo de introducción) (Fig. 4). A continuación se describen los principales rasgos estratigráficos y tectónicos de este relieve.

### Estratigrafía

La serra de la Llorença, donde se sitúa la cala del Moraig, está constituida por un conjunto de aproximadamente 400 m de espesor de materiales carbonatados de edad cretácica sobre los que se apoyan, en discordancia erosiva, un paquete de calizas de edad eocena. En la sucesión cretácica se diferencian tres unidades estratigráficas que, de muro a techo, son: Formación Sácaras, Formación Jumilla y Formación Calizas de Jaén (Fig. 5).

El itinerario por la cala del Moraig discurre por la Fm. Sácaras, aunque en panorámica también se ob-

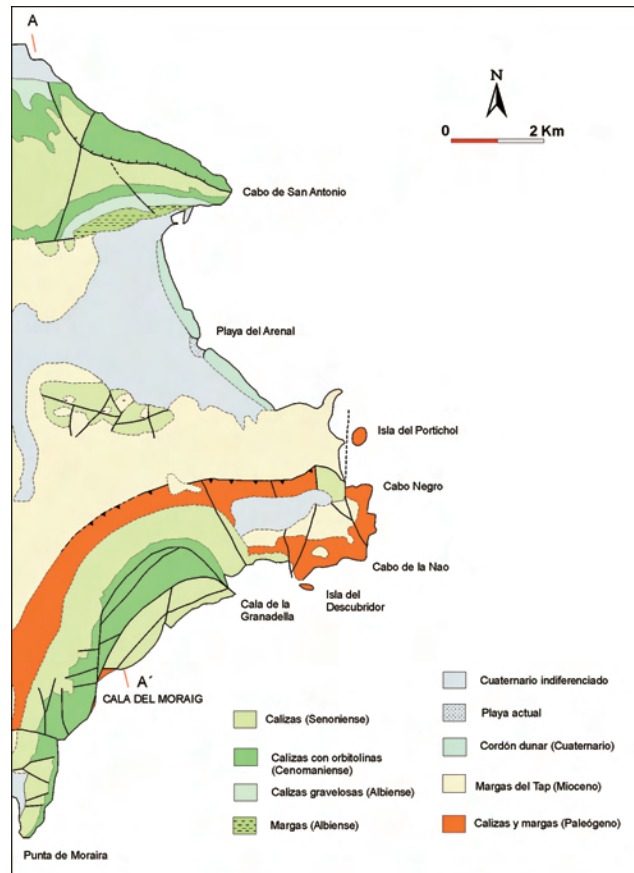


Figura 4. Mapa geológico de costa NO de la provincia de Alicante, donde se sitúa la serra de la Llorença.

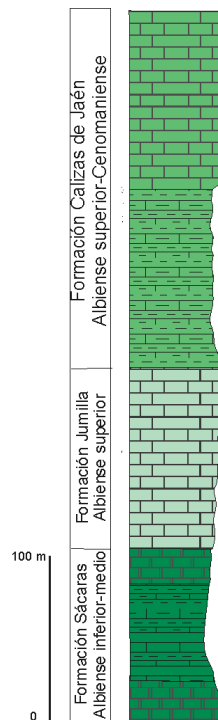


Figura 5. Columna estratigráfica de las rocas que afloran en la serra de la Llorença.



**Figura 6.** Detalle de estratos de la Fm. Sácaras ricos en orbitolinas.

servan las calizas de la Fm. Jumilla, ambas de edad Cretácico Inferior. También se reconocen, en el bloque hundido (bloque de techo) de la falla del Riu Blanc, las calizas eocenas. Las calcarenitas ocreas arenosas, margas y calizas masivas blancas de la Fm. Calizas de Jaén, de edad comprendida entre el Albiense Superior (Cretácico Inferior, 102 Ma) y el Cenomaniense Inferior (Cretácico Superior, 94 Ma) no afloran en el presente itinerario, ya que se encuentran en zonas topográficamente más elevadas (sector del Puig Llorença).

A continuación se describen los principales rasgos estratigráficos de las rocas que afloran en este itinerario:

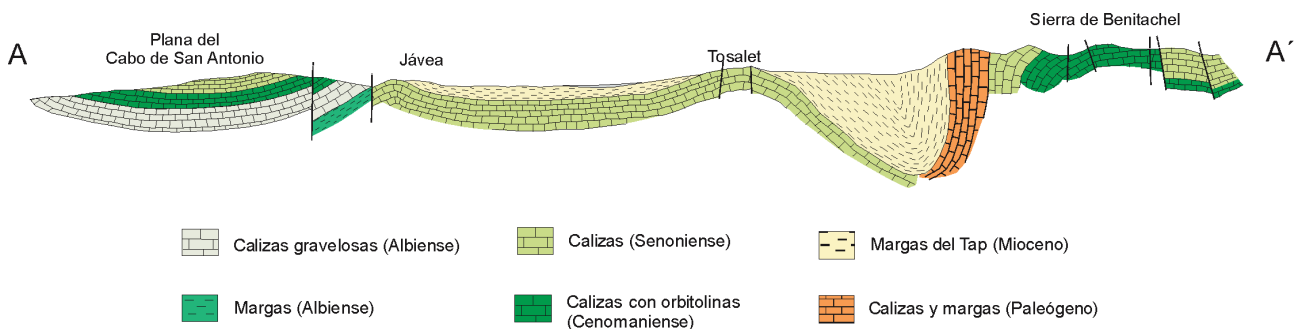
*Fm. Sácaras.* Está constituida por calcarenitas y margas ocreas. Aflora en el núcleo del anticlinal de la Granadella (ver siguiente apartado de Tectónica). El espesor de estos materiales es de aproximadamente 100 m. La edad de esta formación corresponde al Albiense Inferior-Medio (Cretácico Inferior, 112-102 Ma). Entre los fósiles destacan las abundantes orbitolinas; en algún caso se observan estratos constituidos prácticamente por estos fósiles (Fig. 6).

*Fm. Jumilla.* Formada por calizas y calcarenitas grises, que forman un resalte en el paisaje sobre los materiales de la Fm. Sácaras. Tiene una potencia aproximada de 120 m. A estos materiales se les asigna una edad Albiense Superior (Cretácico Inferior, 102-99 Ma) ya que contienen rudistas, corales, foraminíferos, etc. característicos de esta edad.

*Calizas del Eoceno* (entre 54 y 34 Ma). Están separadas de la sucesión cretácica por una discontinuidad estratigráfica erosiva. Afloran principalmente en el Puig Llorença y en el flanco NW del anticlinal de la Granadella (Fig. 4). En este itinerario se reconocen estas rocas en la Cova dels Arcs, pero su posición es tectónica; la falla del Riu Blanc ha hundido el bloque oriental poniendo en contacto las calizas eocenas con las calcarenitas y margas de la Fm. Sácaras (Cretácico Inferior).

## Tectónica

Como se puede ver con más detalle en el capítulo de introducción de este libro, las rocas de la Zona Externa de la Cordillera Bética están afectadas por una tectónica de cobertera. Los materiales del Prebético de Alicante han sido deformados por pliegues y cabalgamientos.



**Figura 7.** Corte geológico de la serra de la Llorença en el que se observa la estructura de anticlinal asimétrico y las fallas normales con la morfología «en teclado».



*Figura 8. Falla normal de salto métrico en rocas de la Fm. Sàcaras.*

En este sector septentrional de la costa alicantina se diferencian, de Norte a Sur, los siguientes pliegues: sinclinal de la plana de Sant Antoni y sinclinal de Jávea, anticlinal del Tossalet, sinclinal de Benissa y anticlinal de la Granadella (Fig. 7). Estos pliegues se formaron a partir del Mioceno y por ello los materiales eocenos también están plegados. Por otra parte, estos pliegues están cortados por fracturas (la mayoría fallas normales de dirección NW-SE y NE-SW) con saltos de oscilan entre unos pocos metros (Fig. 8) y varios centenares de metros (como la falla del Riu Blanc que se visita en la última parada de este itinerario).

### Geomorfología

Estas fallas normales producen un típico relieve escalonado que es responsable, por una parte, de la morfología acantilada y, por otra, de que el mar aumente rápidamente de profundidad en este sector de la costa (Lamaignère et al., 2004).

El acantilado está en continuo retroceso, aunque en el Mar Mediterráneo la tasa de erosión de acantilados calizos es muy baja. Este retroceso se acelera en los sectores menos resistentes como son las zonas de falla (donde las rocas están intensamente fracturadas) o las zonas karstificadas. Como se comprobará a lo largo del itinerario, la cala del Moraig se sitúa en la zona de falla del Riu Blanc.



*Figura 9. Desarrollo de la socavadura basal situada en la base de los acantilados.*

El retroceso del acantilado tiene lugar por el desarrollo de una socavadura basal por efecto del zapamiento continuo producido por el oleaje (Fig. 9). El acantilado también retrocede de forma más acelerada en aquellos lugares en los que había antiguos conductos kársticos. Algunos de estos conductos, en contacto con el mar pueden dar lugar a cavidades marinas (Cova dels Arcs) o, en el caso de que se produzca el colapso de su techo, a dolinas de colapso, algunas de las cuales se observan a lo largo de este itinerario (Fig. 10).

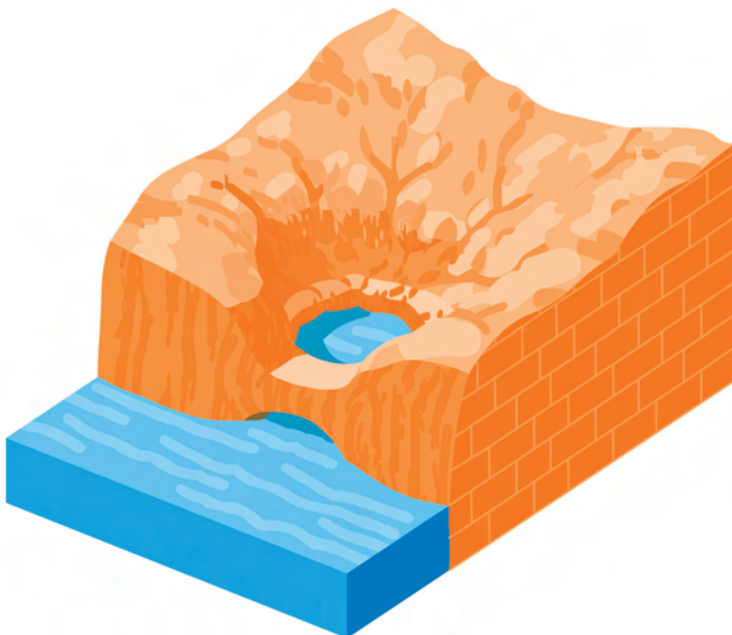


## 4. ITINERARIO GEOLÓGICO

### Parada 1. Mirador dels Morros de Benitatxell

#### Localización

Desde la pequeña explanada (aparcamiento) situada en la parte alta del acantilado de la cala del Moraig parte un camino de tierra que conduce hacia el mirador dels Morros de Benitatxell. En apenas 100 m llegamos



**Figura 10.** Dolina de colapso situada en las proximidades de la parada 4.

al mirador (coordenadas: 38° 42' 46.7" N / 0° 10' 14.6" E), desde donde se contempla una magnífica panorámica de la costa acantilada de la Llorença.

#### Descripción geológica

Desde este mirador se pueden analizar varios aspectos estratigráficos, tectónicos y geomorfológicos del itinerario.

#### Estratigrafía

En la panorámica hacia el Suroeste se observan las calcarenitas, margocalizas y margas de la Fm. Sácaras en la base y las calizas de la Fm. Jumilla en la parte superior (Fig. 11). En la parte inferior, donde se sitúa la Cova dels Arcs, también se reconocen calizas de edad eoceno lo que nos plantea la siguiente cuestión: ¿por qué estas rocas, de edad más reciente, están situadas en sectores topográficamente más bajos? A lo largo del presente itinerario se intenta resolver esta pregunta.

#### Tectónica

La serra de la Llorença tiene una estructura de anticlinal asimétrico (anticlinal de La Granadella), inclinado (vergente) hacia el oeste como se puede observar en el corte geológico de la figura 7. Tiene un flanco occidental en el que los estratos tienen buzamientos que varían desde 10° hasta verticales. Estos buzamientos del flanco occidental del anticlinal se pueden reconocer a lo largo del camino de acceso a la cala del Moraig, entre Benitatxell y las urbanizaciones «Cumbre del Sol». En la primera parte del camino, cuando asciende hacia la serra de la Llorença, se cortan varias crestas de calizas (de edad Eoceno) formadas por estratos que tienen buzamientos verticales e, incluso, invertidos. Su flanco oriental (el que se observa desde esta parada) tiene un buzamiento pequeño, ligeramente inclinado hacia el mar (en algunos puntos es incluso horizontal).

Por otra parte, esta estructura anticlinal está cortada por fallas normales de alto buzamiento (Fig. 7). Varias de ellas, paralelas a la costa, hunden sucesivamente los bloques de materiales cretácicos y terciarios hasta quedar, incluso, sumergidos en el mar. Entre estas fallas destaca la del Riu Blanc que, con un salto de varios centenares de metros, hunde todas las rocas cretácicas en el mar (esta falla se observará en las paradas 4 y 7 de este itinerario) (Alfaro et al., 1999).



### Geomorfología acantilada

A escala más local, la morfología de este acantilado está controlada principalmente por la litología. Las calizas de la Fm. Jumilla, más resistentes a la erosión, forman un perfil abrupto (cantil), mientras que las margas, calcarenitas y calizas de la Fm. Sácaras, más fácilmente erosionables, forman taludes. Cuando afloran, las calizas de edad Eoceno también forman un perfil de tipo cantil. Por tanto, a lo largo de este sector de la costa, el perfil del acantilado varía entre cantil, cantil-talud y cantil-talud-cantil. En el Suroeste de la cala del Moraig (Fig. 12) se observa este último perfil: cantil (calizas de la la Fm. Jumilla), talud (margas y areniscas de la Fm. Sácaras), cantil (calizas del Eoceno).

Por otro lado, en la parte superior del acantilado, se reconocen valles colgados producidos por un retroceso del acantilado mayor que la excavación de los valles (Lamaignère et al., 2004). Finalmente, el talud del acantilado está tapizado por un depósito coluvial en el que sobresalen bloques de grandes dimensiones procedentes del cantil (calizas de la Fm. Jumilla).

## Parada 2. Estratigrafía

### Localización

La sucesión estratigráfica que vamos a analizar en esta parada discurre por la carretera asfaltada de acceso a la cala del Moraig (Fig. 11). El itinerario comienza en la trinchera de la carretera situada junto a la parada del autobús (38° 42' 56.8" N / 0° 10' 10.1" E) y desciende hasta unos 30 m antes de llegar a la cova dels Arcs (al descender topográficamente vamos reconociendo, en la serie estratigráfica, rocas cada vez más antiguas).

### Descripción geológica

En el talud del camino se cortan sucesivamente estratos de calcarenitas, margas y margocalizas de la Formación Sácaras, todos ellos depositados durante el último piso del Cretácico Inferior (Albiense Inferior-Medio, hace 112-102 Ma). Dentro de esta formación se distinguen tres tramos, pero en este itinerario vamos a reconocer exclusivamente el tramo medio y, al final del recorrido, el tramo inferior (Fig. 13). Ambos tramos tienen las siguientes características:

**Tramo medio.** Su potencia es de 50 m y está formado por una alternancia de calcarenitas arenosas,



Figura 11. Panorámica del acantilado de la cala del Moraig en la que se han indicado los límites entre los distintos conjuntos de rocas.



Figura 12. Panorámica desde el Mirador dels Morros de Benitatxell.

margas y margocalizas con abundantes orbitolinas. Se puede observar en todo el tramo bioturbación y abundantes pistas tubulares (Fig. 13).

**Tramo inferior.** Está compuesto por calcarenitas ocre, bioclásticas y masivas. Forman estratos de escala decimétrica con superficies de estratificación



**Figura 13.** Discontinuidad estratigráfica entre el tramo inferior calcarenítico y el tramo medio más margoso (con abundantes orbitolinas) de la Fm. Sácaras.



**Figura 14.** Depósitos coluviales que contienen grandes bloques de calizas grises (pertenecientes a la Fm. Jumilla). En la parte superior del escarpe se reconocen los estratos de la Fm. Jumilla intensamente fracturados.

planas y algunos estratos presentan una organización granodecreciente. El techo de este tramo se reconoce fácilmente ya que presenta una superficie plana y neta con una pátina de óxidos de hierro ( $38^{\circ} 42' 05.9''$  N /  $0^{\circ} 10' 02.1''$  E). Debido a que el muro no aflora en esta sección no se sabe su espesor, pero se estima que puede alcanzar los 40 m.

En esta unidad llama la atención la abundancia de orbitolinas (Fig. 6), macroforaminíferos bentónicos característicos del Cretácico Inferior, que colonizaban las plataformas carbonatadas de los márgenes de Iberia.

### Parada 3. Desprendimientos rocosos

#### Localización

Antes de alcanzar el ensanche de la carretera asfaltada, parte un sendero hacia la derecha (coordenadas del inicio del sendero: N  $38^{\circ} 42' 33,1''$  E  $00^{\circ} 10' 0,9''$ ). Se avanza por el sendero hasta llegar aproximadamente a la altura de la cova dels Arcs.

#### Descripción geológica

En escarpes de paredes verticales son habituales los procesos gravitacionales, especialmente los de caída de

rocas (desprendimientos y vuelcos de losas). En la parte alta del acantilado, donde afloran las calizas de la Fm. Jumilla, existen varios planos de discontinuidad: superficies de estratificación, diaclasas (la mayoría son de tensión) y microfallas, así como diaclasas de tensión. La intersección de estos planos individualiza bloques de diverso tamaño que se encuentran en una situación inestable (también algunas de las viviendas que se apoyan sobre ellos). Estos bloques finalmente se desprenden y se acumulan a lo largo del talud formando parte de un depósito coluvial heterométrico de edad cuaternaria, constituido por cantos y bloques, algunos de los cuales alcanzan varias decenas de metros cúbicos.

A lo largo del sendero que conduce hasta la parada siguiente del Riu Blanc (parada 5), se observan varios afloramientos de estos depósitos coluviales que tapizan las margocalizas y calcarenitas de la Fm. Sácaras (Fig. 14). Si se analizan con detalle los cantos y bloques se observan calizas grises con abundantes rudistas pertenecientes a la Fm. Jumilla. En otros sectores del itinerario (p.e. en el parking y en la playa del Moraig) también existen buenas secciones de estos depósitos coluviales. Por otra parte, las excavaciones realizadas para el camino de acceso a la playa han acelerado estos procesos naturales, lo que ha obligado a realizar varias actuaciones de saneamiento del talud. Aún así, después





de un periodo de intensas lluvias es necesario limpiar la carretera de acceso porque queda cubierta parcialmente por cantos y bloques de diverso tamaño.

#### Parada 4. Falla del Riu Blanc

##### Localización

Siguiendo el sendero donde se realiza la parada anterior, se llega a una barandilla de madera situada al borde de una sima en cuyo fondo se ve el mar y que está limitada por una espectacular pared rocosa casi vertical (figura 9). Esta pared rocosa estriada es una superficie de falla perteneciente a la falla del Riu Blanc ( $38^{\circ} 42' 52.9'' N / 0^{\circ} 10' 01.6'' E$ ). Si se retrocede por el sendero, apenas a 20 metros de la barandilla se observa a la derecha (panorámica hacia el mar) un magnífico ejemplo de dolina de colapso ( $38^{\circ} 42' 53.4'' N / 0^{\circ} 10' 01.9'' E$ ).

##### Descripción geológica

La falla del Riu Blanc es una falla normal de dirección N40E y  $75^{\circ}$  de buzamiento hacia el SE que discurre paralela a la playa del Moraig, pasa por la cova dels Arcs y llega hasta el mar. La falla del Riu Blanc pone en contacto rocas de edad Cretácico Inferior en el bloque levantado con rocas de edad Eoceno en el bloque hundido. Teniendo en cuenta que las calizas eocenas afloran en el bloque hundido junto al nivel del mar mientras que en el bloque levantado lo hacen en la parte más alta de la serra de la Llorença (actualmente a aproximadamente 400 m de altura), se deduce que el salto de la falla del Riu Blanc es de varios centenares de metros (Fig. 15).

Antes de realizar las observaciones de detalle es aconsejable realizar una panorámica de la pared septentrional de la cala del Moraig (en la que se observa la mejor sección de la falla del Riu Blanc) (Fig. 16). En

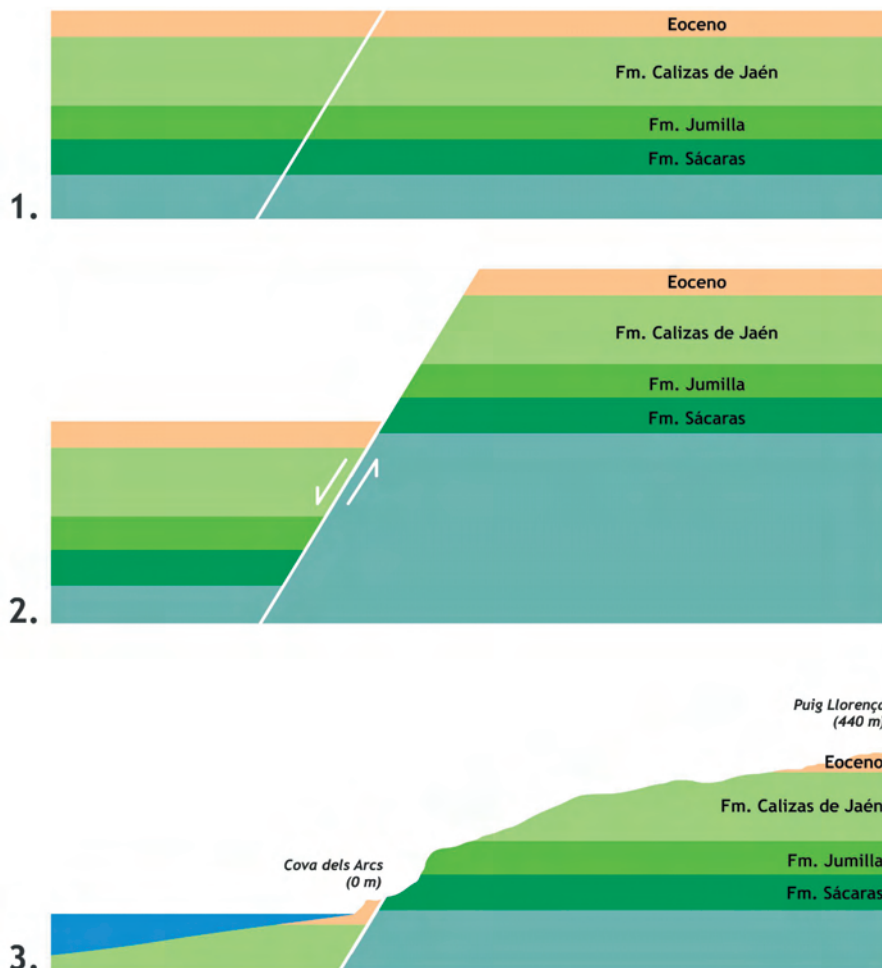


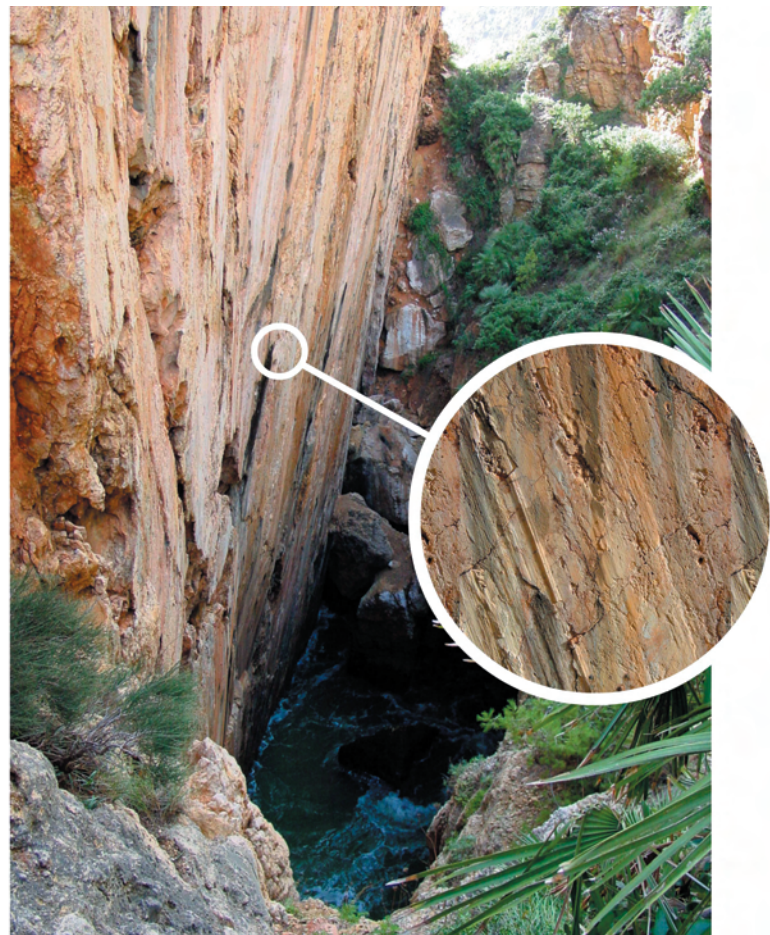
Figura 15. Panorámica de la falla del Riu Blanc.



**Figura 16.** Fotografía de la falla del Riu Blanc en el sector SW de la cala del Moraig.



**Figura 17.** Detalle de la zona de falla y de la superficie estriada del Riu Blanc.



**Figura 18.** Esquema simplificado que muestra el desplazamiento aproximado de la falla del Riu Blanc (ha hundido todas las rocas de edad cretácica en el mar).

la propia parada se observa una pared estriada que corresponde a un resto del plano de falla del Riu Blanc que, en este sector, ha quedado al descubierto (Fig. 17). Su apariencia pulida con pátinas de óxidos de hierro (espejo de falla) y las estrías formadas por la fricción de los bloques indican la dirección de desplazamiento (las estrías son casi de buzamiento, con una componente horizontal muy pequeña) (Fig. 18).

Junto a la superficie de falla se ha desarrollado una gran hendidura, en cuyo fondo se ve el mar. La hendidura coincide con una estrecha banda en la que había rocas de falla (cataclasitas, formadas por materiales «triturados» como consecuencia del desplazamiento de los dos bloques). Estas rocas de falla, menos resistentes a la erosión, han sido eliminadas por el oleaje en la parte inferior generando inicialmente una cavidad que colapsó posteriormente y formó dicha hendidura.



## Parada 5. Cova dels Arcs

### Localización

Por el sendero se regresa de nuevo a la carretera; se desciende hasta el mar y se llega a la entrada de la cova dels Arcs (coordenadas: 38° 42' 33" N / 0° 10' 02.7" E).

### Descripción Geológica

La cova dels Arcs está excavada en calizas atribuidas al Eoceno por la presencia de abundantes nummulítidos que pueden reconocerse en las paredes exteriores de la cueva.

Esta cavidad consiste en una galería amplia (Fig. 19) de la que parte un conducto principal que, en profundidad, se ramifica. Las exploraciones realizadas por espeleólogos submarinistas han permitido reconocer 2 km de conductos totalmente sumergidos que llegan a una profundidad de 60 m bajo el nivel del mar (Lamaignère et al., 2004). Esta cavidad kárstica, desarrollada inicialmente en condiciones subaéreas, fue inundada durante el último ascenso del nivel del mar (hace aproximadamente 15.000 años el nivel del mar estaba situado entre 150 y 100 m por debajo de la posición actual; entonces comenzó un rápido ascenso conocido como transgresión flandriense que alcanzó la posición actual hace aproximadamente 6.000 años). Desde entonces, la Cova dels Arcs ha estado sometida a la acción erosiva del oleaje y a la meteorización química (disolución).

Según Cortés et al. (2003) en la Cova dels Arcs se sitúa una surgencia submarina por la que descarga el acuífero de Benissa. El agua es salobre porque, según estos autores, se produce una mezcla entre el agua dulce del acuífero y el agua del mar que entra por el sumidero de Toix; situado unos 20 km al Sur (ver itinerario «El agua en la provincia de Alicante» de este libro).

## 5. ACTIVIDADES Y MATERIALES DIDÁCTICOS SUGERIDOS

Como complemento a este itinerario recomendamos el itinerario elaborado por Lamaignère, M.L., López, J.A., Monreal, F. y Vidal, V. (2004), en el que se incluyen algunos aspectos complementarios y, especialmente, se sugieren actividades para realizar con estudiantes.



Figura 19. Panorámica desde el interior de la Cova dels Arcs.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, P., Andreu, J.M., Delgado, J., Estévez, A, García, E., López Arcos, M., Rodríguez, M., Soria, J.M. y Yébenes, A. (1999). Itinerarios geológicos por el litoral de la provincia de Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alicante.
- Castro, J.M. (1998). Las plataformas del Valanginiense Superior-Albiense Superior en el Prebético de Alicante. Tesis doctoral, Universidad de Granada y Jaén, 464 p.
- Cortés, J.M., Antoranz, A., Menvielle, S., Ratsimandresy, A., Cisneros, J., Ramos, S., Cabrera, M.C., Serrano, V. y Mateu, J. (2003). La intrusión marina en el sistema de cuevas Moraig-Toix. Un estudio para la recuperación del acuífero de la depresión de Benissa (Marina Alta-Alicante). Boletín nº 4 SE-DECK, Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- Fumanal, M.P. (1995). Los acantilados béticos valencianos. El Cuaternario del País Valenciano, 177-185.
- Lamaignère, M.L., López, J.A., Monreal, F. y Vidal, V. (2004). Cala del Moraig. En: «Itinerarios geológicos por la provincia de Alicante para su utilización en Bachillerato», Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alicante, 293-310.
- MAGNA. Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja de Jávea.

