geología 14

Sevilla

Geología de Morón: la frontera entre la Depresión del Guadalquivir y los relieves de la Cordillera Bética

11 de Mayo 2014. Universidad Pablo de Olavide

J.C. Balanyá, L. Barcos, J.M. Bruque, M. Díaz-Azpiroz, I. Expósito, A. Jiménez, F. Moral, M. Parra, M. Rodríguez.

1. INTRODUCCIÓN

Morón de la Frontera debe parte de su nombre a la posición limítrofe que ocupó durante los siglos XIII a XV entre la Corona de Castilla y señoríos ligados a ella, y el Reino de Granada.

Morón, desde el punto de vista geológico, también es una localidad fronteriza. Se sitúa en la zona límite entre dos provincias geológicas bien definidas: la Cuenca del Guadalquivir al Norte y los relieves Subbéticos al Sur (conocidos en Sevilla como Sierra Sur). Cada una de estas dos provincias geológicas posee rasgos topográficos específicos y está formada por rocas de edad y estructura muy diferentes. Esta zona de cambio es también una región sísmicamente activa en la que se tienen identificados numerosos terremotos desde que existe registro instrumental.

Hoy visitaremos los alrededores de Morón de la Frontera en el marco de la quinta edición del Geolodía en la provincia de Sevilla. Geolodía es una iniciativa promovida por la Sociedad Geológica de España, la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) cuyo objetivo es divulgar la Geología de las diferentes provincias españolas a partir de visitas sobre el terreno. Esta actividad se realiza una vez al año de manera simultánea en todo el territorio español.

Tras visitar en ediciones anteriores la Sierra Norte y la geología urbana de Sevilla capital, nos trasladamos este año a la Sierra Sur de Sevilla.

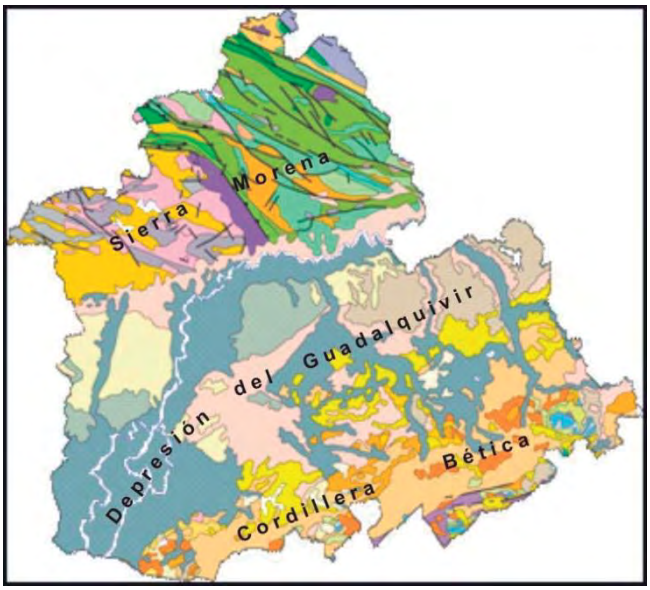
Mapa topográfico de Morón de la Frontera y Sierra de Esparteros en el que se señala el itinerario propuesto.

En el itinerario que hoy proponemos tendremos la ocasión de ver los contrates del paisaje desde una atalaya privilegiada (la Sierra de Esparteros), comentar las peculiaridades de los ríos de la zona (curso alto del Río Guadaíra) y adentrarnos en el mundo de las calizas, una de las rocas más representativas de la Geología Andaluza. De la mano de las calizas y del Museo de la Cal de Morón, además, tendremos la ocasión de conocer el proceso tradicional de obtención de la cal.

2. MORÓN DE LA FRONTERA: EL LÍMITE SUR DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR

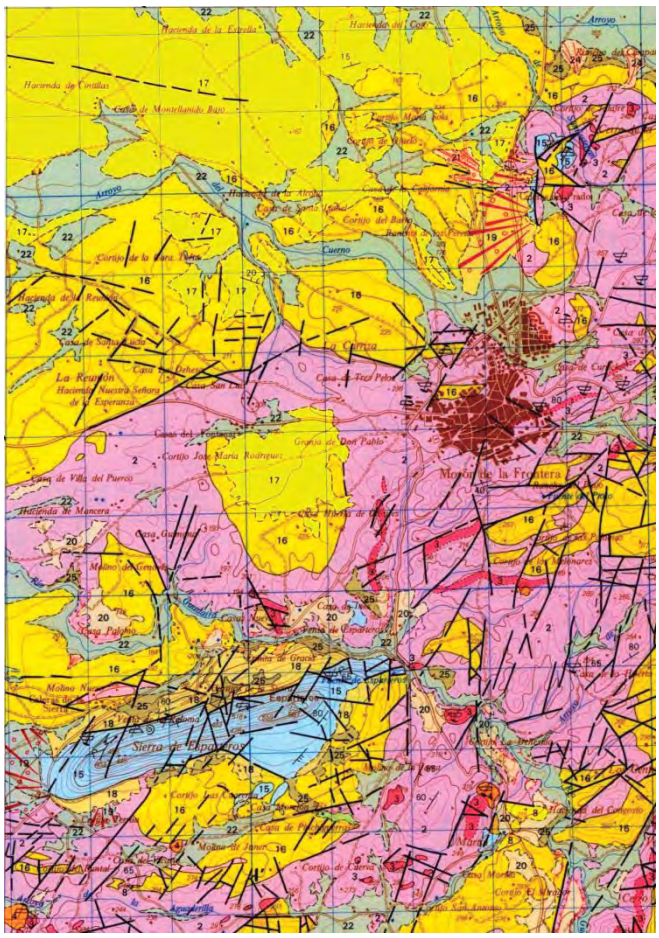
Las cadenas de montañas son la expresión topográfica de las zonas de la litosfera terrestre que han sufrido una deformación intensa en tiempos relativamente recientes (por lo general las últimas decenas de millones años). A estas zonas deformadas las llamamos cinturones orogénicos. En el caso que nos ocupa el cinturón orogénico y su cadena de montañas asociada es la Cordillera Bética que se extiende desde Cádiz hasta Alicante. En las grandes cadenas de montañas la zona exterior, todavía con relieve y sistemáticamente deformada, está separada de la región indeformada vecina por una cuenca sedimentaria que se conoce como cuenca de antepaís. En el caso de la cordillera Bética esta cuenca es la del Guadalquivir (al igual que en el Pirineo es la cuenca del Ebro). Las cuencas de antepaís tienen una edad (la edad de su relleno sedimentario) coincidente en parte con la edad de

formación del cinturón orogénico. En el caso de la cuenca del Guadalquivir esta edad abarca desde el Mioceno Medio al Cuaternario. La mayor parte de los materiales sedimentarios que rellenan la cuenca del Guadalquivir son de origen marino y de edad Mioceno Medio (16 m.a.) a Plioceno (5-2 m.a). En este periodo de tiempo la cuenca era un brazo de mar que conectaba con el Atlántico. Los materiales depositados son en general margas (una roca blanda compuesta por arcillas y carbonato cálcico) y areniscas más o menos ricas en carbonatos (calcarenitas, localmente conocidas como "albero"). También existen unos materiales particulares compuestos por margas silíceas muy ricas en diatomeas fósiles que reciben el nombre local de "moronitas". Los materiales miocenos se depositaron inicialmente sobre las rocas que ahora vemos aflorar en Sierra Morena, mucho más antiguas (de edad Paleozoica, entre 540 y 250 m.a.). Para que nos hagamos una idea, si hiciéramos un sondeo profundo en la localidad de Carmona encontraríamos las rocas de Sierra Morena aproximadamente 1 km por debajo de la superficie.



Mapa Geológico de la provincia de Sevilla en el que se muestra la localización de Morón de la Frontera en el límite entre la Cuenca del Guadalquivir y la Cordillera Bética.

A partir del final del Plioceno y durante el Cuaternario (últimos 2 millones de años), la cuenca del Guadalquivir emerge y se transforma en una cuenca fluvial. Durante el Cuaternario la cuenca se ha ido acercando a su configuración actual en la que el Río Guadaíra, cuyo trazado discurre entre Morón de la Frontera y la Sierra de Esparteros, se ha desarrollado como uno de los afluentes del Río Guadalquivir por su margen izquierda.



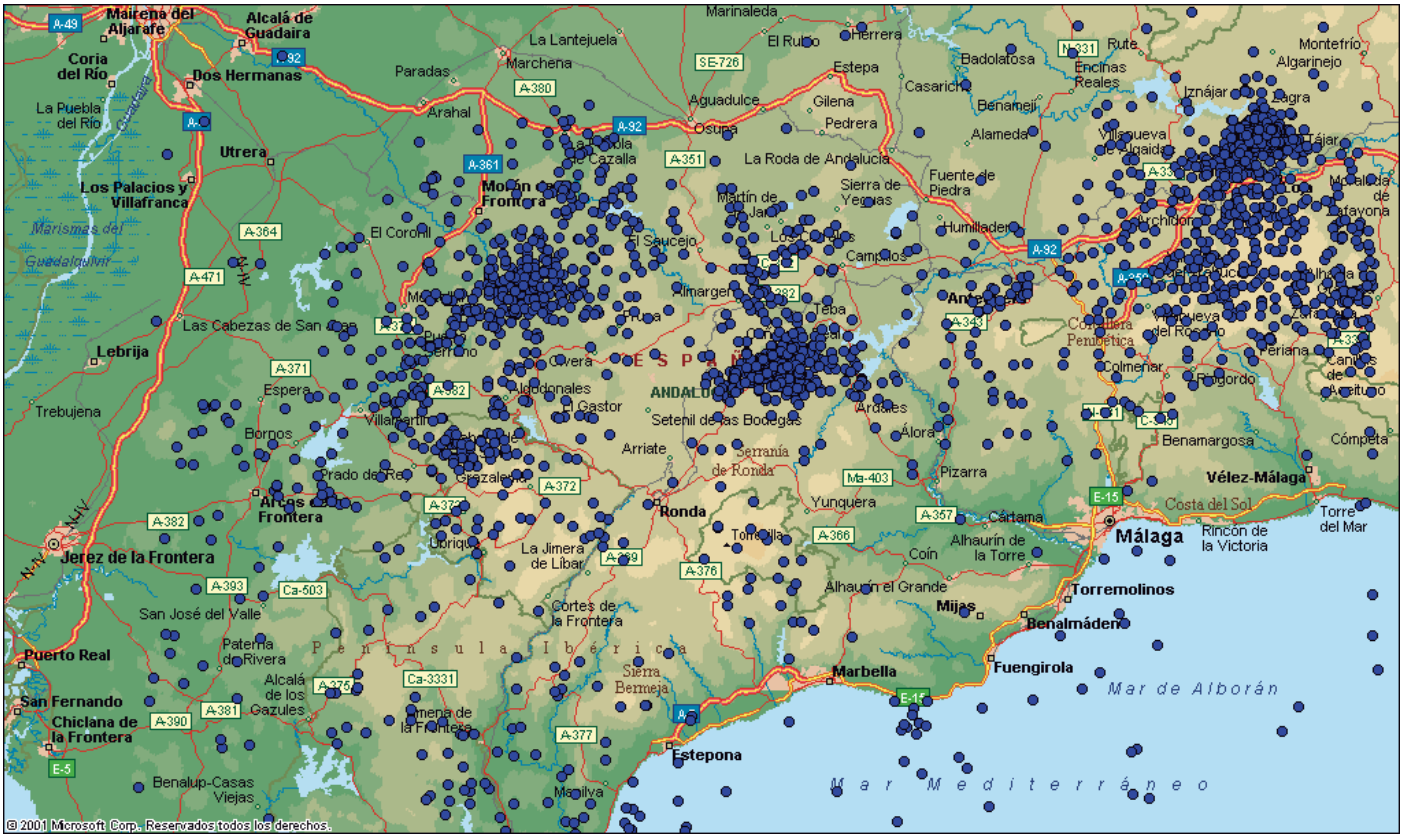
Mapa Geológico de Morón de La Frontera y alrededores. Los materiales de colores amarillos son Miocenos y forman parte del relleno de la Cuenca del Guadalquivir. De Morón hacia el Sur empiezan a aparecer rocas mucho más antiguas: unas son Triásicas (colores rosas) y otras Jurásicas (colores azules claros) como la de la Sierra de Esparteros. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España (Hoja nº 1.021).

Los terrenos compuestos por estratos horizontales (no deformados) pertenecientes al relleno de la cuenca del Guadalquivir dan paso, a partir de la localidad de Morón de la Frontera, a terrenos deformados (plegados y fallados) en los que encontramos rocas más antiguas (Triásicas y Jurásicas; 250-200 m.a. y 100-135 m.a, respectivamente). Aunque algunas de ellas pudieron formar parte del

relleno inicial de la cuenca en forma de deslizamientos submarinos, hoy se presentan estructuradas como parte del orógeno que conocemos como Cordillera Bética.

3. MORÓN DE LA FRONTERA: RELIEVES Y TERREMOTOS

De todos es conocido que Andalucía es una región donde los terremotos son frecuentes. Si miramos un mapa de localización de epicentros veremos que los terremotos en Andalucia son especialmente frecuentes desde el borde meridional de la Depresión del Guadalquivir hasta la costa continuándose en el Mar de Alborán. Esto es así porque la Depresión del Guadalquivir constituye el límite Norte de la Cordillera Bética, cinturón orogénico desarrollado en las últimas decenas de millones de años y todavía activo. Por el contrario al Norte de la depresión del Guadalquivir encontramos que la zona correspondiente a Sierra Morena es un cinturón orogénico antiguo cuya actividad tectónica cesó hacia el final del Paleozoico. Dentro de la consideración general de que la Cordillera Bética en su conjunto es sísmica, hay zonas que concentran en mayor o menor medida este tipo de actividad. Una de las zonas de mayor concentración de terremotos (aunque no los de mayor magnitud) es el borde Sur de la Depresión del Guadalquivir en el sector comprendido entre Montellano, Morón y Pruna. La mayor parte de los terremotos que se producen en la zona son relativamente superficiales de modo que el 75% de sus focos sísmicos se sitúan dentro los primeros 20 km de profundidad. Aun siendo relativamente superficiales (considerando que se pueden generar terremotos hasta unos 600 km de profundidad en determinadas regiones), las fallas causantes de los mismos no tienen por qué aflorar en superficie.



Mapa de epicentros de terremotos ocurridos entre los años 1984 y 2.004. Elaborado por F. Torcal a partir de la base da datos del Instituto Andaluz de Geofísica. Observamos que los terremotos son mucho más frecuentes a partir del límite sur de la Cuenca del Guadalquivir y que la zona situada inmediatamente al Sur de Morón de la Frontera es una de las zonas con mayor ocurrencia de terremotos.

Desde el punto de vista físico, un terremoto es el paso de vibraciones por un punto producidas por la perturbación súbita de las rocas. Fue un físico, John Mitchel, quien propuso por primera vez en 1760 que los terremotos eran el producto del paso de ondulaciones (ondas elásticas) propagadas a través de los estratos de roca. No obstante, en aquélla época no se conocía qué tipo de situación o proceso las producía. Hoy sabemos que la mayor parte de los terremotos están producidos por fallas (a estos les llamamos terremotos tectónicos), aunque otros derivan de las erupciones volcánicas u otras causas (hundimiento del techo de algunas cuevas).

Las fallas son las principales productoras de terremotos. En la foto vemos un plano de falla en el que se observan estrías (líneas paralelas) que nos indican la dirección en la que se ha producido el movimiento.

Los terremotos se dividen en categorías atendiendo a la energía que liberan (para ello utilizamos una escala que llamamos de magnitud) o a los efectos y daños que provocan (escala de intensidad). En la zona próxima a Morón de la Frontera, afortunadamente, los terremotos son de magnitud moderada (hasta magnitud 4 o poco más). No obstante muchos de ellos son percibidos en lugares bastante distantes. Los varios terremotos de grado 4 ocurridos en los últimos años en la zona de Morón han sido sentidos por una gran parte de la población de Sevilla capital.

Estratos de calizas Jurásicas en la ladera Norte de la Sierra de Esparteros. Los estratos se encuentran invertidos e intensamente fracturados.

Desde el punto de vista del relieve llama la atención el contraste existente entre los relieves aplanados de la zona de campiña que se extienden entre Morón de la Frontera y el Guadalquivir y los relieves mucho más abruptos que se identifican al Sur de esta localidad. Estos últimos relieves forman parte de la Sierra Sur de Sevilla que se desarrolla al Sur de una línea que pasaría aproximadamente por Montellano,

Morón y Algámitas, y tiene su punto culminante en la Sierra del Tablón (pico del Terril a 1.129 m). Los desniveles entre el Norte y Sur de esta línea alcanzan los 800 m. En el caso de Morón de La Frontera, el primer relieve significativo que encontramos es la Sierra de Esparteros, que visitaremos en el recorrido de hoy, cuya altitud máxima es de 587 m. Si bien su altitud es modesta, el desnivel respecto de Morón y alrededores es notable (400 m) y el cambio de relieve se realiza de manera brusca. Estas y otras características (como el grado de encajamiento de algunos de los ríos de la zona) son indicativos de un relieve joven.

Las rocas que afloran en este y otros relieves vecinos tienen una edad variable entre el Triásico y el Mioceno, y muestran sistemáticamente indicios de deformación. Así por ejemplo en la Sierra de Esparteros los estratos de las calizas Jurásicas, lejos de permanecer horizontales (su posición original) se encuentran verticalizados o invertidos. Por otra parte toda la sierra se encuentra muy fracturada y su límite Norte corresponde a una falla. La dirección predominante de estas sierras es NE-SW o ENE-WSW, coincidente con la dirección de las estructuras de deformación dominantes (pliegues y fallas principales). Parte de estas estructuras de deformación son muy recientes a escala geológica. Un ejemplo de ello es que encontramos materiales cuaternarios (de menos de 2 m.a.) afectados por fallas en la ladera norte de la Sierra de Esparteros.

4. LOS RÍOS DE MORÓN: LA CUENCA DEL ALTO GUADAIRA

La cuenca del río Guadaíra ocupa una superficie de 1281 km2 en el sector centromeridional de la provincia de Sevilla. Se trata de un área de escasa altitud (la cota máxima, de 587 m., se alcanza en la Sierra de Esparteros) y suaves pendientes (valores medios del 3,7 %), en la que afloran mayoritariamente margas, arcillas y materiales aluviales. Con la excepción de las áreas urbanas de Sevilla, Alcalá de Guadaíra, Mairena del Alcor, El Viso del Alcor, Arahal, Paradas y Morón de la Frontera, casi la totalidad del territorio está dedicada a los usos agrícolas.

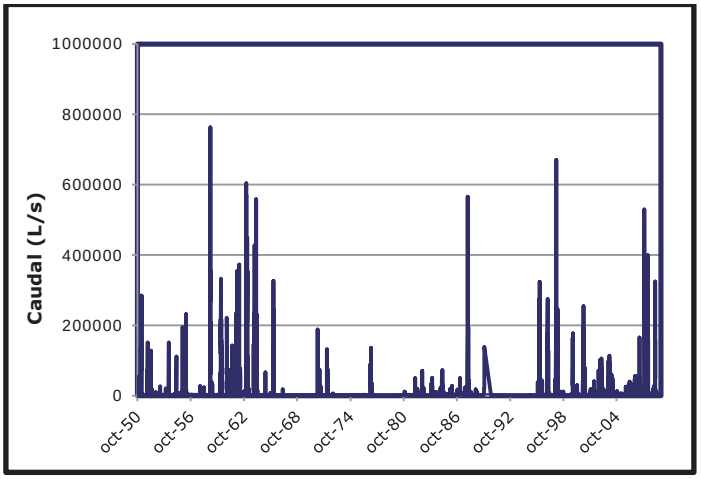
Los procesos de ladera que actúan sobre los materiales arcillosos miocenos y triásicos de la cuenca alta originan el típico relieve alomado de la Campiña Andaluza. Por otra parte, la presencia de arcillas y evaporitas triásicas determinan algunas de las características hidrológicas más peculiares de la Campiña, como son la existencia de depresiones endorreicas que albergan lagunas temporales, de ríos con grandes crecidas y acusados estiajes, de manantiales salinos, origen de antiguas explotaciones salineras, o de cauces por los que, en estiaje, circulan aguas salinas o hipersalinas, razón por la que reciben el nombre genérico de “salaos”.

La aportación media del río Guadaíra, cerca de su desembocadura es de 170 hm^3/año, lo que representa una escorrentía media de 126 mm/año. Se observa una gran variabilidad interanual (valor máximo de 750 hm^3 en el año 1962-63 y un mínimo de 22 hm^3 en el año 2005-06 e intraanual (caudales medios próximos a 11000 L/s entre diciembre y febrero y unos caudales de estiaje, en gran parte procedentes de los vertidos urbanos, de unos 1500 L/s).

El régimen de caudales, poco modificado, es típicamente pluvial, con grandes crecidas, que rápidamente decrecen cuando cesan las lluvias, y largos estiajes. La baja regulación natural del río Guadaíra pone de manifiesto la escasa importancia cuantitativa de los aportes hídricos subterráneos.

La cuenca alta, aguas arriba de la Sierra de Esparteros, presenta una superficie de unos 127 km^2. En este sector predominan las arcillas triásicas, que incluyen masas de yeso y bloques de calizas y dolomías. Presenta un relieve más abrupto, con valores medios de las pendientes en torno al 25 %. Los usos del territorio son más extensivos, con una combinación de actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Precisamente, el mejor estado de conservación natural de la cabecera del río Guadaíra, en un contexto como el de la Campiña sometido a una intensa presión agrícola, ha sido el motivo por el que diversos colectivos han propuesto la declaración como Paisaje Protegido.

En el marco de estos proyectos, la Universidad Pablo de Olavide llevó a cabo una caracterización hidrológica y limnológica general del alto Guadaíra (Jiménez-Rodríguez et al., 2012). En la cuenca alta se estima que la aportación media es de unos 25 hm^3/año (equivalente a un caudal medio de 800 L/s). En febrero de 2012, se midió un caudal de 30 L/s en Venta de Esparteros y se estimó un caudal de 8 L/s en la confluencia del río Guadaíra y el arroyo de Gaena. En esta situación, correspondiente a un prolongado estiaje, los aportes del río proceden de los escasos flujos subterráneos que se producen en las masas de yeso, de calizas y de dolomías presentes en el seno de las arcillas triásicas.



Hidrograma del río Guadaíra en la estación de aforos 5057-Encauzamiento, en las afueras de Sevilla. Se registró un caudal máximo de 763500 L/s en diciembre de 1958.

Mapa con la red de drenaje principal de la cuenca alta del río Guadaíra. Las fotos corresponden a los puntos de muestreo, señalados en el mapa con círculos.

Una de las características físico-químicas más destacables de las aguas de la cuenca alta del río Guadaíra es la alta concentración salina que presenta durante el estiaje (valores de conductividad eléctrica comprendidos entre 2 y 3 mS/cm). Los aniones mayoritarios son los sulfatos, no existiendo una especie catiónica predominante. Por tanto, la facies hidroquímica es sulfatada mixta.
Las bruscas fluctuaciones de caudal y de salinidad condicionan las comunidades de macroinvertebrados y fauna en general, que tienen que poseer ciclos de vida adaptados al carácter pulsante del flujo hídrico.
Los resultados del muestreo de febrero de 2012 indican que Las Caleras era el punto que presentaba peor calidad del agua. Poseia un elevado valor de turbidez (84 FTU) y valores ligeramente más altos de oxidabilidad, nutrientes y sólidos en suspensión volátiles. Lo más destacable era el bajo valor del índice IBMWP (Biological Monitoring Working Party), con sólo 5 familias de macroinvertebrados localizadas. Los restantes puntos muestreados presentan óptimos resultados en las variables físico-químicas del agua y, en aquellos donde se pudo hacer el muestreo biológico (Esparteros y Gaena-Baños), un estado ecológico aceptable y bueno, con 11 y 15 familias de macroinvertebrados, respectivamente.

5. LOS RECURSOS NATURALES: LAS ROCAS CALIZAS Y LA CAL

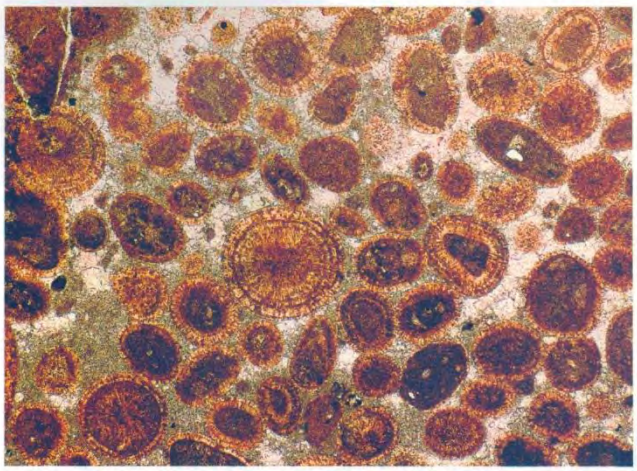
Entre los recursos geológicos más destacables de Morón de la Frontera y alrededores destacan las rocas industriales (materiales rocosos que por el conjunto de sus propiedades físicas y químicas se utilizan en un determinado proceso industrial). En particular, las canteras de rocas calizas y de yesos son las explotaciones más importantes de esta zona. En el itinerario que tenemos previsto realizar visitaremos una cantera de calizas ubicada en la ladera Norte de la Sierra de Esparteros. Veamos de qué roca estamos hablando y qué tipo de información contiene.

En principio, “caliza” sería un adjetivo aplicable a cualquier roca de la que se pudiera obtener cal, por ser el carbonato cálcico su componente químico mayoritario. En Geología, el término se usa solo para rocas de carbonato cálcico formadas a partir de un sedimento, es decir, de un material depositado tras ser portado por agua, viento, etc. Hay rocas muy distintas que cumplen ambos requisitos, el de la composición de carbonato cálcico y el del origen sedimentario, y son todas calizas. La que aquí nos atañe, la de la Sierra de Esparteros, tiene unos rasgos muy definidos, que pasamos a interpretar.
Al observarla, saltan a la vista dos aspectos: su blancura y la presencia de

Cantera de rocas calizas abierta en la ladera Norte de la Sierra de Esparteros.

“bolitas”. La blancura se debe a su pureza química: es casi toda ella carbonato cálcico, y, dado que esta sustancia es blanca, en ausencia de impurezas la roca también es blanca. Tal pureza la hace especialmente apta para la producción de cal.

En cuanto a las “bolitas”, nos revelan el proceso de formación de la roca. Se llaman “oolitos” si tienen tamaño de huevas de pescado (oo- viene del griego ᾠόν, “huevo”), o “pisolitos” si son como guisantes o más grandes (piso- del latín *pisum*, “guisante”). Hoy aparecen pegadas unas a otras, formando una roca consolidada, pero hay que entender que al principio estaban sueltas en un fondo marino; fue el enterramiento posterior lo que hizo que se apretaran entre sí, y que parte del carbonato cálcico fuera disuelto y redepositado en los huecos, haciendo de cemento. Así que tenemos un antiguo fondo marino lleno de bolitas de carbonato cálcico, para el que buscamos explicación. Y la encontramos en ambientes actuales donde se forman bolitas similares: mares tropicales, con aguas muy cálidas y fondo muy somero y bastante plano, por ejemplo el de la plataforma de las Bahamas.



Caliza oolítica vista al microscopio. El diámetro de cada “oolito” tiene entre 0,5 y 1 mm.

En ambientes de este tipo la temperatura hace que el agua no retenga bien el carbonato cálcico en disolución. Por tanto, tiende a depositarse sobre cualquier superficie, de modo parecido al de la sal en las salinas. Pero, dada la poca profundidad, el viento agita el agua hasta el mismo fondo, y el carbonato cálcico no se deposita tranquilamente sobre ese fondo, sino sobre cualquier partícula en suspensión. Se acumula así alrededor de la partícula, en capitas, dando lugar a las bolitas blancas. Cuando la bola alcanza suficiente tamaño cae al fondo, donde tal vez sigue siendo volteada y creciendo. La adición de capitas puede estar además mediada por finas envolturas de bacterias azules fotosintéticas, que favorecen el depósito de carbonato cálcico y luego se descomponen (en tal caso, se habla de “oncolitos”). Si el fondo marino se hunde lentamente bajo el nivel del mar, y las condiciones ambientales persisten, la acumulación de los oolitos, pisolitos y oncolitos prosigue hasta alcanzar grandes espesores. Y este sería el origen del material que, tras su consolidación, dio lugar a la mayor parte de las calizas que se observan en la Sierra de Esparteros.

Caliza de la Sierra de Esparteros en la que se observan discos y fragmentos de tallos de crinoides. El fragmento mayor mide 2 cm.

Algunas capas, no obstante, son distintas, y contienen restos fósiles de lirios de mar (*crinoides)*. A pesar de su nombre no eran plantas, sino animales, pero tenían una “raíz”, un “tallo”, y un “cáliz” con ramificaciones. Lo que se observa mayoritariamente en la roca son trozos de los tallos. Si estos trozos se ven por un lado, salta a la vista que están formados por la superposición de discos (de

carbonato cálcico); mientras que si se ven desde un extremo, se aprecia el contorno estrellado, pentagonal o circular, y la finísima ornamentación allí donde cada disco se unía con el siguiente. Como tal unión se mantenía en parte por componentes orgánicos, a la muerte del animal el tallo se fragmentaba, y los trozos resultantes quedaban sobre el fondo, como parte del material de la futura roca.

LA CAL DE MORÓN

Como rocas industriales, las calizas tienen numerosas aplicaciones. Entre otros usos, las calizas se explotan como rocas ornamentales, para la obtención de áridos y para la fabricación de cal. Es precisamente la fabricación de cal una de las industrias que desde hace siglos tiene mayor tradición en la zona que hoy visitamos. Las aplicaciones de la cal son muy variadas (se han identificado 130 usos) y en Morón se conservan muchos de los hornos que tradicionalmente se utilizaban para su obtención. Todavía hoy permanecen algunos hornos activos. La cal (CaO) se obtiene de la combustión de la caliza (CO_3Ca) de acuerdo a la siguiente reacción química:

$$CO_3Ca \leftrightarrow CaO + CO_2$$

La cal que se obtiene directamente de los hornos donde se quema la caliza se denomina *cal viva*. Para muchos de sus usos (blanquear las paredes de las casas, por ejemplo) esta *cal viva* se mezcla con agua y se obtiene la *cal apagada*. Esta reacción, en la que se desprende mucho calor, es la siguiente:

$$CaO + H_2O \leftrightarrow Ca(OH)_2$$

Una vez la cal apagada entra en contacto con el aire (en nuestra pared recién encalada, siguiendo con el mismo ejemplo) ésta va fijando progresivamente el CO_2 del aire que reacciona con la cal y produce CO_3Ca. Esto explica el alto poder de protección frente a la degradación que aporta el encalado y porqué esta práctica se ha mantenido hasta nuestros días.
Otro producto de interés derivado de la cal es el mortero. Este se obtiene al mezclar cal apagada con arena y agua, formando una pasta que, en contacto con el aire, fragua lentamente por pérdida de agua y absorción de CO_2, dando lugar a un material poroso. En los dos ejemplos que acabamos de comentar hemos cerrado un ciclo que empezó con la formación de una roca caliza de edad jurásica y concluye al volver a generar carbonato cálcico a partir de un producto intermedio: la cal. En nuestro caso el ciclo ha durado entre 170 y 200 millones de años.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Consejería de Medio Ambiente – Junta de Andalucía. 2004. *Inventario de Georrecursos Culturales*.

- Instituto Geológico y Minero de España (1973). Mapa de rocas industriales a E:1:200.000. Hoja nº 82*, Morón de la Frontera*.

- Instituto Geológico y Minero de España (1986). Mapa Geológico de España a E:1:50.000. Hoja nº 1021 (*Morón de la Frontera*) y memoria explicativa, 1-40 p.

- WWW. museocaldemoron.com

- Vera J.A. (Ed). Geología de España. Sociedad Geológica de España e IGME, 1-900 p.

- Jiménez-Rodríguez A.M., Moral F., Fernández-Rodríguez M.J. y González-Pimentel J.L. (2012). Caracterización hidrológica y limnológica de la cuenca alta del río Guadaíra (Cádiz y Sevilla). Congreso sobre “El alto Guadaíra y el corredor verde Morón-Pozo Amargo-Coripe.

EON	ERA	PERIODO	MA	Algunos eventos importantes en la historia de la Tierra
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	0.01	Fin de la Edad del Hielo Extinción de grandes mamíferos y pájaros
			1.75	Aparición del hombre; Edad del Hielo
		NEOGENO		Plantas y animales modernos OROGENIA ALPINA
			23.5	
		PALEOGENO		Migración de los continentes a posiciones muy similares a las actuales Expansión de mamíferos, pájaros, angiospermas e insectos polinizadores
	MESOZOICO	CRETACICO	65	Extinción en masa de dinosaurios y ammonites Aparición de las angiospermas
			135	Primeros pájaros y primeros mamíferos
		JURASICO		Diversificación de dinosaurios y ammonites
			203	Aparición de los dinosaurios; Diversificación de plantas gimnospermas; Separación de la Pangea
		TRIASICO		
	PALEOZOICO		250	Unión de todos los continentes formando la Pangea
		PERMICO		Desarrollo de insectos y reptiles
			295	Primeros reptiles; Primeros ammonites
		CARBONIFERO		Desarrollo de bosques de helechos, esfenofitas y licopodios OROGENIA VARISCA
			355	Primeros anfibios
		DEVONICO		Diversificación de las plantas terrestres
			410	
		SILURICO		Aparición de plantas vasculares, insectos y artrópodos
			435	
		ORDOVICICO		Primeros peces Máximo desarrollo de trilobites
			500	
		CAMBRICO		Primeros invertebrados marinos, incluyendo los trilobites OROGENIA CADOMIENSE
			540	
PRECAMBRICO	PROTEROZOICO			Aparición de animales multicelulares Atmósfera mayoritariamente aeróbica
			2500	Aparición de los eucariotas
	ARCAICO			Aparición del oxígeno en la atmósfera
			4000	Aparición de la vida (bacterias procariotas)
			4600?	Edad aproximada del origen de la Tierra

Tabla del tiempo geológico (Moreno et al., 2008)

geología 14

Sevilla

COORDINAN

Sociedad Geológica de España

aepect

FINANCIAN

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

FECYT — FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Instituto Geológico y Minero de España

ICOGA — Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Andalucía

ORGANIZA

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE — SEVILLA — AÑO 1997

Facultad de Ciencias Experimentales