

# Sábado 31 de mayo de 2014

## ITINERARIO GEOLÓGICO POR LA CALA DEL MORAIG (Benitatxell)

El itinerario discurre por el entorno de la cala del Moraig, ubicada en la comarca de la Marina Alta (provincia de Alicante), en la costa acantilada del término municipal de Benitatxell, entre las poblaciones de Moraira y Jávea (Fig. 1).



Figura 1. Mapa del itinerario de la cala del Moraig con la localización de las paradas.

### CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA CALA DEL MORAIG (serra de la Llorença)

La cala del Moraig se ubica en los materiales carbonatados de la sierra de la Llorença (Fig. 2), donde destaca el Puig de la Llorença; este pico es el más elevado del término municipal de Benitatxell con 439 m de altitud y es uno de los miradores privilegiados de la región. Las rocas de la serra de la Llorença pertenecen al Prebético de la Zona Externa de la Cordillera Bética.

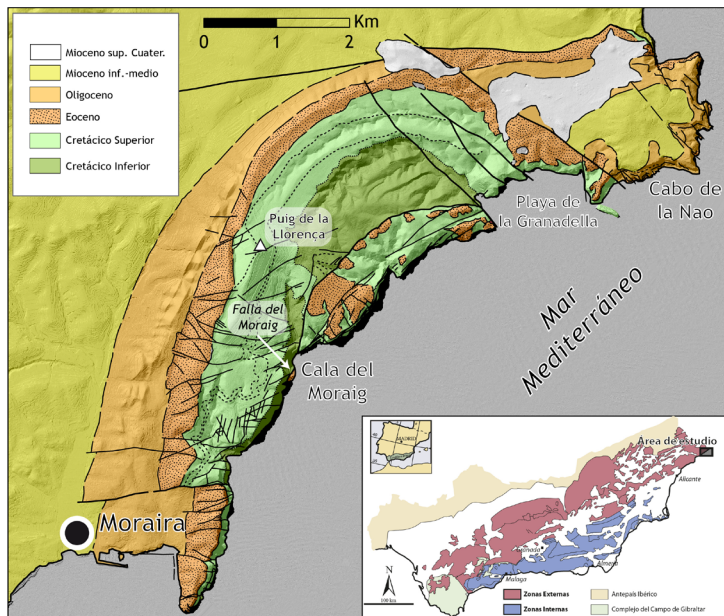


Figura 2. Mapa geológico de la sierra de la Llorença y el entorno de la cala del Moraig.

## Estratigrafía

La serra de la Llorença presenta una potente sucesión estratigráfica de edad comprendida entre el Albiense y el Mioceno (Fig. 2), con un espesor total de más de 1000 m. Los materiales cretácicos, en los que se desarrollan los acantilados y buena parte de la ladera oriental de este relieve, están representados por tres formaciones: Fm. Sácaras (Albiense Inferior-medio), constituida por calcarenitas y margas ocres; Fm. Jumilla (Albiense Superior p.p.), formada por calizas grises con corales y rudistas; y Fm. Caliza de Jaén (Albiense terminal-Cenomaniense inferior), formada por calizas blancas con orbitolinas y calcisferas. Discordante sobre esta sucesión se encuentran las calizas con nummúlidos del Eoceno, a las que sucede una unidad de calizas y margas del Oligoceno, y finalmente la unidad de margas del Mioceno denominada “Tap”, que se extienden en la ladera occidental y los relieves alomados del sector de Teulada.

## Tectónica

El estilo tectónico de la provincia de Alicante ha sido condicionado por la existencia de materiales arcillosos y evaporíticos triásicos de facies Keuper, depositados sobre el basamento varisco paleozoico. Estos materiales actúan como nivel de despegue entre el basamento y el resto de la cobertera sedimentaria, dando lugar a una tectónica de tipo *thin skinned*. Sobre el basamento y este nivel de despegue, se formó un tren de pliegues junto con algunos cabalgamientos y fallas de salto en dirección. El anticlinal de la serra de la Llorença (Fig. 2) y el sinclinal de Benissa son una muestra de este conjunto de pliegues de la Zona Externa. Además de los pliegues mencionados, en la serra de la Llorença, se observan numerosas fallas normales de diferente salto. Entre ellas destaca la falla del Moraig que, con más de 500 m de desplazamiento, es responsable de la costa acantilada de la cala del Moraig.

## ITINERARIO GEOLÓGICO

El itinerario geológico consiste en una parada preliminar panorámica desde el mirador turístico situado en la carretera que une Benitatxell y la urbanización Cumbres del Sol, y un breve recorrido de unos 3 km de longitud por el entorno de la cala del Moraig en el que se realizarán cuatro paradas (Fig. 1).

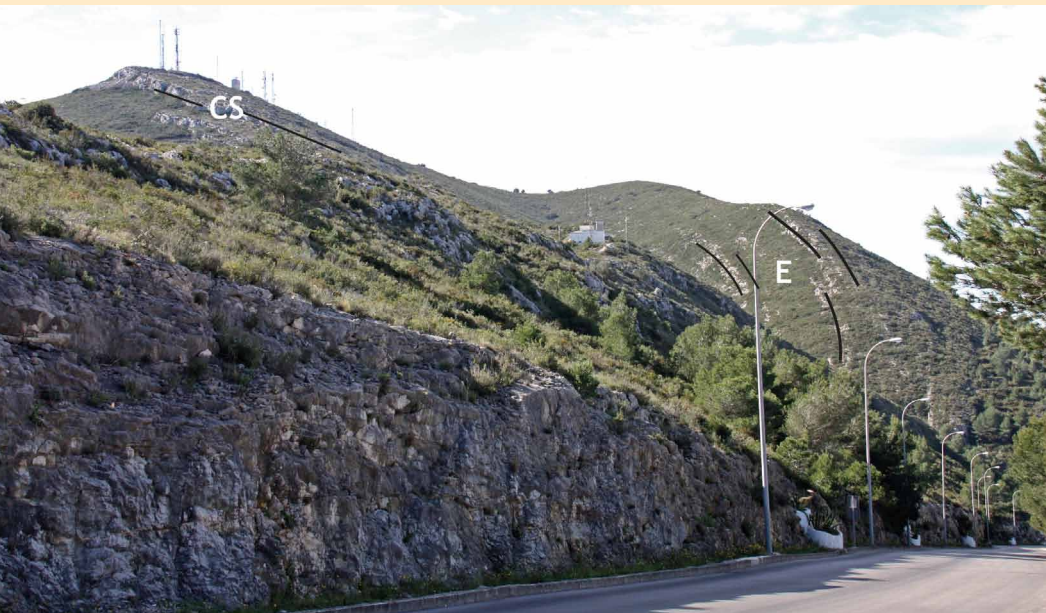
### ■ PARADA 1. MIRADOR TURÍSTICO

Desde este mirador se contempla una espectacular panorámica del cabo de San Antonio, el Mongtó, la sierra de Bernia, el peñón de Ifach y serra Gelada, entre otros relieves de la Zona Externa de la Cordillera Bética (Prebético de Alicante).

En el detalle, se observa el anticlinal que domina la estructura de la serra de la Llorença (Figs. 2 y 3). La característica más destacada de este anticlinal es que presenta una charnela curva, con una dirección que varía entre NNE-SSW y casi E-W. Es un pliegue vergente al NW-N con un flanco occidental-septentrional subvertical o ligeramente invertido y un flanco SE-S subhorizontal o con ligeros buzamientos hacia el mar (Fig. 5).

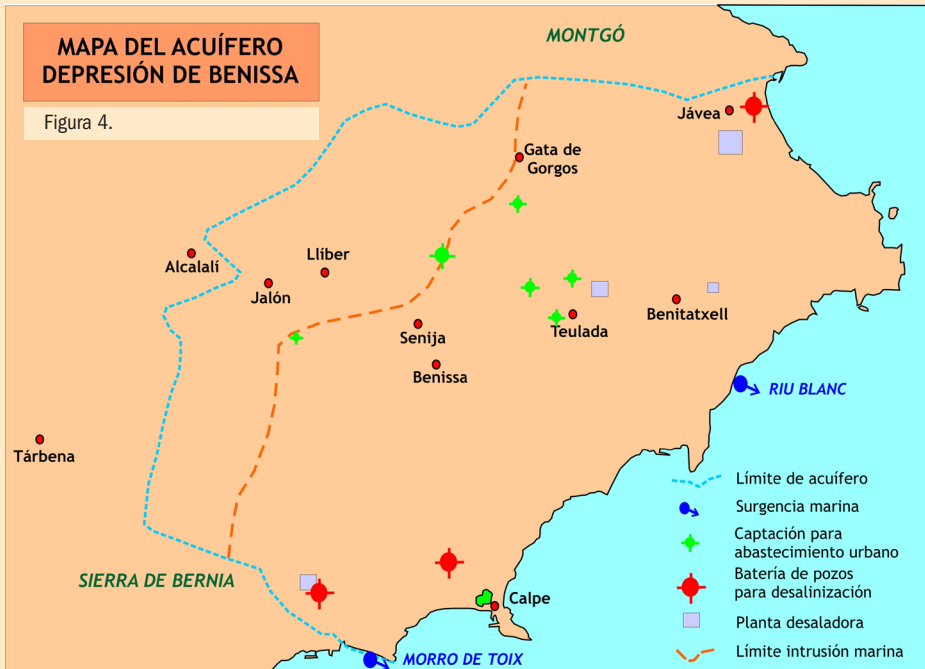
Si se realiza una panorámica hacia el SSW, se observa en la cima de la serra de la Llorença las capas del Cretácico Superior (donde se encuentran las antenas) buzando hacia el NW. Sobre ellas, se observan margas y calizas del Eoceno que van aumentando de buzamiento hasta verticalizarse e, incluso, invertirse (Fig. 3). En panorámica hacia el W, se reconoce una cresta de calizas verticales del Oligoceno, y una amplia depresión sobre la que se sitúan las poblaciones de Benitatxell y Teulada, donde se sitúan las margas del Mioceno (“Tap”).

Figura 3. Panorámica hacia el SSW (hacia lo alto de la Llorença) desde el mirador turístico situado en la carretera entre Benitatxell y la urbanización Cumbres del Sol. Se observan las capas plegadas del Cretácico Superior (CS) y del Eoceno (E).



## MAPA DEL ACUÍFERO DEPRESIÓN DE BENISSA

Figura 4.



### Acuífero de la Depresión de Benissa

El acuífero de la Depresión de Benissa es uno de los acuíferos más grandes de la provincia de Alicante, ya que su superficie alcanza 253 km<sup>2</sup> (DPA, 2007). Se extiende entre el Morro de Toix y el Cabo de San Antonio por su parte oriental; a lo largo del borde meridional del Montgó por su parte N, está limitado por las sierras de Castell de la Solana, Cocoll y la cuenca de Tárben por su sector occidental, y alcanza de nuevo el Morro de Toix siguiendo la dirección de la sierra de Bernia (ver figura 4).

El acuífero de Benissa es un sistema muy complejo constituido principalmente por calizas del Cretácico y Oligoceno cuya potencia sobrepasa los 500 m. La existencia de niveles impermeables, junto con el alto grado de tectonización de la región, favorece la compartimentación del sistema. Esto permite la coexistencia de bloques con diferentes niveles piezométricos y desigual grado de saturación que llegan a desarrollar pequeños reservorios colgados de carácter local. No obstante, a grandes rasgos es posible establecer un nivel piezométrico general, pudiéndose considerar como un único acuífero.

Los límites del sistema son algo inciertos. A grandes rasgos, las calizas que constituyen el acuífero contactan lateralmente con diferentes formaciones de margas y arcillas de diferentes edades. Así, las margas del Cretácico Inferior confinan lateralmente el borde N. En el borde W son las arcillas del Keuper y el propio impermeable basal de margas cretácicas las que actúan como barreras laterales, mientras que en el sector S son las margas del Eoceno. De cualquier forma, todo parece indicar que existen conexiones hidráulicas con otros acuíferos adyacentes, sobre todo a lo largo de su borde occidental. Por último, la franja costera, comprendida entre el Morro

de Toix y el Cabo de San Antonio, constituye un límite abierto con el mar.

La alimentación proviene principalmente de la lluvia caída sobre los aproximadamente 130 km<sup>2</sup> de materiales permeables que afloran en los bordes del sistema. La precipitación media está comprendida entre 400 y 800 mm/año. También se establecen entradas procedentes del río Jalón-Gorgos y lateralmente desde otros acuíferos occidentales. Las entradas medias se estiman en 20 hm<sup>3</sup>/año (DPA, 2007). El patrón de circulación se encuentra dividido en dos sectores definidos por un umbral piezométrico situado en torno a Benissa. El sentido de flujo en el sector septentrional es E-NE, mientras que en el meridional va hacia el S. La descarga natural de este acuífero se produce mayoritariamente por la surgencia de Moraig y, en menor medida, por otros manantiales situados a lo largo de la franja costera, así como de manera oculta por su parte septentrional hacia los acuíferos de Jávea y Solana de Llosa. A lo largo del acuífero existen numerosos sondeos que bombean sus aguas. Para un año hidrológico de pluviometría media, las descargas totales de agua dulce se han cuantificado del orden de 13 hm<sup>3</sup>/año, siendo los bombeos medios de 7 hm<sup>3</sup>/año.

En cuanto a las características fisicoquímicas de sus aguas, éstas muestran una gran variabilidad. Coexisten aguas de baja mineralización (<300 mg/L) y facies bicarbonatada cálcica, especialmente en las partes interiores del acuífero, con aguas altamente mineralizadas (> 10000 mg/l) y de facies clorurada sódica resultantes de la mezcla de agua dulce-agua del mar. La intrusión marina es el principal problema de este acuífero.

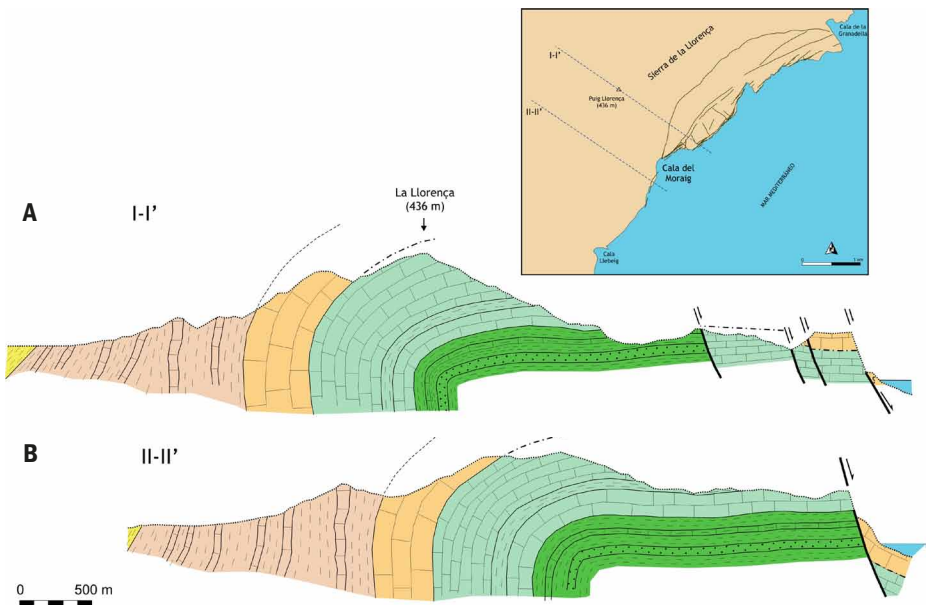
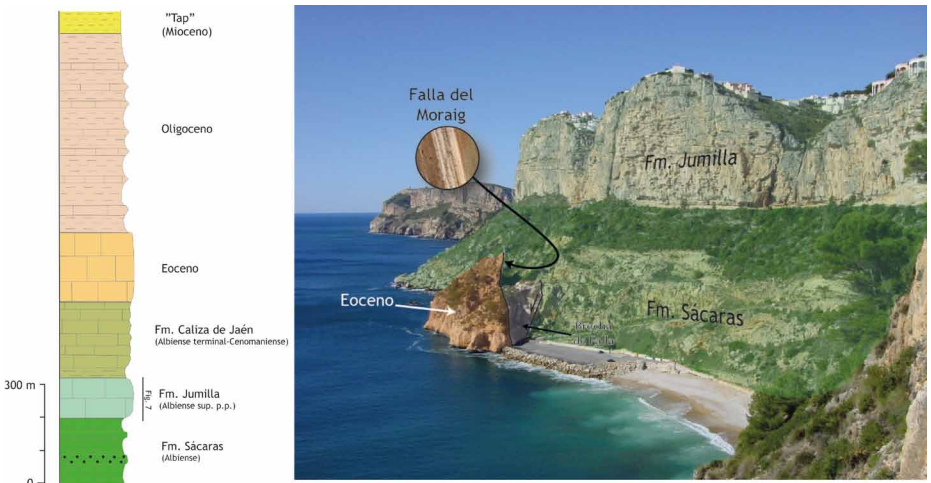


Figura 5. **A.** Esquema cartográfico de la falla del Moraig. **B.** Cortes geológicos transversales a la falla en los que se puede observar, además, el anticlinal de la sierra de la Llorença.

## PARADA 2. MIRADOR DELS PENYASSEGATS

Desde el aparcamiento situado en la parte alta de la cala del Moraig, se accede por un sendero de apenas 200 m a un espectacular mirador de la cala (Fig. 6). Desde aquí se observan los principales conjuntos litológicos del itinerario y la geomorfología acantilada de la costa. Además, con los datos observados en la parada previa, se completa la estructura anticlinal de la sierra de la Llorença.

Figura 6. Izquierda: Columna estratigráfica de la sierra de la Llorença. Derecha: Panorámica del acantilado de la cala del Moraig en el que se han indicado los diferentes conjuntos de rocas (ver texto).



## El Cretácico de la Llorença

Los materiales cretácicos de la Llorença, que dominan la costa acantilada de su vertiente oriental, pertenecen al Prebético Interno, que está formado por los materiales depositados en la parte más distal de la plataforma marina desarrollada en el Paleomargen Sudibérico durante el Mesozoico. La sucesión estratigráfica está formada por materiales del Albiense-Cenomaniense, con un espesor de aproximadamente 400 m.

La Fm. Sácaras (Albiense Inferior-medio) está formada por 100 m de calcarinitas ocreas con orbitolinas intercaladas con niveles de margas con erizos y ammonites. Esta unidad se depositó en ambientes de plataforma marina abierta, con sedimentación mixta terrígena-carbonatada.

La Fm. Jumilla (Albiense superior p.p.) (Fig. 7), está constituida por 113 m de calizas grises con corales y rudistas, en las que se han reconocido dos ricas asociaciones de facies: una asociación de ambientes someros de alta energía con predominio de facies de corales, y otra asociación de ambientes más restringidos y calmados, dominada por facies micríticas con rudistas,

localmente con evidencias de exposición subaérea. Una de las características más interesantes de esta unidad es la ciclicidad de diverso rango que ha permitido su división en dos secuencias deposicionales y numerosos ciclos elementales de facies. Esta formación representa un importante episodio de progradación de plataformas carbonatadas en el Prebético, y el final del desarrollo de facies urgonianas.

La Fm. Caliza de Jaén (Albiense terminal-Cenomaniense inferior), está formada por 200 m de calizas, que en la parte inferior contienen intercalaciones margosas y niveles de "orbitolinita" y hacia techo pasan a calizas micríticas con calcisferas y foraminíferos planctónicos. Esta formación es el registro local de la gran transgresión marina ocurrida durante el Albiense terminal y el Cenomaniense inferior en la placa Ibérica, que también tuvo como consecuencia el depósito de las calizas blancas del macizo del Montgó.

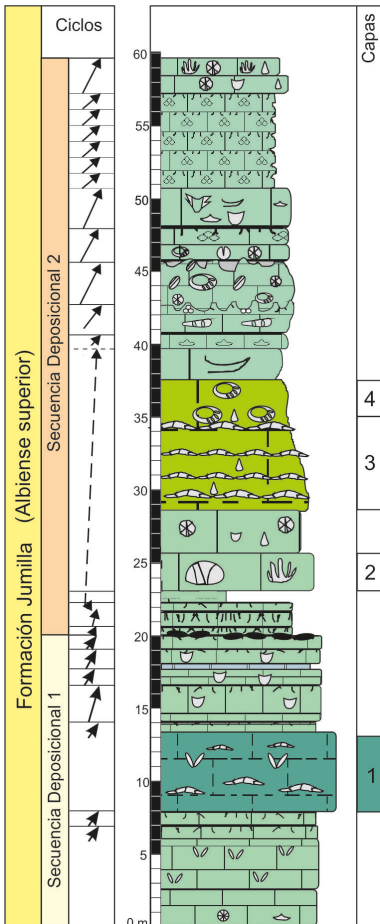


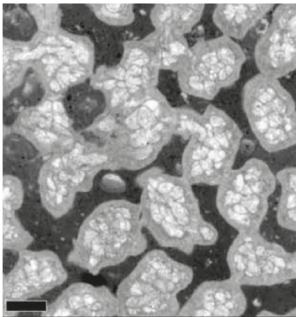
Figura 7. Sección estratigráfica de la Fm. Jumilla en la Llorença. 1 a 4 son las capas ricas en corales. Los nuevos taxones se localizan en la capa 1.

## Una reserva de paleobiodiversidad: los corales del Albiense de la Llorença

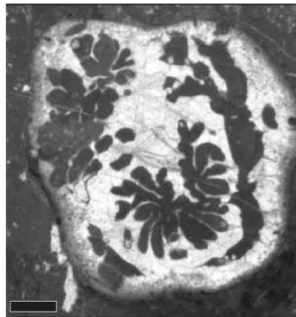
Un estudio reciente sobre las faunas de corales de la Fm. Jumilla en la Llorença (Löser et al., 2013) ha puesto de manifiesto una elevada biodiversidad local de este grupo fósil, con la descripción de 35 especies pertenecientes a 28 géneros, que incluyen dos nuevos géneros (*Heteropistophyllum* y *Pleurodendron*) y seis nuevas especies (*Pleurodendron prebeticum*, *Aulastraea crassicalix*, *Metaulastraea elae*, *Mitrodendron ultimus*, *Silingastraeva valentina* y *Paraacanthogyra hispanica*), todos definidos a partir de los afloramientos de la Llorença, que se convierte de este modo en una referencia para los corales del Albiense superior a nivel mundial (Fig. 8).

A escala global se ha constatado un declive en la diversidad de faunas de corales durante el Albiense, que se relaciona con los efectos de los Eventos Anóxicos Oceánicos del Aptiense y Albiense inferior

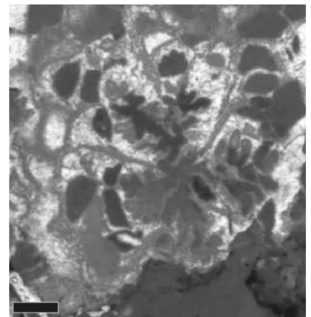
(OAE 1), y del ascenso de la temperatura de las aguas marinas. Esta reducción en la biodiversidad de corales tuvo su culminación en un importante evento de extinciones que tuvo lugar al final del Cenomaniense, en relación con el OAE 2. La recuperación tras este evento supuso una importante renovación de las faunas de corales en el Cretácico Superior. La presencia de una rica asociación de corales en el Albiense superior de la Llorença se considera ligada a su paleogeografía singular y representa una oportunidad única para establecer la relación entre las ricas asociaciones del Cretácico Inferior y las del Superior, a la vez que ha permitido ampliar el conocimiento sobre la distribución paleobiogeográfica y la evolución de los corales escleractinios durante la transición entre el Cretácico Inferior y el Superior.



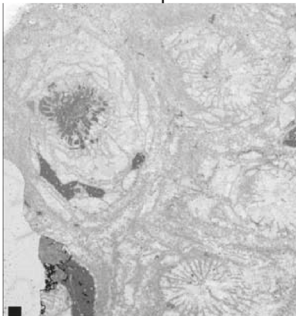
*Pleurodendron prebeticum*\*



*Mitrodendron ultimus*



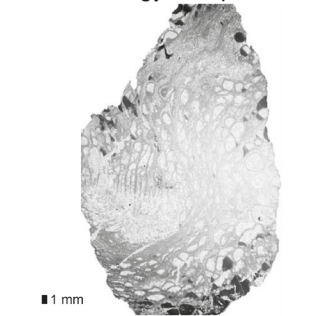
*Paraacanthogyra hispanica*



*Metaulastraea elae*



*Silingastraeva valentina*



*Aulastraea crassicalix*

Figura 8. Nuevas especies de corales definidas a partir de los afloramientos de la Llorença.

\* Nuevo género.

### ■ PARADA 3. SENDERO HACIA CALA LLEBEIG

Después de regresar al aparcamiento nos dirigimos ahora al sendero conocido como Ruta de los Acanuilados, que conduce a la cala Llebeig. Avanzaremos por él solamente unos 500 m, aproximadamente por el contacto estratigráfico entre las calcarenitas de la Fm. Sácaras y las calizas de la Fm. Jumilla. En este breve recorrido podremos ver numerosas evidencias de la karstificación de las calizas de la Fm. Jumilla y su estrecha relación con la fracturación.

Las fracturas asociadas al anticlinal de la Llorença y, especialmente, las asociadas a la falla del Moraig y otras fallas normales, favorecen el desarrollo kárstico en la zona no saturada del acuífero de Benissa. Las calizas de la Fm. Jumilla contienen una densa red de conductos kársticos. Algunos de estos conductos están rellenos total o parcialmente de espeleotemas de diferente naturaleza, entre los que destacan las coladas o flowstones y las estalactitas.

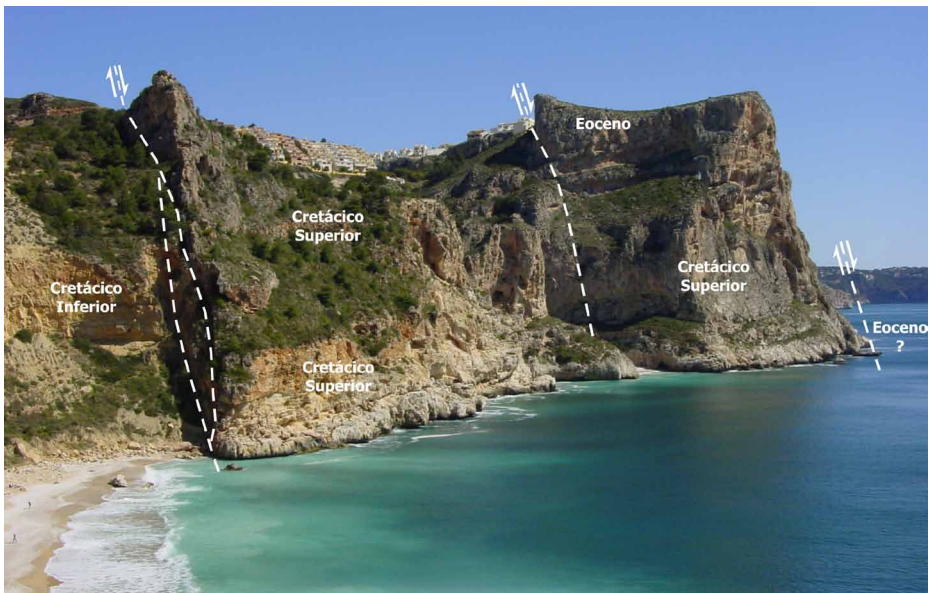


Figura 9. Panorámica del extremo norte de la cala del Moraig donde se observa cómo la falla del Moraig, hacia el norte, se ramifica en varias fracturas (ver figura 5A). En la fotografía se han señalado tres de las más importantes.

### ■ PARADA 4. SENDERO TEMÁTICO DE LA CALA DEL MORAIG

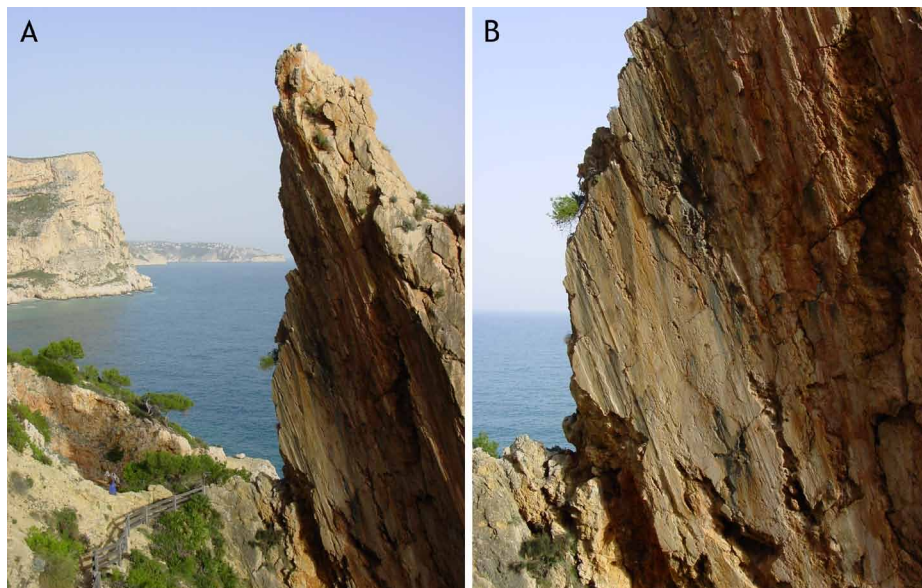
Regresamos de nuevo al aparcamiento y descendemos por la carretera asfaltada hacia la cala del Moraig. Aproximadamente a unos 100 m antes de llegar a la cala tomamos a la derecha un sendero que, en algo más de 300 m, nos conduce a un impresionante afloramiento de la falla del Moraig, donde además se encuentra la surgencia del riu Blanc.

## La falla del Moraig

La falla del Moraig es una falla normal cuya traza cartográfica se extiende entre las calas del Moraig y de la Granadella y que probablemente se prolonga algunos kilómetros más bajo el mar hacia el SSW, bordeando la costa acantilada entre la cala del Moraig y la punta de Moraira. La falla tiene un trazado curvo en el que se diferencian tres segmentos de diferente dirección (NNE-SSW en la cala del Moraig, NE-SW en su parte intermedia y casi E-W en las proximidades de la cala de la Granadella) (Fig. 2). En el extremo meridional la zona de falla es más estrecha y el salto se acomoda en un único plano principal, mientras que hacia el NE, la falla se ramifica en varios planos entre los que se distribuye el salto, que producen varios escalones topográficos (Figs. 5 y 9). En la cala del Moraig y sus alrededores existen varios afloramientos, algunos de gran espectacularidad, en los que se observa la superficie de falla, con un buzamiento de entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$  hacia el ESE. Se observan estrías principalmente de buzamiento, con un rake de  $70^\circ$  hacia el S (Fig. 10). Usando como marcador las calizas del Eoceno, se ha podido estimar que la falla del Moraig tiene un salto mínimo de unos 500 m en su segmento más meridional. Este desplazamiento se produjo durante el Mioceno medio y, probablemente, el inicio del Mioceno superior. La erosión diferencial de la roca de falla en el sector SW de la cala del Moraig (mirador situado en el extremo de la ruta temática de la falla del Moraig) ha dejado expuesto, de forma espectacular, el plano de falla. Al fondo de esta espectacular “hendidura” se sitúa la entrada a la cueva del Moraig (Fig. 10).

La falla del Moraig no es la única que existe en este entorno, sino que en toda la costa del norte de la provincia de Alicante aparecen numerosas fallas de características similares, las cuales también han sido descritas en el fondo marino (Yébenes et al., 2002). De hecho, estas fallas son las responsables de los espectaculares acantilados que jalonan el litoral septentrional de la provincia.

Figura 10. Aspecto de la falla del Moraig en el extremo SW de la cala del Moraig.



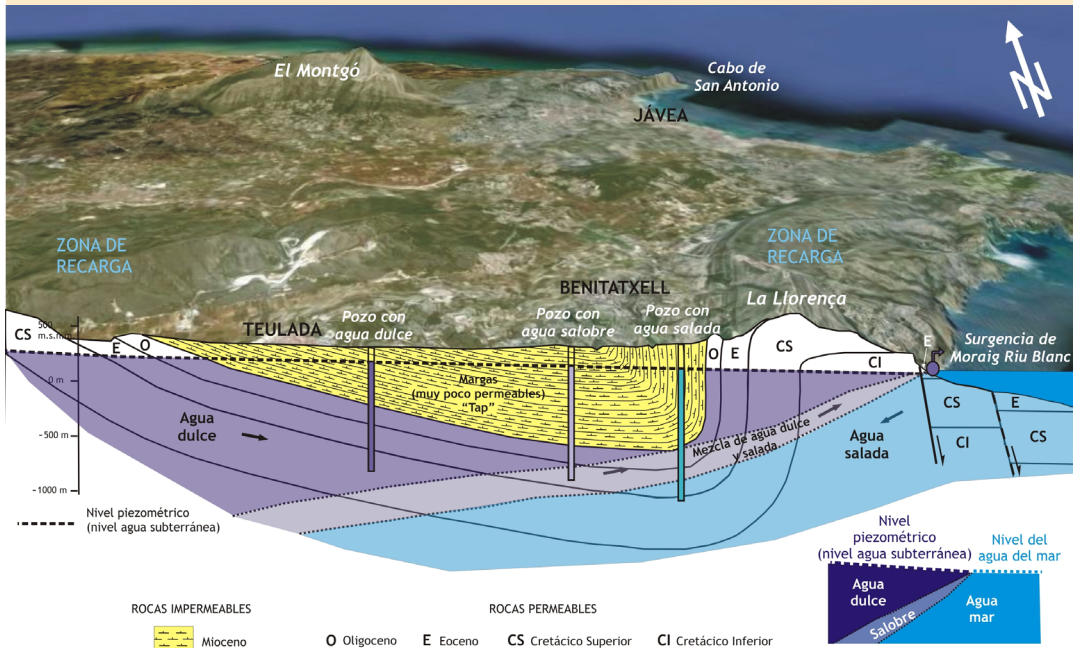
## El manantial del Moraig

El manantial del Moraig es el principal punto de descarga del acuífero de la Depresión de Benissa. Este manantial, también denominado riu Blanc, surge de la cueva del Moraig situada aproximadamente 100 m al S de la cala del Moraig y a cota de nivel del mar (Fig. 11). Forma parte de un complejo entramado de galerías de dirección predominante SSE-NNO, que aprovechando planos de discontinuidad como consecuencia de la fracturación, se desarrollan en los carbonatos cretácicos (Fig. 12). La cueva del Moraig presenta unas dimensiones de 7 m de ancho y 2 m de alto, alcanzando en algunos puntos hasta 10 m de diámetro. El techo es plano y el fondo contiene abundante sedimento y bloques desprendidos. La longitud es superior a 1000 m, si bien, todavía no está totalmente explorada.

El manantial presenta un comportamiento típico de “surgencia kárstica”, de manera que su caudal experimenta grandes oscilaciones en función de las características climáticas. En periodos de intensas precipitaciones se han registrado caudales superiores a 1 m<sup>3</sup>/s; descargas que muchas veces pueden llegar a ser reconocibles desde el mirador de la falla del Moraig, e incluso en ocasiones se distingue una pluma de aguas enturbadas adentrándose hacia el mar (Fig. 13).

Una característica de este manantial es la elevada salinidad de sus aguas (20 g/L). El origen de tal mineralización se atribuye al proceso de intrusión marina, como consecuencia de presentar su límite abierto con el mar.

Figura 11. Sobre una imagen de Google Earth se ha realizado un esquema sencillo del acuífero de Benissa. Se ha señalado la parte de la roca que contiene agua dulce y salada, y la zona de tránsito que contiene una mezcla salobre. Además, se ha indicado la posición de la surgencia del riu Blanc.



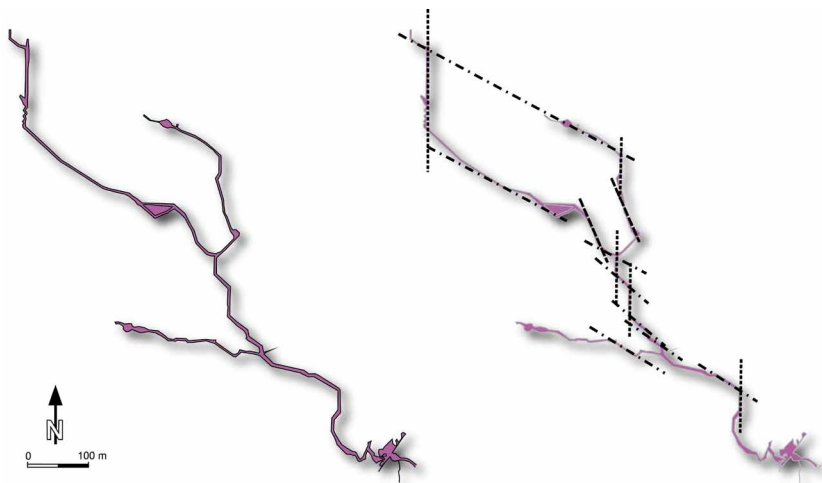


Figura 12. Topografía en planta de la cueva del Moraig realizada por Bernhard Pack. En la imagen de la derecha se han superpuesto con líneas discontinuas varias direcciones de fracturación; se puede observar cómo la cavidad se ha desarrollado siguiendo algunas de esas fracturas.

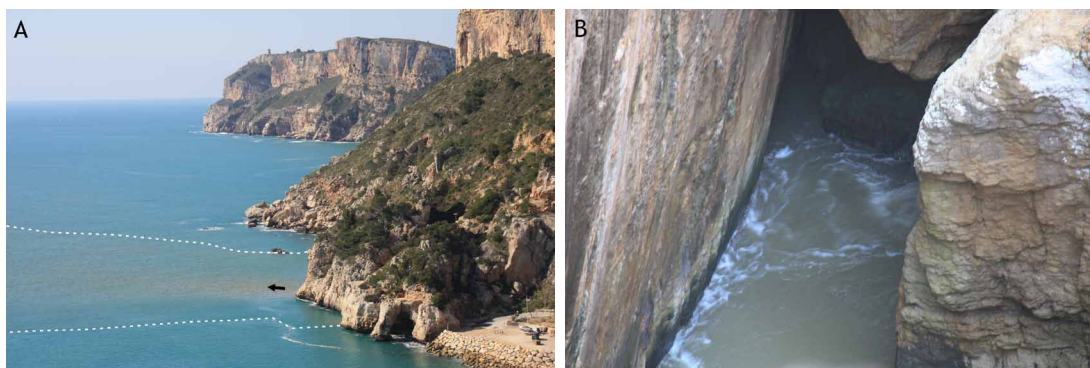


Figura 13. **A.** En periodos de fuertes precipitaciones es posible reconocer la descarga del riu Blanc (acuífero de Benissa) que forma una pluma de turbidez visible desde diferentes lugares de la costa.

**B.** En el mirador de la falla del Moraig se puede reconocer la descarga del acuífero.

## ■ PARADA 5. COVA DELS ARCS

Retrocedemos por el sendero temático de la cala del Moraig hasta llegar a la carretera y bajamos hasta la misma cala, donde nos encontraremos con la cova dels Arcs, última parada del itinerario. Esta cueva se ha desarrollado en calizas del Eoceno.

Como ya hemos mencionado anteriormente, la naturaleza carbonatada de las rocas del entorno de la cala del Moraig favorece los procesos de karstificación. En el extremo meridional de la playa del Moraig se sitúa la singular cova dels Arcs, que constituye un bellissimo ejemplo de este proceso kárstico.

Además, cuando el oleaje permite el acceso a la cueva es posible observar en sus paredes la existencia de planos de la zona de falla del Moraig.



Figura 14. Panorámica de la Cova dels Arcs, con la falla del Moraig en la parte superior. En la fotografía de detalle se observa un grupo de visitantes en su interior durante la celebración del Geología de 2011.

---

## REFERENCIAS

- AGUILERA ET AL. (2011). *Geología Alicante 2011: Cala del Moraig, Benitatxell*. 24 p.
- DPA (2007). *Los manantiales provinciales. Segunda parte*. Excma. Diputación Provincial de Alicante, 236 p.
- LÖSER, H., CASTRO, J.M. Y NIETO, L.M. 2013. *Late Albian Scleractinian corals from the Prebetic zone (SE Spain)*. – *Palaeontographica*, 301, 1/2: 1-62; Stuttgart.
- YÉBENES, A., ALFARO, P., DELGADO, J., ESTÉVEZ, A. Y SORIA, J.M. (2002). *Sea cliffs resulting from late Miocene extensional tectonics: the Serra Gelada case study (Betic Cordillera, Spain)*. *Geomorphology*, 42, 197-211.