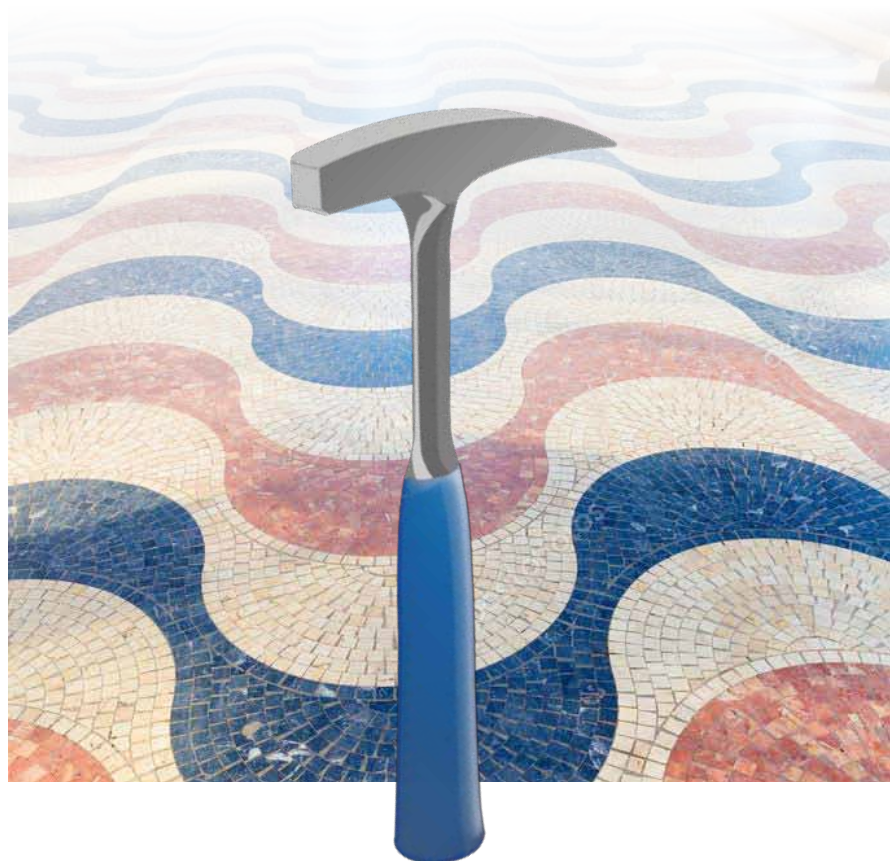


RUTA GEOLÓGICA POR ALICANTE





Equipo de trabajo GeoAlicante

Ainara Aberasturi, Pedro Alfaro, José M. Andreu Rodes, José F. Baeza, Olga Bedmar, David Benavente, Idael F. Blanco, Antonio Borrego, Miguel Cano, Juan Carlos Cañaveras, Hugo Corbí, Jaime Cuevas, José Delgado, Davinia Díez Canseco, Antonio Estévez, Santiago Falcés, Miguel Fernández Mejuto, Ignacio Fierro, M^a Ángeles García del Cura, Alice Giannetti, José Vicente Guardiola, Iván Martín Rojas, Javier Martínez, Iván Medina Cascales, Salvador Ordóñez, Juan Peral, Juan Fran Pérez, Fernando Pérez Valera, José Antonio Pina, Juan Romero, Sergio Rosa Cintas, Eva Santamaría Pérez, Juan Luis Soler, Jesús M. Soria, José E. Tent-Manclús, Roberto Tomás y Alfonso Yébenes.

Taller de imagen de la UA

Nati Calleja, Roberto Ruiz y Patrick Vázquez

UA Divulga Oti Rodríguez

Diseño Enrique López Aparicio

ISBN 978-84-09-25594-8

© 2020 Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante



Figura 1. Grabado de principios del s. XVII y fotografía desde el parque de la Ereta de la Cara del Moro. Dominando la ciudad de Alicante se encuentra el monte Benacantil, en cuya cumbre se edifica la fortaleza de Santa Bárbara. La erosión ha modelado la roca en un perfil conocido por los alicantinos como la "Cara del Moro", que es una de las imágenes emblemáticas de la ciudad.

PRESENTACIÓN

El equipo de divulgación GeoAlicante del Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante participa en el evento “Noche Europea de los Investigadores” desde el año 2018. En las ediciones de 2018 y de 2019 organizó la actividad “Geología para Tod@s” que consistió en una ruta de unos 2 km por los laboratorios de Geología y zonas verdes del Campus de la Universidad de Alicante. Los más de 3000 participantes pudieron disfrutar de más de unas 30 actividades de divulgación, de las diferentes especialidades geológicas.

En esta edición del año 2020, desde varias entidades del entorno Mediterráneo se ha promovido MedNight 2020 “La Noche Mediterránea de las Investigadoras”, cuyo objetivo principal es que las personas jóvenes y la sociedad en general se sientan atraídas por la ciencia.

Para la edición de 2020 el equipo de divulgación GeoAlicante había diseñado una ruta geológica en el corazón de la ciudad de Alicante, que transcurría entre el castillo de Santa Bárbara y la playa del Postiguet. Debido a la pandemia del COVID-19 la actividad se realizará de forma virtual durante la última semana de noviembre. Se ha diseñado una ruta que transcurre por lugares tan emblemáticos de la ciudad como el castillo de Santa Bárbara, la Cara del Moro en el monte Benacantil, el parque de la Ereta, la Iglesia de Santa María, el paseo de la Explanada o la playa del Postiguet.

Hemos elaborado un vídeo y una guía de la ruta, en la que los ofrecemos una mirada geológica de estos lugares icónicos de nuestra ciudad. Esta iniciativa pretende mostrar cómo la Ciencia y la Geología en particular está presente en cada detalle de nuestro día a día, en este caso recorriendo el núcleo urbano de Alicante.

Desde la Universidad de Alicante, queremos dedicar unas palabras de agradecimiento a la estrecha colaboración de la Concejalía de Cultura del Excmo. Ayuntamiento de Alicante.

Esperamos que disfrutéis de esta magnífica ruta turística de la ciudad, con el valor añadido de la Geología. Y también deseamos que podamos compartir y disfrutar este recorrido con tod@s vosotr@s de manera presencial en la edición del próximo año 2021.

Un cordial saludo

Equipo de divulgación GeoAlicante

MED NIGHT 2020

EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALICANTE

El término municipal de Alicante puede presumir de tener un patrimonio geológico variado y sobresaliente. Tiene rocas con edades comprendidas entre el Triásico Medio (más de 230 millones de años) y el Cuaternario. En un territorio de apenas unos 200 km² existen afloramientos de rocas del Triásico, Jurásico, Cretácico, Paleoceno, Eoceno, Mioceno, Plioceno y Cuaternario. Esta gran geodiversidad unida a una apasionante historia geológica reciente (la ciudad está situada sobre un antiguo límite de placas y sobre una falla activa), es responsable de que Alicante posea en su término numerosos Lugares de Interés Geológico (LIG). Aunque existen más, en todo el término se han catalogado 31 LIG.

Destacan algunos afloramientos que son considerados como localidades “tipo” porque en ellos se ha definido una nueva especie o unidad estratigráfica. Además, incluso hay catalogado un lugar de interés mineralógico debido a su rareza y singularidad. La mayor parte de las localidades inventariadas pertenecen al Cretácico y al Mioceno Superior-Plioceno.



Figura 2. Yacimiento paleoicnológico "El Porquet 1" en el término municipal de Alicante. Excavado por un equipo del Museo Paleontológico de Elche-Fundación Cidarís, el Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante y el Patronato de Cultura del Ayuntamiento de Alicante. Se trata de uno de los sitios paleontológicos más relevantes de la provincia, declarado BIC por el DOGV en enero de 2019.



Figura 3. Afloramiento de estromatolitos gigantes del Messiniense en la sierra de Colmenar, junto a la Ciudad de la Luz. En la fotografía también se reconoce el límite Plio-Mioceno. Sobre los estromatolitos, separados por una superficie de erosión, hay depósitos marinos de edad Plioceno. Esta superficie representa el tiempo sin depósitos marinos previo a la reinundación del Mediterráneo, después de la Crisis de Salinidad del Messiniense.

Desde el punto de vista paleontológico el yacimiento más importante es El Porquet 1. Esto ha llevado a su protección legal por la Consellería de Educación, Cultura y Deporte como Bien de Interés Cultural (BIC), dentro de la categoría de Zona Paleontológica. El Porquet 1 es una capa de carbonatos con huellas y rastros de distintos mamíferos estrechamente vinculados al evento de desecación del Mediterráneo, al final del Messiniense (hace unos 5,5 millones de años). Y en una zona próxima, en la sierra del Colmenar, y en rocas de la misma edad, no podemos olvidar el impresionante afloramiento de estromatolitos gigantes, que son estructuras bioconstruidas con espectaculares formas en domo fruto de la actividad de cianobacterias.

Uno de los enclaves geológicos que con más atractivo se ofrece al ciudadano o turista es la visita a la isla de Nueva Tabarca. Esta visita no solo permite disfrutar de un espacio con una variada geología (paleontología, tectónica, geomorfología) sino que también posee el aliciente de realizar un pequeño trayecto costero en barco. Ambas actividades ofrecen vistas que permiten interpretar la geología del litoral alicantino. Esta privilegiada situación también dota a dicho espacio de un gran potencial didáctico y docente.

La conocida como discordancia de Villafranqueza es un lugar único en toda la provincia. Su gran valor deriva de la combinación de distintas importancias (científica, didáctica y paisajística). En este LIG es posible ver evidencias de dos grandes eventos geológicos de la provincia: el momento en el que se formaron las principales montañas durante el Mioceno y cómo ha evolucionado recientemente el relieve de Alicante. La discordancia erosiva afecta a materiales plegados del Eoceno, sobre los que se apoyan areniscas del Mioceno Superior.



Figura 4. Discordancia de Villafranqueza. Situada en el paraje de las Lomas de Garbinet y Racó de Santana, ha sido usada durante más de veinte años por numerosas promociones de estudiantes. En ella está reflejada la historia geológica de Alicante de los últimos 50 millones de años. Además de la etapa principal de deformación de la orogenia alpina en este sector y de la erosión de los pliegues que deforman las rocas del Eoceno, se reconoce la deformación reciente, todavía activa, que afecta a las calcarenitas del Mioceno Superior, situadas en el flanco Noroeste del sinclinal de San Juan.

Ambos materiales poseen un elevado potencial paleontológico y resulta necesaria la colaboración ciudadana para conservar adecuadamente este lugar, evitando la recogida de fósiles y colaborando en la vigilancia del mismo.

Por su interés docente, destaca el Cabo de la Huerta que cada año es visitado por miles de escolares de diferentes niveles educativos (desde educación Primaria a Universidad), y que lo convierten en una excepcional aula para la enseñanza de la Geología y de la Biología. De hecho, en este enclave se realiza todos los años la actividad de divulgación “Geoyincana Alicante”, en la que ya han participado casi 10.000 estudiantes desde la primera edición celebrada en el año 2012.



Figura 5. Panorámica del cabo de la Huerta. Constituye una de las aulas de la naturaleza que posee la ciudad de Alicante en su entorno urbano. El acceso en transporte público, la fácil accesibilidad de su itinerario y su geodiversidad lo convierten en un lugar privilegiado para la enseñanza de la geología en un entorno de gran belleza paisajística. Otros lugares privilegiados de la ciudad para la actividad docente es la discordancia de Villafranqueza (Fig. 4) y las lagunas de Rabasa.



El profesor Jiménez de Cisneros a principios del siglo XX contaba que los lugareños llamaban *dinerets* a los fósiles de nummulites. Esta denominación popular tiene una explicación lógica ya que este nombre les viene de su forma discoidal semejante a la de una moneda (del latín *nummus*). Su existencia está registrada por primera vez en algunos escritos griegos, en los que se interpreta como los restos fosilizados de las lentejas que componían el menú de los obreros que construyeron las pirámides de Gizeh.

Otros lugares de interés se encuentran en la sierra de Fontcalent, en el río Monnegre, en el entorno de las lagunas de Rabasa o en la Serra Grossa, con su excepcional afloramiento de fallas en la estación del TRAM de Sangueta.

Mediante el proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante), este rico y variado patrimonio alicantino, está siendo reconocido y protegido por el Ayuntamiento de Alicante. Previo a ello, multitud de investigadores y especialistas han dedicado horas y esfuerzo al conocimiento, situación que les termina otorgando valor. Así, es necesario destacar el interés de la administración municipal en incorporar este patrimonio al Catálogo de Bienes y Espacios protegidos, situación que dota a dichos enclaves de cierta protección urbanística. Además, de forma pionera, contamos con un lugar de interés geológico y paleontológico (La Cruz del Siglo, en el Monte Tossal) que gracias a su transformación ordenada se va a convertir en un bosque urbano que integrará el patrimonio geológico en su aprovechamiento social. Todo en el mismo centro de la ciudad.



Figura 6. Panorámica de la falla del Monnegre, que separa margas blancas del Cretácico y arcillas rojas y yesos del Triásico Keuper.



Figura 7. Panorámica de la antigua cantera situada en la Serra Grossa, junto a la estación del TRAM "La Sangueta". Se observan numerosas fallas que desplazan algunos metros las capas del Mioceno Medio (Serravaliense).

ITINERARIO



- 1 Las montañas de Alicante
- 2 La falla de Crevillente: un relieve activo
- 3 El mar mioceno
- 4 La Cara del Moro: una historia de millones de años
- 5 Desprendimientos rocosos
- 6 Las rocas de la iglesia de Santa María
- 7 Mares antiguos en el paseo de la Explanada
- 8 Evolución de la playa del Postiguet

RUTA

Ruta urbana que transcurre entre el castillo de Santa Bárbara, el parque de la Ereta, la plaza de la Basílica de Santa María, el paseo de la Explanada y la playa del Postiguet.

La ruta se puede realizar en los dos sentidos

- Punto de inicio: cima del castillo de Santa Bárbara (sector de las antenas). Sentido de la ruta de parada 1 a parada 8.
- Punto de inicio: playa del Postiguet. Sentido de la ruta de parada 8 a parada 1.

DISTANCIA

2,3 km

DURACIÓN APROXIMADA

1 h 30 m (incluidas las explicaciones)

DESNIVEL ACUMULADO

Aproximadamente 130 metros

NIVEL DE DIFICULTAD

Bajo. El itinerario discurre por paseos urbanos y por algunas de las plazas y calles del centro de Alicante.

En algún tramo del castillo de Santa Bárbara y del paseo de la Ereta la pendiente es algo mayor (se recomienda calzado adecuado de senderismo).

PARADA 1

EL CASTILLO DE SANTA BÁRBARA: UN MIRADOR DE LAS MONTAÑAS DE LA PROVINCIA DE ALICANTE

La provincia de Alicante es una de las más montañosas de la península Ibérica. Aunque en ella no destaca una cima con gran altitud, tiene muchas montañas separadas por valles con desniveles notables (por ejemplo, hay más de 45 que sobrepasan los 1000 metros de altitud). Estas montañas pertenecen a la Cordillera Bética.

Desde lo alto del castillo de Santa Bárbara se observa una extraordinaria panorámica de las montañas de la provincia de Alicante, especialmente de las situadas al Norte, que pertenecen a lo que geológicamente conocemos como Zona Externa.

Desde un punto de vista geológico, estas montañas son muy jóvenes; solo tienen unos pocos millones de años. En el Mioceno, hace unos 20 millones de años, todo lo que nos alcanza la vista estaba cubierto por el mar.



Figura 8. Panorámica de la ciudad de Alicante con las montañas de la Cordillera Bética (Zona Externa) situadas al norte. Imagen de Google Earth Studio.

Desde entonces, las placas Africana y Euroasiática, conjuntamente con otra placa más pequeña, la placa de Alborán, han estado acercándose continuamente. Debido a la colisión entre estas placas, las rocas de ese mar mioceno comenzaron a plegarse y a fracturarse, elevándose poco a poco hasta que el fondo de este mar mioceno fue emergiendo progresivamente.

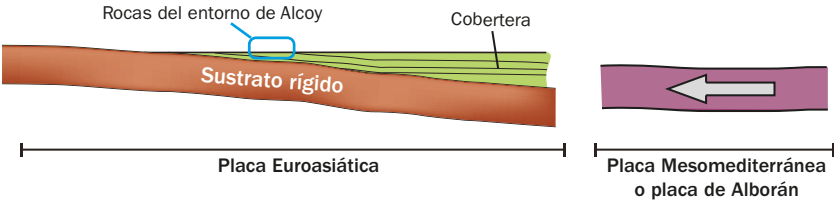
De esta manera, se formó un tren de pliegues que se extiende hasta las provincias de Valencia y Albacete. En esos pliegues, las partes más altas de cresta, que en geología llamamos anticlinales, coinciden con las principales sierras de nuestra provincia como Aitana, Mariola, Maigmó, Peña Migjorn o Cabeçó d'Or, entre otras muchas. Por el contrario, los senos o partes más

bajas, que conocemos como sinclinales, coinciden en su mayor parte con los pequeños valles que se reparten por toda nuestra provincia y donde se asientan muchas de las poblaciones del interior.

Lo más apasionante es que este relieve sigue vivo, pues las placas siguen aproximándose a una velocidad de unos 5 milímetros al año.

¡La historia continúa!

HACE 20 MILLONES DE AÑOS. ANTES DE LA COLISIÓN



ACTUALIDAD. DESPUÉS DE LA COLISIÓN

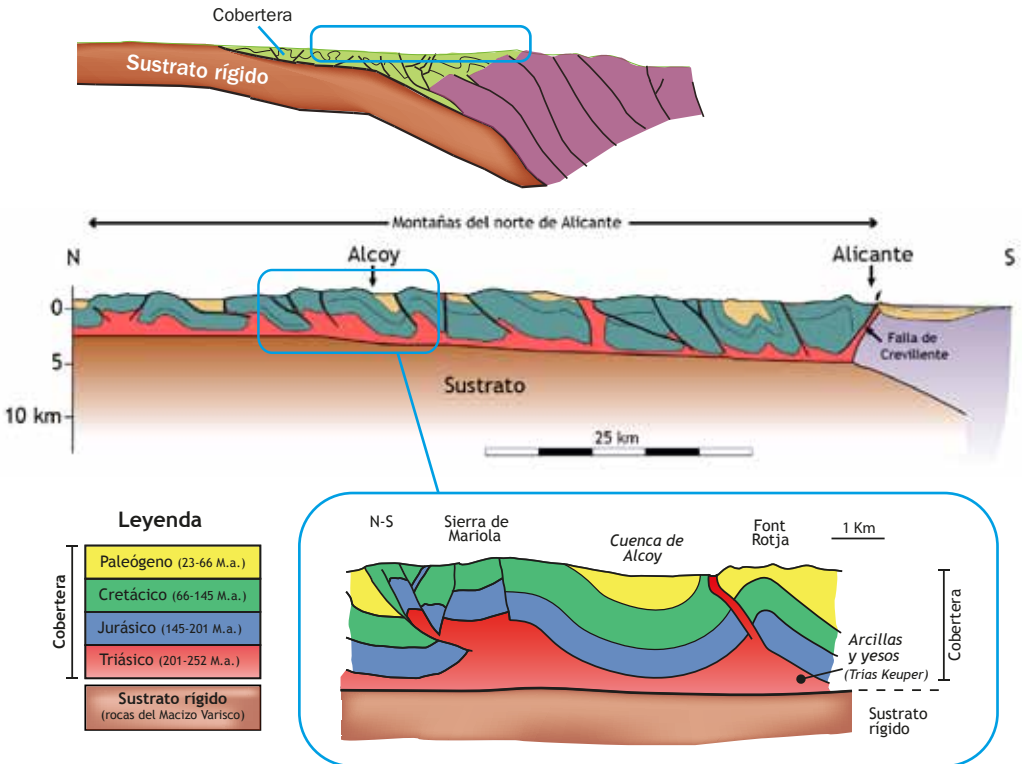


Figura 9. Durante el Mioceno, la placa Euroasiática se introdujo por debajo de la placa de Alborán (bloque Mesomediterráneo). La cobertera sedimentaria (rocas del Triásico, Jurásico, Cretácico y Terciario) que quedaba encima del sustrato, del basamento de Iberia, se deformó intensamente formando un tren de pliegues. Las crestas de esos pliegues (anticlinales) coinciden con las principales sierras de la provincia (Mariola, Aitana, Cabeçó d'Or, entre otras muchas), mientras que en los senos (sinclinales) se sitúan los valles. En la parte central se incluye un corte geológico idealizado de la Zona Externa de la Cordillera Bética en la que se observa este tren de pliegues entre la ciudad de Alicante y el sur de la provincia de Valencia.

PARADA 2

LA FALLA DE CREVILLENTE, EL MONTE BENACANTIL Y LA SERRA GROSSA: UN RELIEVE ACTIVO

El relieve de la ciudad de Alicante está estrechamente condicionado por la Geología. En la ciudad destacan dos elevaciones especialmente queridas por los alicantinos: el Monte Benacantil (con el castillo de Santa Bárbara en su cumbre) y la Serra Grossa. Estos relieves han sido elevados por el movimiento de una falla tectónica, la falla de Crevillente. Esta gran fractura hace que gran parte de la ciudad se eleve, aunque unas zonas se levantan más que otras, dando lugar a la particular fisonomía de Alicante, caracterizada por barrios altos y bajos.

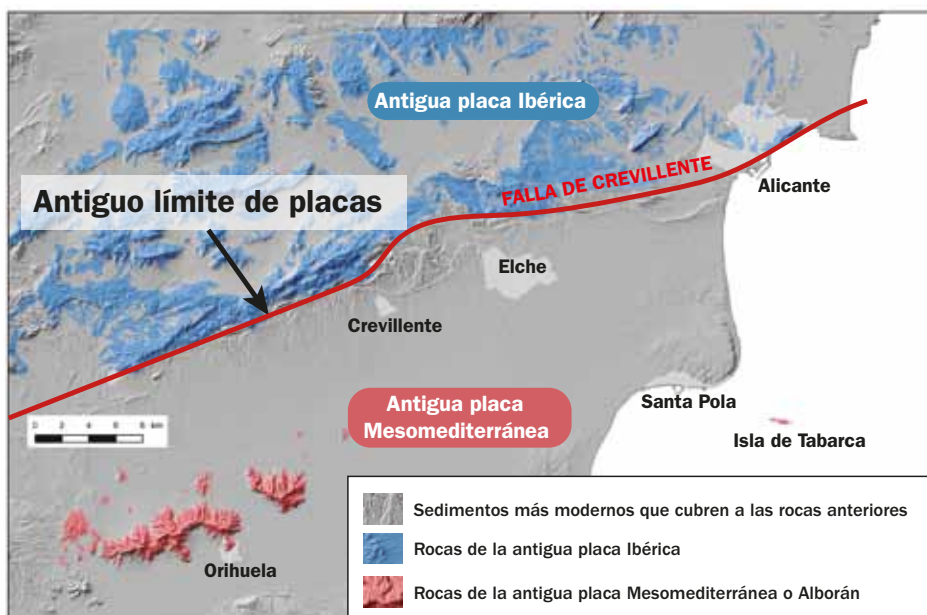


Figura 10. La falla de Crevillente se extiende desde el municipio de Abanilla, pasa al Norte de Albuera, de Crevillente, de Elche y atraviesa el casco urbano de Alicante antes de adentrarse en el mar. En el pasado geológico reciente, durante el Mioceno, fue un límite de placas que separaba Eurasia, al Norte, de la placa de Alborán o placa Mesomediterránea, al Sur.



La falla de Crevillente se encuentra en un corredor de fallas que se extiende a lo largo de más de 250 kilómetros entre Almería y Alicante, y que se prolonga en el mar en ambos extremos. En este corredor se encuentran algunas de las principales fallas activas de la península Ibérica como la falla de Carboneras, Palomares, Alhama de Murcia, Carrascoy, Bajo Segura y Crevillente. En ellas se produjo el reciente terremoto de Lorca de 2011, y el terremoto de Torre Vieja de 1829.

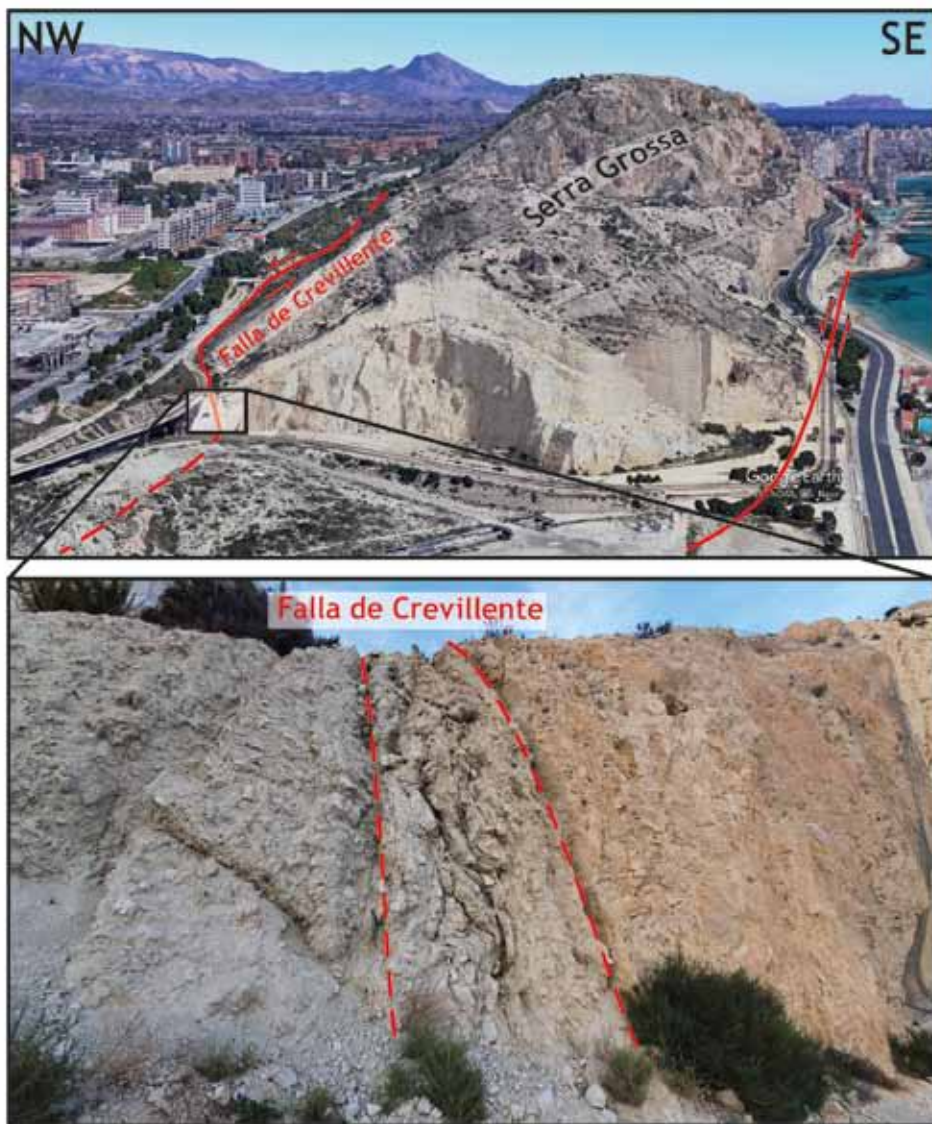


Figura 11. En el extremo occidental de la Serra Grossa (La Cantera) podemos observar la zona de falla de Crevillente, en un magnífico afloramiento junto a la vía del TRAM.



La falla de Crevillente sigue moviéndose en la actualidad. Las investigaciones basadas en datos GPS indican que lo hace a una velocidad de entre 0,4 y 0,7 milímetros cada año. La actividad de esta falla explica parte de los terremotos que se registran entre las localidades de Alicante, Elche, Crevillente y Albaterra.

PARADA 3

PASEANDO POR UN MAR DEL MIOCENO A TRAVÉS DE LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS DE ALICANTE

Las rocas de la Serra Grossa y del monte Benacantil derivan de los sedimentos que se depositaron en un mar que en el Mioceno Inferior y Medio (entre hace 23 y 14 millones de años) cubría lo que hoy en día constituye Alicante y sus alrededores. En estas rocas podemos observar una gran cantidad y diversidad de fósiles de organismos típicos de mares someros como grandes erizos irregulares y diversos tipos de bivalvos y gasterópodos. Una característica común de estos fósiles es que sus conchas tienen un gran espesor. El grosor de las conchas fósiles nos indica que estos organismos vivían en entornos costeros y de plataforma marina dominados por corrientes energéticas, en los que conchas muy delgadas se fragmentarían con extrema facilidad. Pese a dicho espesor de la concha, en algunos enclaves del castillo encontramos los fósiles totalmente rotos en fragmentos milimétricos, lo cual acredita la alta energía del medio en el que vivieron.

En estas rocas también podemos reconocer las galerías ramificadas producidas por antiguos crustáceos que las excavaban como estrategia de alimentación y/o protección frente a los factores del medio y de los depredadores. Estas galerías se asemejan a las excavadas por un buen número



Estas rocas calcareníticas son abundantes en el entorno de Alicante, por lo que se han empleado habitualmente como material de construcción. Las podemos encontrar en algunos edificios históricos representativos de la ciudad de Alicante, como el castillo de Santa Bárbara, la Basílica de Santa María o el Ayuntamiento de Alicante. La observación de sus fachadas nos permitirá identificar varios restos fósiles y nos permitirá deducir el origen marino de estas rocas del Mioceno.



Figura 12 A. Molusco bivalvo incorporado en los sillares de la Basílica de Santa María, procedente de las calcarenitas del Mioceno extraídas en relieves adyacentes a la ciudad de Alicante. Se trata, en este caso, de un gran fragmento de la parte posterior de la concha del bivalvo en la que se aprecia la costulación en toda su superficie. Si observamos con atención, en todos los sillares se encuentran fragmentos milimétricos de estas conchas.



Figura 12 B. Equinodermo irregular en un sillar de la Basílica de Santa María. La sección transversal muestra el perfil y las partes esqueléticas internas de un erizo de mar del Orden Clypeasteroidea, caracterizados por vivir semienterrados o enterrados a poca profundidad en los fondos de materiales arenosos móviles.

de crustáceos actuales. Están cubiertas por un armazón de *pellets* o bolas de arena fina que los crustáceos elaboran y utilizan para reforzar la pared de la galería y, de esta forma, evitar su colapso.

Del estudio de mares actuales, sabemos que los crustáceos suelen colonizar los fondos rápidamente y en gran cantidad después de eventos de tormenta, aprovechando el fondo blando y la materia orgánica que se deposita junto al sedimento. De esta observación y del tipo de granos presentes en las rocas, de su tamaño y de la fragmentación de otros restos fósiles, así como de la disposición en láminas del sedimento podemos deducir que estamos “viendo” registrados en estas rocas episodios de tormenta de hace más de 15 millones de años.

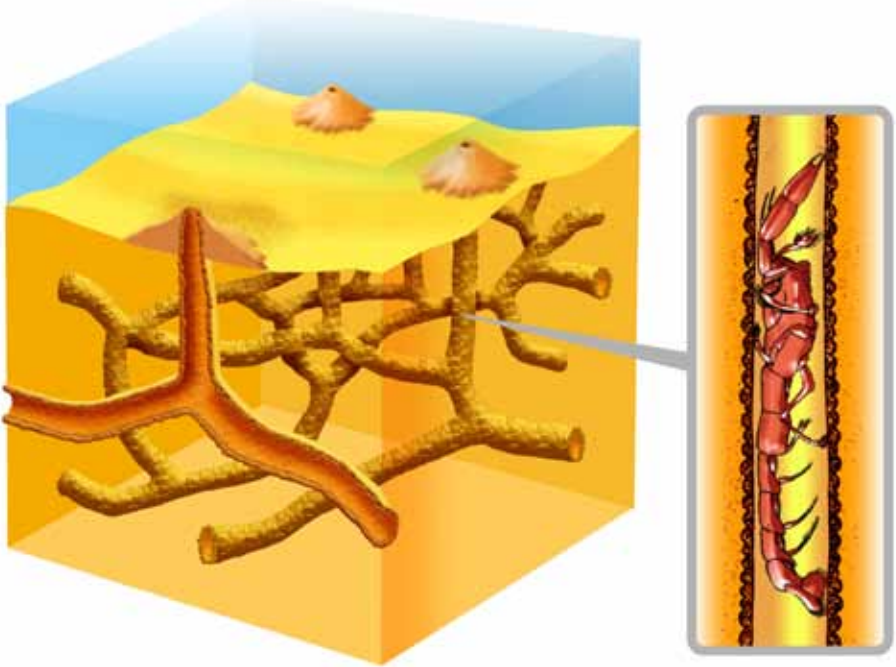


Figura 13. Pistas fósiles de crustáceos en las capas de tormenta de las calcarenitas del Monte Benacantil. Nótese la complejidad y densidad de las galerías en el interior del estrato.

Las pistas de crustáceos presentan tramos verticales y horizontales, pudiendo penetrar a gran profundidad en los fondos marinos. En fondos arenosos no compactados, algunos crustáceos refuerzan las galerías con unas bolitas de arena fina (*pellets*) que ellos mismos producen y colocan alrededor de la pared de la propia galería para evitar su colapso.

PARADA 4

EL MONTE BENACANTIL Y LA CARA DEL MORO: UNA HISTORIA DE MÁS DE 20 MILLONES DE AÑOS

El monte Benacantil y la Serra Grossa forman una alineación montañosa paralela a la costa constituida por rocas similares del Mioceno. El monte Benacantil, con una altitud máxima de 167 sobre el nivel del mar, está constituido por dos conjuntos principales de rocas: unas **margas blancas** arenosas en la parte inferior, sobre las que se apoyan capas de **calcarenitas** bioclásticas, que buzanan (están inclinadas) hacia el mar (Figura 14). Las calcarenitas, que son rocas más resistentes, son las que dan lugar al relieve escarpado de la parte superior del monte Benacantil. En estas rocas es donde, los caprichos de la alteración y la erosión, han modelado a lo largo del tiempo geológico el famoso perfil de la “Cara del Moro”.



Figura 14. Panorámica del Monte Benacantil, cuando se estaba construyendo el parque de la Ereta. Se observan los dos conjuntos estratigráficos: margas arenosas en la parte inferior, y calcarenitas del Mioceno Medio en la parte superior.

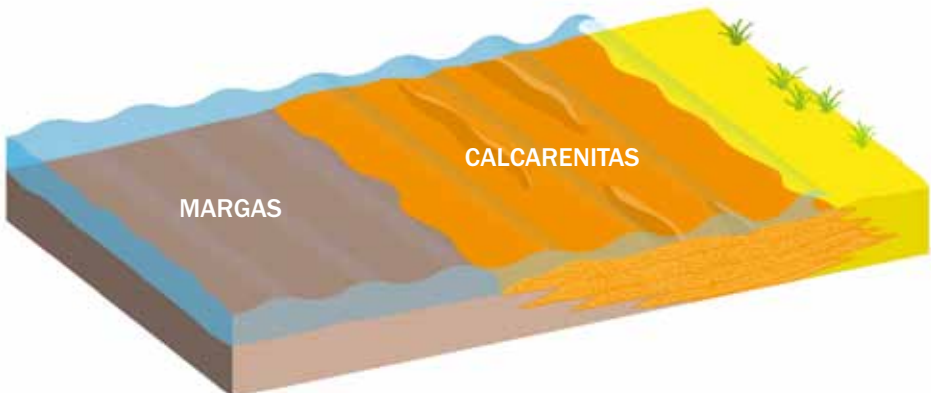


Figura 15. Esquema idealizado de un mar poco profundo durante el Mioceno Medio (Serravaliense) cuando se depositaron las margas y las calcarenitas del monte Benacantil.

A continuación, describimos las características de los dos grandes conjuntos de rocas del monte Benacantil, que tienen una edad de Burdigaliense a Serravalliense.

MARGAS ARENOSAS CON NIVELES DE YESOS SECUNDARIOS de edad Burdigaliense superior-Langhiense inferior. Esta formación aparece bien representada en la ladera oeste del monte Benacantil y en La Goteta en la zona de la Cantera junto al centro comercial Plaza Mar. Está constituida por unos cincuenta metros de margas grises.

CALIZAS, CALCARENITAS Y CALCIRUDITAS BIOCLÁSTICAS de edad Serravalliense. Este conjunto rocoso, con un espesor que varía entre 100 y 200 m, contiene frecuentes restos de fósiles marinos (equínidos, moluscos, algas...) y glauconita.

A partir del análisis de estas rocas, de su contenido fósil y de la presencia de glauconita, se puede deducir que estas calcarenitas se depositaron en un mar muy poco profundo durante el Serravalliense (entre hace 14 y 12 millones de años).

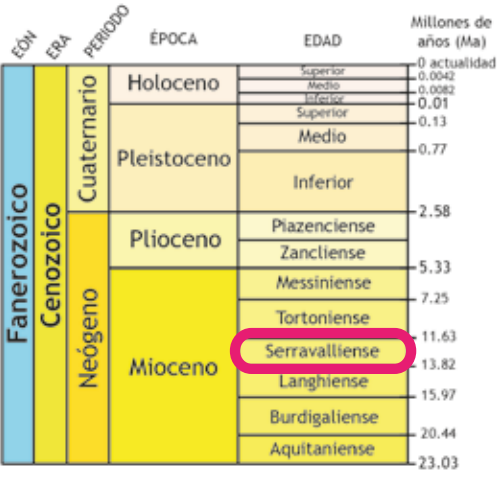


Figura 16. Escala del tiempo geológico en la que se ha resaltado la edad Serravalliense (Mioceno Medio), cuando se formaron las rocas del monte Benacantil.



PARADA 5

MOVIMIENTOS DE LADERA EN EL MONTE BENACANTIL

Uno de los procesos geológicos activos en el monte Benacantil son los movimientos de ladera y, en particular, los desprendimientos rocosos. Este lento proceso de desmantelamiento del monte Benacantil se produce porque confluyen tres características principales: (1) las calcarenitas están intensamente fracturadas por la actividad reciente de la falla de Crevillente, (2) estas capas de calcarenitas, que se apoyan sobre margas blancas, están inclinadas hacia el mar, y (3) el monte Benacantil tiene un relieve con pendientes superiores a 15° , excediendo de 35° en amplias zonas, especialmente en las laderas SE (playa del Postiguet) y SW (parque de la Ereta y Casco Antiguo de la ciudad).

El macizo rocoso de calcarenitas contiene varios tipos de discontinuidades que dividen la roca en bloques de pequeño tamaño. Entre estas superficies de discontinuidad destacan la estratificación y las fracturas (diaclasas y fallas). Además, la orientación de algunas de estas discontinuidades, aproximadamente paralelas al talud, favorecen la caída de los bloques de roca, constituyendo un riesgo geológico.

Para que los movimientos de ladera tengan lugar es necesario que concurren además agentes que los desencadenen. En el caso del monte

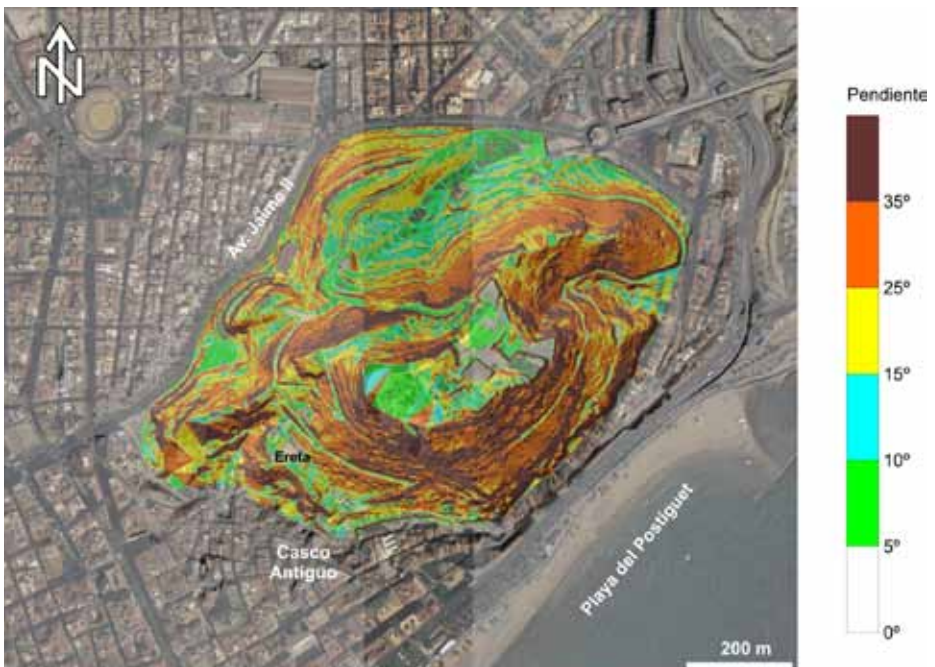


Figura 17. Mapa de pendientes del monte Benacantil.

Benacantil, dichos agentes son básicamente dos: la lluvia y el hombre. Las precipitaciones son un agente muy efectivo como desencadenante de inestabilidades. En el monte Benacantil se ha comprobado que tras episodios de lluvias se pueden observar múltiples caídas y desprendimientos, con numerosos bloques de roca acumulados en los diversos caminos y carreteras que recorren sus laderas.

Por otra parte, la intervención humana ha tenido un impacto notable en el medio, favoreciendo de varias formas la ocurrencia de inestabilidades.

Una primera forma de intervención, tal vez indirecta, fue la repoblación de las laderas del monte, realizada en décadas pasadas. El crecimiento de las raíces de los árboles plantados en las inmediaciones a los escarpes rocosos, provoca la apertura de las discontinuidades y la ocurrencia de desprendimientos rocosos (Fig. 19). Estos fenómenos son especialmente visibles en la carretera de acceso al castillo de Santa Bárbara.

Otra forma de intervención humana en el medio ha sido mediante voladuras del terreno, que han degradado el estado del macizo. Algunas de estas voladuras, de pequeña importancia, se realizaron para excavar la carretera de

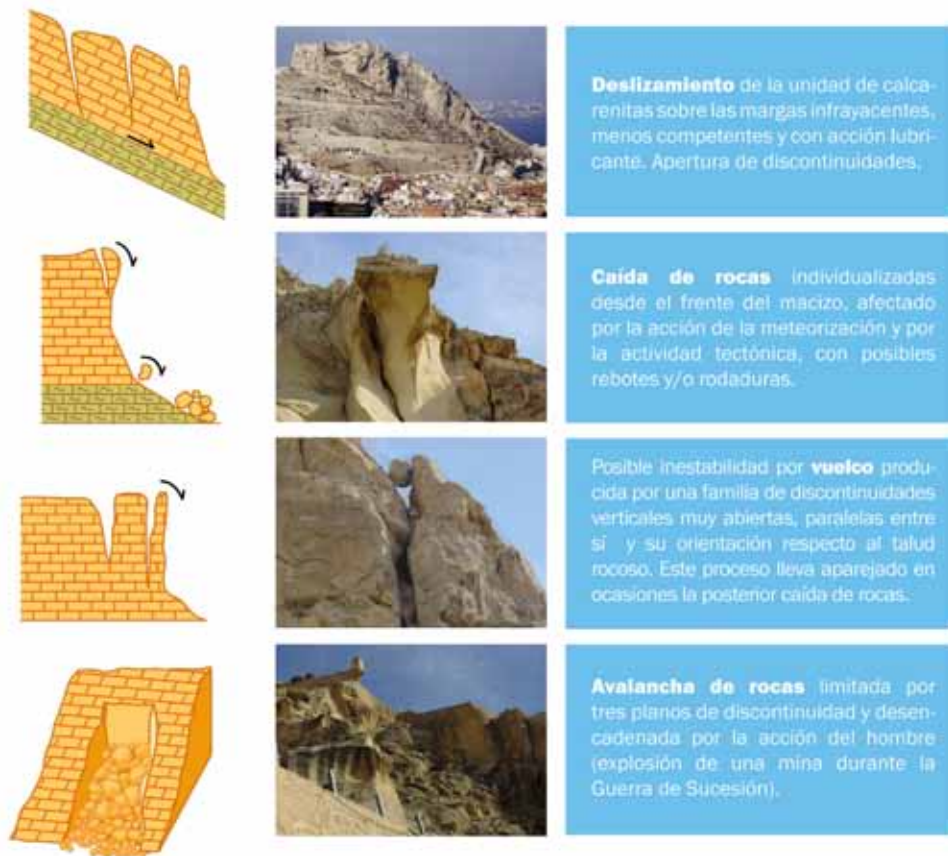


Figura 18. Esquemas y fotografías de diversos fenómenos de inestabilidad de ladera observadas en el monte Benacantil: deslizamiento, caída de rocas, vuelco y avalancha de rocas.

acceso al castillo. Las calcarenitas del macizo están muy cementadas en la zona por la que discurre esta carretera, por lo que fueron excavadas mediante explosiones que afectaron a las rocas de la zona, produciendo un patrón irregular de discontinuidades y la frecuente ocurrencia de inestabilidades, aunque de muy pequeño tamaño.



Figura 19. Ejemplos del efecto de crecimiento de la vegetación en el estado de las discontinuidades. Obsérvese cómo la apertura de las discontinuidades ha aumentado en las proximidades a las raíces.

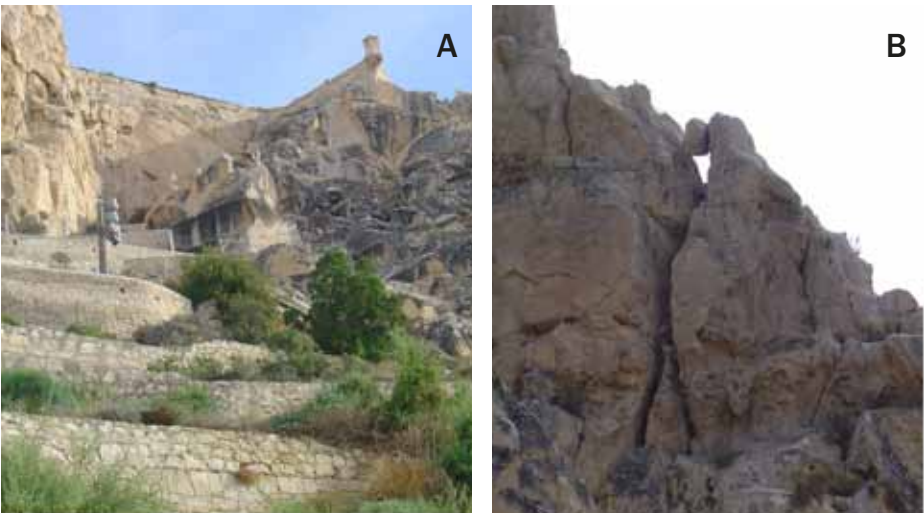


Figura 20. A. Barreras estáticas situadas al pie de la zona de acumulación de bloques. B. Estado de discontinuidades adyacentes a la zona de la explosión, obsérvese el bloque suelto encajado entre las paredes de la discontinuidad.



En el sector Ereta – Casco Antiguo hubo un episodio dramático en la historia del macizo como consecuencia de la propia historia de la ciudad. Durante la Guerra de Sucesión a principios del siglo XVIII, la ciudad fue sitiada y posteriormente tomada por el ejército borbónico en diciembre de 1708. Sin embargo, el castillo de Santa Bárbara permaneció bajo mando de tropas británicas. Para dominar la fortaleza, las tropas borbónicas excavaron túneles en su base, en los que introdujeron 1500 quintales de pólvora. Tras varios intentos fallidos de convencer a la guarnición británica para que se rindieran, la carga fue detonada el 4 de marzo de 1709. Como consecuencia de la explosión una porción de la ladera colapsó (Fig. 21), junto con la parte del castillo que se apoyaba sobre ella. En el suceso falleció el comandante británico de la guarnición y una veintena de soldados. Finalmente, la tropa británica se rindió el 19 de abril de 1709.

Desde una óptica de riesgos de inestabilidad de laderas, este episodio en la historia de la ciudad alteró el estado natural de la ladera meridional del monte Benacantil, fragmentándola en una multitud de bloques de tamaño muy variable (desde $< 1 \text{ m}^3$ a varios m^3) que se acumulan de forma caótica, sin trabado alguno entre ellos, por lo que frecuentemente se movilizan debido a la acción de otros agentes desencadenantes (lluvias intensas). Los mismos tienen trayectorias variables, pero por la morfología de la ladera, con el Casco Antiguo de la ciudad situada a su pie, alguno de ellos ha llegado a alcanzar la zona urbanizada de la ladera. Para reducir este riesgo geológico, se han realizado estudios y se han aplicado soluciones técnicas para “sanear” el macizo rocoso entre las que destacan la construcción de muros, los bulonados, las barreras estáticas o el mallado.



Figura 21. Vista panorámica del monte Benacantil en la que se ha señalado la zona dañada durante la explosión de 1709. Se observa la cicatriz en la parte superior, y la acumulación caótica de bloques que en su momento alcanzaron las zonas más bajas de la ladera (donde actualmente se encuentra el Parque de la Ereta y el casco antiguo de la ciudad).



Figura 22. Bloque desprendido integrado en la trama urbana del Casco Antiguo, en la calle Balseta.

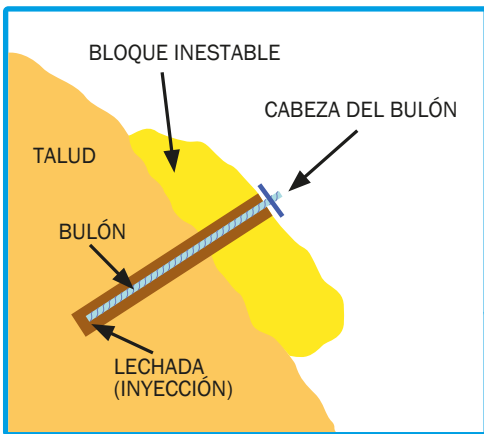
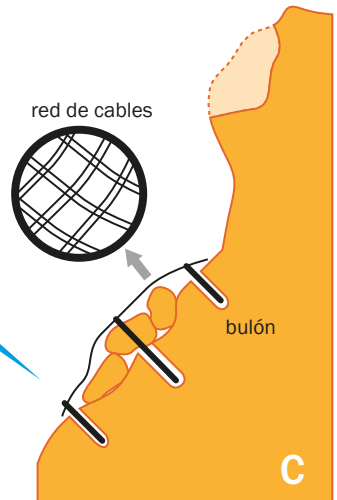
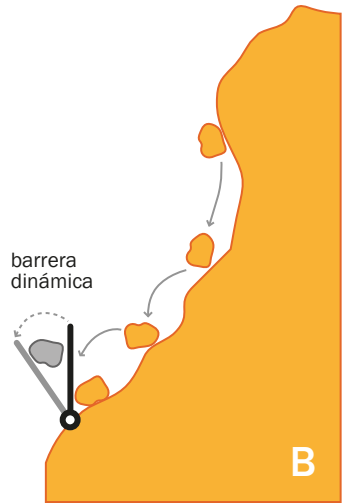
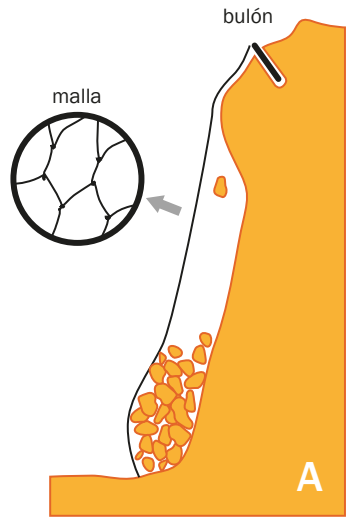


Figura 23. Medidas correctoras realizadas en el monte Benacantil y en la Serra Grossa para reducir el riesgo de desprendimientos rocosos.

PARADA 6

LA ALTERACIÓN DE LA PIEDRA EN LA IGLESIA DE SANTA MARÍA

La basílica de Santa María es la más antigua de la ciudad y se construyó en estilo gótico entre los siglos XIV y XVI sobre los restos de una antigua mezquita. Durante el siglo XVIII el templo fue objeto de profundas transformaciones. Uno de los cambios más importantes fue la reforma total de su fachada principal, modificándose al estilo barroco en 1721.

El monumento está construido con la piedra de San Julián, una biocalcarenita o calcarenita bioclástica extraída de la cercana Serra Grossa, la cual ha servido de cantera histórica para la práctica totalidad del patrimonio alicantino. El termino **biocalcarenita** significa que son rocas formadas por granos de tamaño arena (entre 0,064 y 2 mm), y los granos son de naturaleza calcárea (calcita) y en gran medida son restos de conchas o esqueletos orgánicos (foraminíferos, placas y radiolas de equinodermos, algas rojas y briozoos; y en los bloques de la fachada también es posible observar equinodermos clypeasteroideos perfectamente preservados).

La porosidad de las biocalcarenitas es elevada, variando entre el 13% y el 30%. Su alta porosidad hace que tenga unas propiedades mecánicas poco resistentes, lo que la convierte en una roca fácil de trabajar y de extraer de la cantera, por ello han sido habitualmente empleadas en la construcción del patrimonio arquitectónico. Sin embargo, una vez que se han utilizado en los edificios, estas rocas se alteran y degradan con facilidad, originando lo que se conoce como el “mal de la piedra”.



El **mal de la piedra** se debe fundamentalmente al efecto de los fenómenos de capilaridad y haloclastia. La elevada porosidad de estas biocalcarenitas, con poros de pequeño tamaño y alta conectividad, permite que cuando la roca se moja se desencadenen movimientos del agua por capilares (como cuando se sumerge un terrón de azúcar en el café y éste asciende por el terrón) que debilita la cementación de las partículas. Esto ocurre de forma más intensa en la base del edificio de Santa María, donde el agua afecta principalmente a los sillares situados en la parte inferior, junto al suelo.

Por otro lado, dada la cercanía de la basílica al mar, el spray marino (agua con sales) termina humedeciendo la fachada, ornamentaciones, o elementos decorativos, e introduciéndose en los poros de la roca. Al evaporarse el agua, los cristales de sales precipitan en el interior de poros, generando una presión sobre los granos de arena y debilitando la cementación entre granos. Las investigaciones realizadas indican que estas presiones de cristalización son muy grandes. Este proceso producido principalmente por yeso y halita, se conoce con el nombre de **haloclastia**.

Resultado de esa degradación es frecuente encontrar intensos procesos de arenización, escamación y/o desplazado. Si observamos con detenimiento los sillares situados en la parte inferior podemos ver algunas zonas en las que la roca se ha transformado en arena (arenización), u otras en las que la parte más superficial se elimina, como si la roca “perdiese su piel” (escamación y/o desplazado). Pero la patología más llamativa en Santa María es la intensa alveolización que se desarrolla en la fachada sur al nivel de la altura capilar. En algunos sillares se observan múltiples agujeros que recuerdan a los alveolos de un pulmón, y de ahí el nombre que se asigna a este proceso de alteración. Este mismo proceso se puede observar en los afloramientos naturales de estas rocas en la Cara del Moro o en la Serra Grossa.



Figura 24. Iglesia de Santa María.

1. Fachada barroca
2. Piedra original (flecha blanca), mortero de reposición (flecha roja) y piedra de reposición (bioesparrudita, flecha azul)
3. Piedra original (flecha blanca), piedra de reposición (biomicrita alterada, flecha amarilla; bioesparrudita sin alterar, flecha azul)
4. Alveolización (flecha blanca) y respiraderos (flecha negra)
5. Impacto de proyectiles en la fachada Este

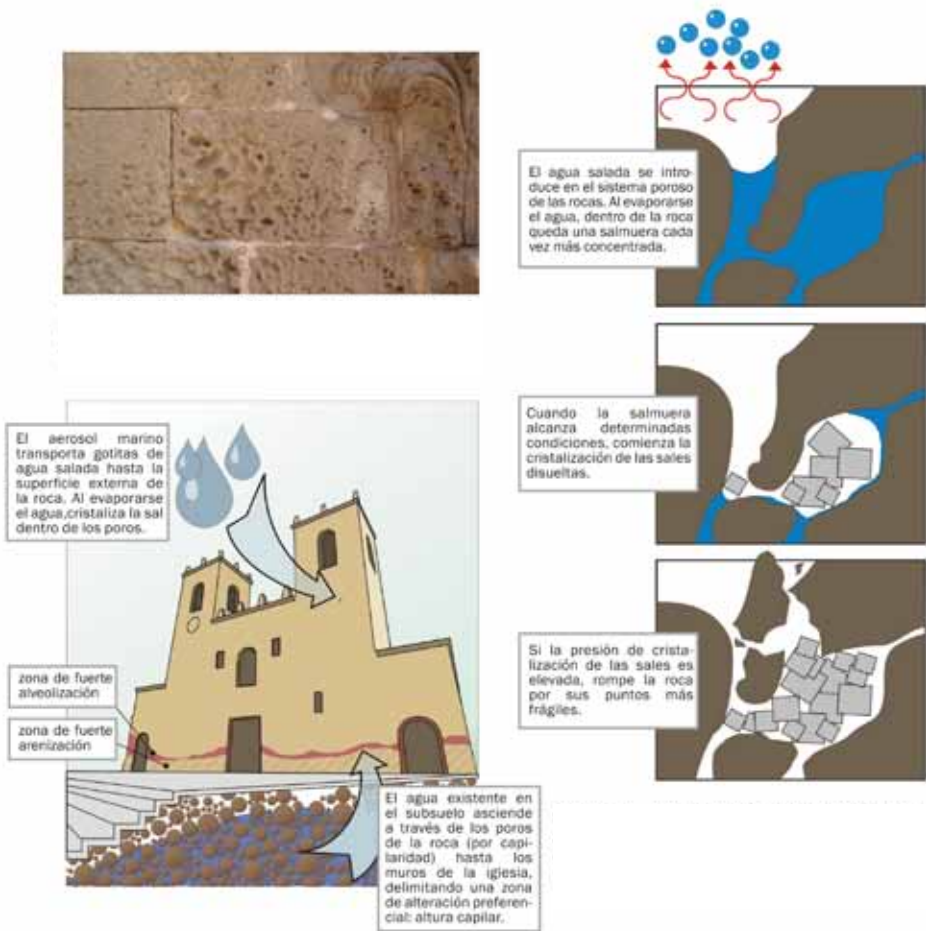


Figura 25. Esquema sobre los procesos de alteración que sufren las rocas de la fachada de la basílica de Santa María. Detalle de cómo la cristalización de sales disgrega la roca.

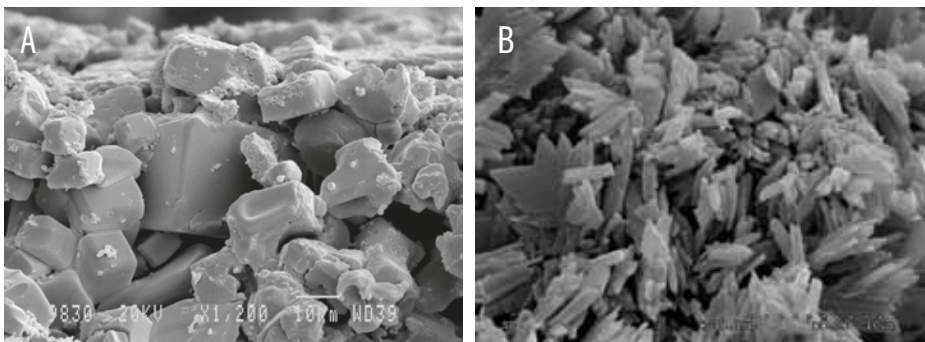


Figura 26. Cristales de halita (A) y de yeso (B) en los poros de las calcarenitas con las que se ha construido la iglesia de Santa María (fotografías tomadas con un microscopio electrónico). El spray marino impregna los poros de las calcarenitas, y los procesos de evaporación posterior facilitan la cristalización de estas sales. La presión que ejercen estos cristales sobre los granos de la calcarenita facilita su alteración o meteorización.

PARADA 7

MARES ANTIGUOS EN EL PASEO DE LA EXPLANADA

La Explanada de España, también conocida como Paseo de la Explanada es, probablemente, la imagen turística más conocida de la ciudad de Alicante. En este paseo aparecen representadas las olas del mar a través de un solado constituido por más de 6 millones de teselas de unos 4 x 4 cm, que se construyó entre los años 1958 y 1959. Para realizar este homenaje a nuestro apreciado Mar Mediterráneo, se han utilizado tres tipos de calizas fosilíferas pertenecientes a antiguos mares del Eoceno, del Cretácico y del Jurásico.

El pavimento de las olas del paseo de la Explanada de España, se construyó utilizando los colores rojo, blanco y negro, porque eran los colores del mármol del que se disponía en Novelda, como centro transformador de la roca ornamental de la región (menos el Negro), si bien es posible que en un principio se pensara en el “Gris Mola”, roca ornamental que se extraía en Novelda y que presentaba algunos niveles negros.

SABÍAS QUE?

El pavimento de la Explanada fue restaurado en 1982 y posteriormente en 1992-93, en la que el solado se montó sobre una losa de hormigón emplazada sobre micropilotes para evitar problemas geotécnicos de asentamiento. Los diseños de las ondas se realizaron en piezas montadas sobre una malla textil, en lugar de colocar las piezas individualmente. Similar método constructivo se utilizó en la restauración del pavimento de 2009.



Figura 27. Detalle del Paseo de la Explanada donde se pueden observar las dos variedades de teselas de procedencia alicantina: Crema Marfil y Rojo Alicante. Las teselas de color negro corresponden al Negro Markina.

Los tres tipos de teselas son “mármoles comerciales” ya que admiten pulido sin adición de productos químicos. Dos de las rocas utilizadas, las de color rojo y beis, son materiales pétreos representativos de la provincia de Alicante que reciben el nombre comercial de Rojo Alicante y Crema Marfil. La tercera de color negro, denominada comercialmente Negro Markina procede de canteras de calizas cretácicas marinas de Euskadi.

El **CREMA MARFIL** es una de las rocas más exportadas de la península Ibérica, especialmente a Estados Unidos. Es una caliza fosilífera cuya variedad más importante es una biomicrita de foraminíferos con claro predominio de los nummulítidos. Se ha llegado a definir una variedad de Crema Marfil denominada “Grano de Arroz”, en referencia a la morfología de dichos fósiles. También presenta facies bioesparíticas (Fig. 28 C) y otros tipos de foraminíferos y fósiles como, por ejemplo, algas rojas. Algunas variedades, con abundantes vénulas finas de calcita y estilolitos, han sido muy apreciadas por sus características estéticas (Crema Marfil “Fantasía”), a pesar de sus peores propiedades petrofísicas, especialmente de resistencia a flexión. Esta roca se formó en mares pocos profundos durante el Paleógeno en la Zona Externa de la Cordillera Bética (Prebético). La cantera, ubicada en el término municipal de Pinoso (Alicante), presenta frentes de extracción que pueden superar los 400 m de longitud (Fig. 29 A), explotándose con una altura de bancos que alcanza los 6 m.

El **ROJO ALICANTE** es una caliza del Jurásico Superior, cuya explotación más importante es la cantera de Cavarrasa, en el término de Monóvar, provincia de Alicante (Fig. 28B). Presenta contenido fosilífero en diferentes proporciones, lo que hace que la roca pueda definirse como micrita fosilífera hasta biomicrita. Los fósiles que contiene son ammonites, ostrácodos y especialmente bivalvos pelágicos (como Bositra) que son los componentes más representativos. La concha de estos bivalvos pelágicos presenta una sección transversal muy característica que, por su grosor, ha sido descrita como “filamento”. Estas rocas pertenecen a la Zona Externa de la Cordillera Bética (Subbético) y se formaron en mares del Jurásico. Es frecuente que esta roca presente estructuras diagenéticas, como nódulos, muy comunes en rocas de ese tipo utilizadas en el patrimonio arquitectónico, como la escalera del palacio arzobispal de Orihuela, y facies brechoides. Las vénulas de calcita blanca son relativamente abundantes.

El **NEGRO MARKINA** es una caliza fosilífera, concretamente una biomicrita cuya matriz (micrita) tiene un alto contenido en materia orgánica y también en piritita, que al meteorizarse pasa a oxi-hidróxidos de hierro. Suele presentar vénulas de calcita blanca de diferentes grosores. Los fósiles más citados en ellas son rudistas, si bien en rocas comercializadas recientemente suelen ser muy abundantes los foraminíferos, principalmente orbitolínidos, de diferentes tamaños. Son calizas que se formaron durante el Cretácico Inferior (Aptiense-Albiense) en la cuenca Vasco-Cantábrica. El Negro Markina “Florido” es la denominación que se da a una roca en la que la calcita blanca, en vénulas o formando parte de fósiles, es más abundante.

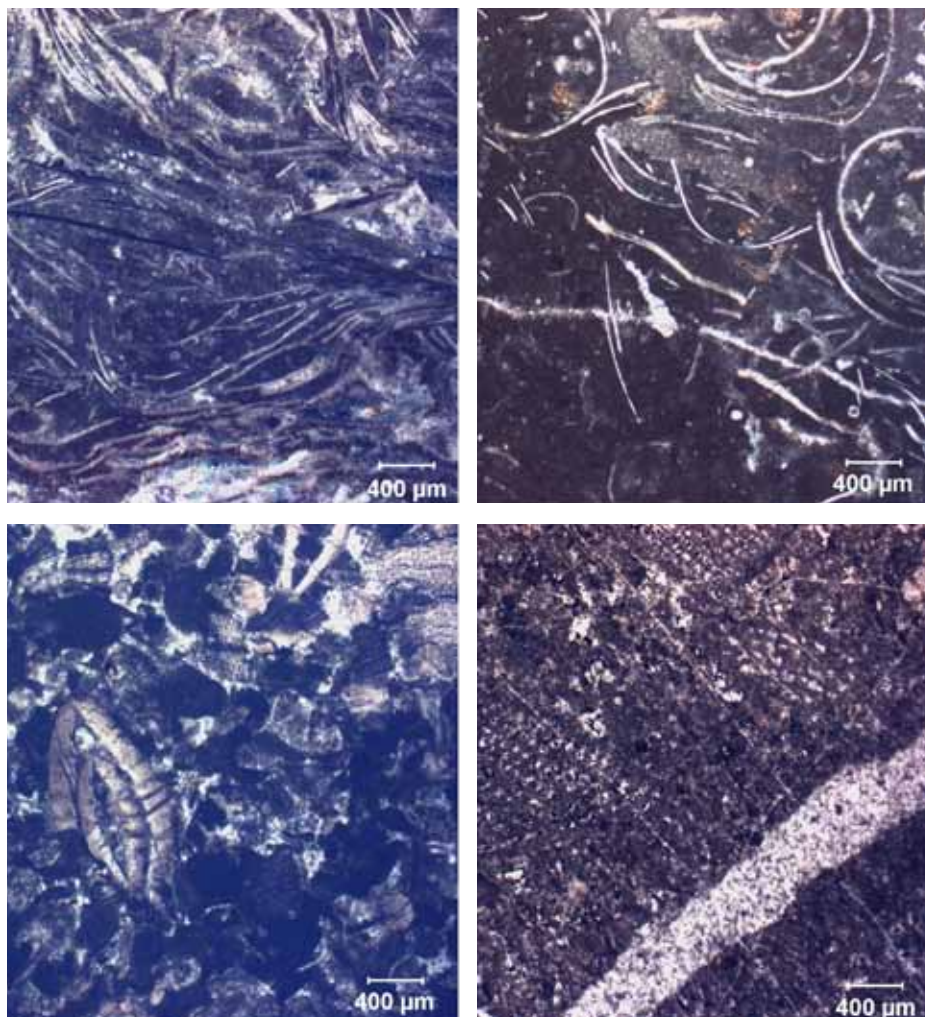


Figura 28. Fotomicrografías realizadas con Microscopio Óptico de Polarización de los materiales pétreos del pavimento de la Explanada: A y B Rojo Alicante: A. Biomicrita de bivalvos (“filamentos”) B. Micrita fosilífera con filamentos, ostrácodos, oxi-hidróxidos de Fe y Mn y vénula filiforme de calcita
 C. Crema Marfil, biomicrita con foraminíferos (nummulítidos y otros foraminíferos de menor tamaño relativamente micritizados) y fragmentos de algas rojas como constituyentes principales
 D. Negro Markina: biomicrita con foraminíferos (orbitolinidos) y vénulas de calcita de diferente grosor



El Paseo de la Explanada está construido sobre un terreno ganado al mar por el relleno de una escollera en el siglo XVIII, permitiendo a la población que vaciase escombros y despojos de sus obras particulares detrás de dicha escollera. En este vertedero se acumularon los cascotes del barrio antiguo, bombardeado en 1691 por la Armada Francesa, las voladuras en el castillo de Santa Bárbara en 1809 y los restos del derribo de la muralla del frente litoral a partir de 1858.



Esta pavimentación fue llevada a cabo durante el mandato de Agatángelo Sóler Llorca como alcalde de Alicante. Fue diseñada por el arquitecto Francisco Muñoz, firmada por el arquitecto municipal Miguel López e inspirada en la pavimentación de la plaza del Rossio de Lisboa, que reproducía olas del mar en mármol de color gris y azul y que también sirvió como inspiración para la pavimentación del paseo marítimo de Copacabana (Brasil) realizado en 1970, con un diseño de olas paralelas al mar diseñado por el artista brasileño Robert Burle Marx (1909-1994).



Figura 29. Panorámica de las canteras donde se han extraído las calizas Crema Marfil y Rojo Alicante.
A. Crema Marfil en la cantera del Coto en el término municipal de Pinoso.
B. Rojo Alicante en la cantera de Cavarrasa, situada en el término municipal de Monóvar.

PARADA 8

LA PLAYA DEL POSTIGUET

Pocas ciudades tienen una playa en el centro de la ciudad, con una temperatura del agua tan agradable que permite disfrutar de ella casi todo el año. Alicante presume de su icónica playa del Postiguët situada al pie del monte Benacantil. En este punto de la bahía de Alicante, la costa tiene una dirección NE-SW, que varía desde la zona portuaria hasta la zona de Babel y de Agua Amarga donde ya es casi N-S. Pese a las modificaciones que el hombre ha introducido en esta porción de costa, donde el puerto representa la más importante de ellas, es posible reconstruir el escenario natural anterior. Antes el entorno de Alicante estaba caracterizado por una costa baja que permitía en la parte cercana a la ciudad varar las barcas que cargaban y descargaban mercancías de los veleros fondeados frente a ella. Esta zona de playas era alimentada por los materiales procedentes de la erosión costera de las montañas próximas a la ciudad, a través de los aportes de las ramblas: Bon Ivern, Canicia, Las Ovejas y Agua Amarga.

Hasta el siglo XV no empieza a construirse el espigón que, con el tiempo, daría lugar al muelle de Levante. Esta barrera permitió la acumulación de arena al noreste de la misma en el lugar que ocupa la playa del Postiguët (la barrera actuó como una “trampa” para el sedimento que transportaban las corrientes litorales). Con el posterior desarrollo del puerto de Alicante, el Postiguët quedó como último vestigio de aquella zona de playa que se extendía desde la ciudad hacia el sur.



Figura 30. Fotografía aérea reciente de la ciudad de Alicante tomada de Google Earth Studio en la parte sur de la playa del Postiguët. Se ha marcado la situación de la línea de costa en los años 1978, 1989 y 2008, a partir de información del Ayuntamiento de Alicante y el Instituto de Ecología Litoral de la Universidad de Alicante.

Parte del espacio generado desde la base del monte Benacantil hasta la rivera del mar se ha ocupado por diversas infraestructuras, y aunque la superficie de playa seca ha tenido en general una evolución positiva, la playa se ha visto sometida a diversas actuaciones regenerativas sobre todo después de episodios dominados por los temporales. Cabe destacar la reposición de arena realizada en 1989 y la construcción de un dique exento en la zona del Cocó en 1994 que ha dado lugar a un tómbolo. Para tener una idea de estas variaciones recientes sirve el dato de la superficie de arena que en 1956 era de poco más de 25.000 m² y en 2013 superaba los 45.000 m². No obstante, el tómbolo del Cocó supone una trampa para la arena que finalmente se recogía en el Postiguet. La existencia de este dique está sometida a debate en estos momentos. La variación de la línea de costa en los últimos años refuerza esta hipótesis.

*Para ver el mundo en un grano de arena y el cielo en una flor silvestre;
abarca el infinito en la palma de tu mano y la eternidad en una hora.*

Fragmento de Augurios de inocencia. William Blake

Visualizar y examinar la arena de la playa del Postiguet bajo el microscopio constituye, no solo un placer estético, sino también una fuente de información geológica de gran importancia. De forma que, para una playa, la arena puede considerarse como la “huella geológica o sedimentaria” que nos informa sobre la procedencia y el origen de la misma. La arena de la playa del Postiguet está bien seleccionada, es decir todos los granos son del mismo tamaño. Está constituida por granos de cuarzo (de gran transparencia) y granos de carbonato (bien redondeados), procedentes de la erosión de los relieves circundantes a la propia playa (principalmente calizas y areniscas) y, puntualmente, fragmentos de organismos (bivalvos, foraminíferos, púas de erizo, etc.). Esta composición mineralógica es la que le da a la arena del Postiguet ese característico tono o color dorado, tan común en el litoral sur de la provincia de Alicante.

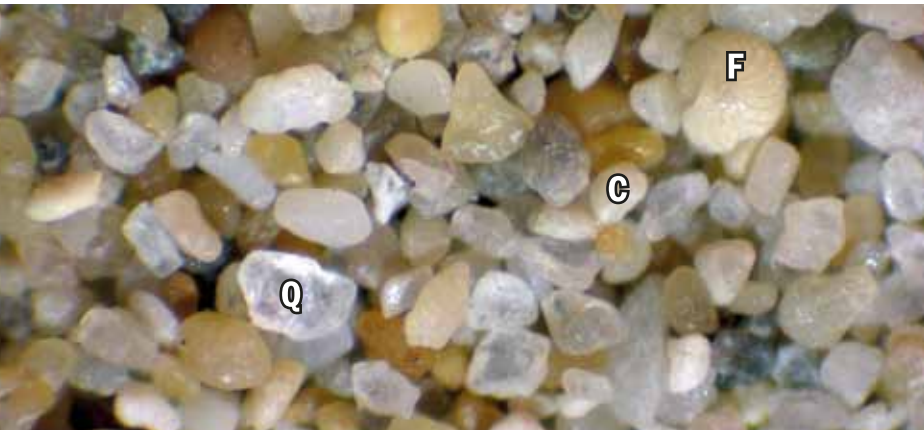


Figura 31. Fotografías de detalle tomadas a través de lupa binocular de la arena de la playa del Postiguet donde puede apreciarse la gran abundancia de granos de cuarzo (Q) y de carbonato (C). Se observa algún resto de foraminífero (F).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

#UAdivulga



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



FECYT

FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA



RED DE UNIDADES DE
CULTURA CIENTÍFICA
Y DE LA INNOVACIÓN



GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria de Innovación,
Universidades, Ciencia
y Sociedad Digital

TOTS
A UNA
veu



Fundació Foment
Estudis Superiors



Ayuntamiento

Alicante Cultura

