



Paisajes que nos hemos perdido

“Es frecuente descubrir paisajes fascinantes que nos hubiera gustado contemplar y que nos hemos perdido porque no estábamos hace unos cuantos millones de años”.



minasdesuria.wordpress.com

Los geólogos, en muchos trabajos, tratamos de reconstruir la historia geológica a escala local, regional o global, en el único campo temporal al que podemos acceder: el que es mensurable por cambios físicos, pero que resulta difícil de concebir por sus magnitudes, tan alejadas de la experiencia humana. En este empeño es frecuente descubrir paisajes fascinantes que nos hubiera gustado contemplar, que no tienen equivalentes actuales y que nos hemos perdido porque no estábamos hace unos cuantos millones de años (ni estar hoy disponibles los viajes en el tiempo).

Alguno de esos paisajes lo tuvimos bien cerca de nuestras costas mediterráneas, hace poco en términos de tiempo geológico (total, hace entre 5,97 y 5,33 millones de años; Krijgsman et al., 1999), relacionados con un episodio denominado "Crisis de Salinidad Messiniense" (en adelante CSM). Aunque existen antecedentes, las noticias más trascendentes sobre la CSM las dieron Hsü, Ryan y Cita en 1973 con su primera interpretación de los sondeos del *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) en el Mediterráneo.



Fotografía cedida por los autores.

►
Yesos messinienses en la Cuenca del Bajo Segura. Aspecto de campo y detalle.

Kennet J. Hsü, nacido en China en 1929, desarrolló la mayor parte de su trabajo en el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich. Impactó a la comunidad geológica, aparte de con el anuncio de la CSM, con sus ideas sobre el "Catastrofismo actualista", en 1983. Con esta denominación Hsü se refiere a los acontecimientos geológicos excepcionales, en nuestra percepción asimilables a grandes catástrofes. Tales acontecimientos no son físicamente imposibles sino perfectamente naturales; son improbables en nuestro corto tiempo de vida, pero casi

con certeza ocurrieron a lo largo de la historia del planeta. Por ejemplo, hacía poco que Alvarez et al. (1980) habían postulado la caída de un meteorito como causa de la extinción que marca el límite Mesozoico/Cenozoico hace 66 Ma. Hsü sostiene que tales acontecimientos se reconocen como formas o como depósitos en el registro geológico, y que su frecuencia a lo largo de la historia terrestre es inversamente proporcional a sus dimensiones (p.e., diámetro de los cráteres de impacto meteorítico) o al volumen de los depósitos relaciona-



wikipedia.es

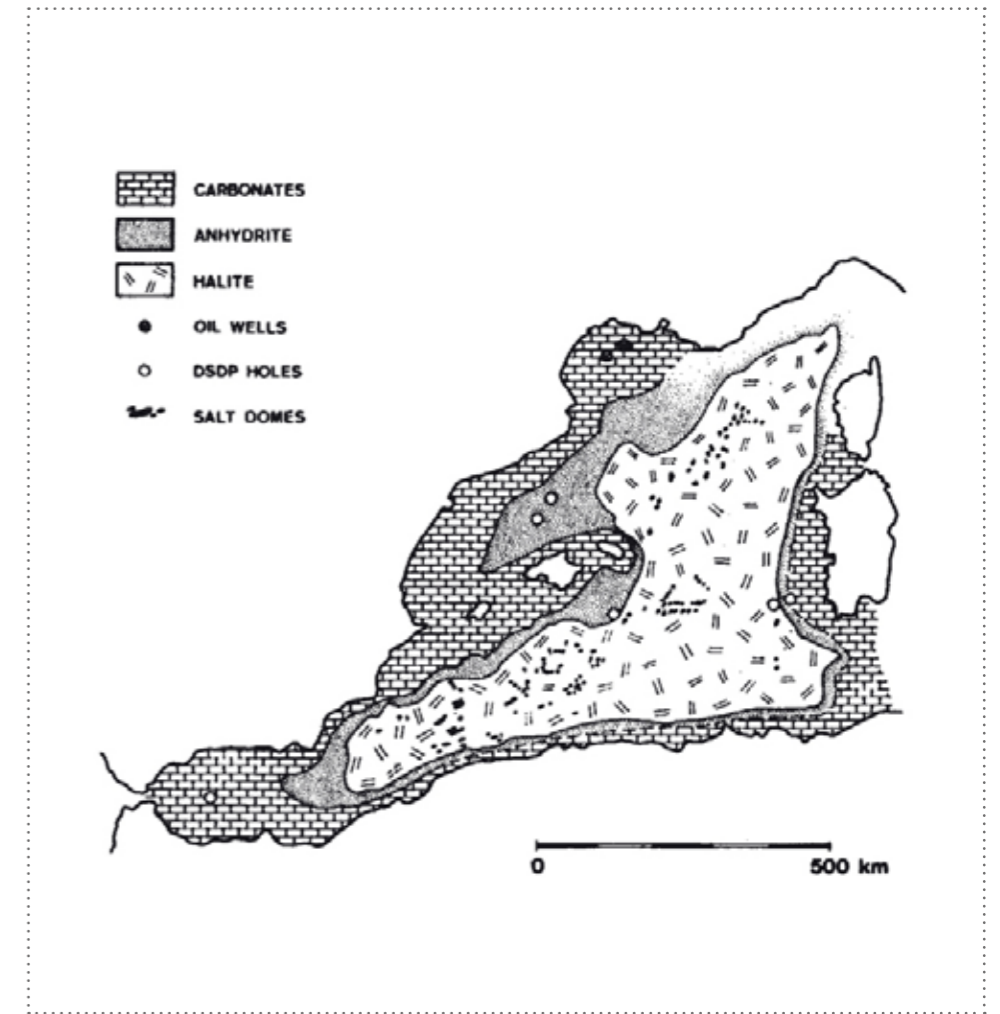
dos (p.ej., gigantes salinos, deslizamientos gravitacionales de grandes masas), y afirma que el Catastrofismo actualista debe ser aceptado como filosofía de trabajo por los sedimentólogos. Otros autores rebautizaron ese término, quizá más adecuadamente, como "Neouniformitarismo".

Cualquiera que sea la denominación, el concepto está claro: en el pasado ocurrieron procesos geológicos graduales y continuos, como los que podemos observar hoy, pero también otros ocasionales de magnitud excepcional, con grandes efectos a escala regional e incluso global. Hoy, el catastrofismo, con sesgo apocalíptico, se vende en la prensa y en los reportajes de televisión: se nos advierte de los efectos de un supervolcán como el de Yellowstone, cuya última explosión fue hace 640.000 años, pero antes tuvo otras hace 1,3 y 2,1 Ma, o del megatsunami que provocaría la avalancha al océano de una ladera volcánica de Canarias o de Hawái.

▲
El buque oceanográfico Glomar Challenger. Del trajín que llevó en las campañas del DSDP da cuenta que fue botado en 1968 y quedó fuera de servicio en 1983.

“Los testigos extraídos en varios pozos perforados desde el Glomar Challenger rescataron anhidrita y halita”.

►
 Probable distribución de evaporitas en el Mediterráneo occidental, según Hsü et al. (1973). Esta distribución tipo “ojo de buey” se ha confirmado con posteriores sondeos.



Uno de esos acontecimientos excepcionales que involucaba el Catastrofismo actualista de Hsü es la CSM, a la que volvemos ahora. “Messiniense” es la denominación del último piso del Mioceno, definido en Mesina, Sicilia, en gran parte compuesto por depósitos evaporíticos, que abarca una edad de 7,246 a 5,333 Ma. Luego viene el Plioceno, la última época del Neógeno. Después, a los 2,588 Ma, se entra ya en el Cuaternario. En muchos otros lugares del área mediterránea afloran depósitos evaporíticos del Messiniense; por ejemplo, en España, en las cuencas cenozoicas de Sorbas (Almería) o del Bajo Segura (Alicante). Eran cuencas marinas marginales de aguas someras.

En 1970 se iniciaron los trabajos de perforación del DSDP en el Mediterráneo con el Glomar Challenger, un buque oceanográfico diseñado para perforar 1000 m de sedimentos a profundidades de más de 6000 m. La finalidad de la campaña era alcanzar un potente y

enigmático reflector sísmico, conocido como “reflector M”, que había sido detectado en los sedimentos de los fondos del Mediterráneo, tanto en su parte occidental, al sur de Baleares y en el Mar Tirreno, como en su sector oriental, en el Mar Jónico. Este reflector muestra estructuras diapíricas que perforan los sedimentos suprayacentes, lo que apunta a la movilidad propia de las litologías salinas. Y así es, los testigos extraídos en varios pozos perforados desde el Glomar Challenger rescataron anhidrita y halita cuando alcanzaron el reflector M.

La distribución de estos depósitos evaporíticos sigue un esquema de “ojo de buey” en el Mediterráneo occidental, es decir, con las sales distribuidas según un patrón concéntrico: la halita en el área central de la cuenca, los sulfatos rodeándola y los carbonatos ocupando la periferia. Esta disposición llevó a Hsü y coautores a establecer que el Mediterráneo habría perdido su comunicación



wikipedia.es



Fotografía cedida por los autores.

◀
Reconstrucción del *Myotragus balearicus* (arriba) y sus huellas en la superficie de una duna pleistocena en Mallorca (abajo).

con el Atlántico durante el Messiniense. Dado que en el agua marina de salinidad normal (alrededor de 35 g/l) precipita NaCl cuando se evapora aproximadamente en un 90%, Hsü et al. supusieron que su existencia en el fondo del Mediterráneo implicaba un descenso del nivel marino superior a 1000 m en cualquier punto.

Imaginemos el paisaje desde el lugar donde hoy están Salou, el Cabo de Gata o la Sierra de Levante en Mallorca: el mar brillaría por su ausencia, pero lo que sí brillaría en la lejanía, y cientos de metros más abajo, sería una superficie deslumbrante de yeso y anhidrita cuarteada por grietas de desecación, y al fondo un gran lago hipersalino, donde precipitaba halita, en el que se flotaría

mejor que en el Mar Muerto. El peor de los desiertos imaginables, una inmensa *sebja* a más de 1 km por debajo del nivel del mar actual, donde la formación de anhidrita implica que la temperatura superaba los 60° C.

La única “ventaja” de un panorama como este es que no sería necesario el barco o el avión para ir hasta las Baleares. No es que hubiera un puente desde Valencia hasta Mallorca, como reclamaba el grupo Los Mismos en su “canción del verano” de finales de los 60 del pasado siglo, pero se podía ir a pie, y eso hizo la denominada “fauna de *Myotragus*” (Mas et al., 2018). Superada la Crisis de salinidad, con el Mediterráneo nuevamente inundado al inicio del Plioceno, *Myotragus*, una intrépida cabra que

▶
Fotografía de la NASA del Mediterráneo occidental, modificada por Duggen et al. (2003) para mostrar las comunicaciones con el Atlántico hace unos 8 Ma.
1) Estrecho Bético; 2) Estrecho Rifeño.



ramoneaba por las dunas isleñas, quedó aislada y evolucionó en Baleares dando endemismos que culminaron en la especie *Myotragus balearicus*. Este animal se extinguió hace unos 5000 años, quizá con la colonización humana de las islas. Para que fuera posible su llegada a Baleares, donde no se conocía anteriormente, el nivel del Mediterráneo tuvo que bajar de 1000 a 1200 m, la profundidad mínima estimada del Surco de Valencia entonces. Otros autores calculan descensos de 1500 a 2700 m (García-Castellanos et al., 2009), según se considere las cuencas occidentales o las orientales, más profundas.

También podemos imaginar que estamos al este de los Apeninos, en Italia: nada de bañarnos en el Adriá-

“La crisis de salinidad se desencadenó porque se bloquearon los estrechos Bético y el Rifeño”.

tico; como mucho en el río Po, que discurría como curso fluvial hasta el Mar Jónico, más profundo que la cuenca que veíamos al sur de Baleares. A cambio podríamos hacer una excursión a pie hasta Sicilia, y luego hasta Túnez, porque el estrecho de Sicilia era entonces un alto fondo emergido que separaba los mares Tirreno y Jónico (ver imagen de portada).

¿Cuánto tiempo se necesitaría para llegar a esta situación? A partir del balance hídrico actual del Mediterráneo (precipitaciones más aportes fluviales menos evaporación), resulta un déficit de más de $3 \times 10^3 \text{ Km}^3$ anuales, que es lo que ahora suple el aporte atlántico por el Estrecho de Gibraltar. Si este se cerrase, el Mediterráneo se desecaría en unos 1000 años. Un instante en el tiempo geológico.

Ahora detallaremos las ideas de Hsü et al., pero antes debemos ir a cómo se comunicaban el Atlántico y el Mediterráneo antes de la CSM: el Estrecho de Gibraltar no existía; era un relieve de origen tectónico, un arco

que enlazaba las Béticas y el Rif en pleno levantamiento. En su lugar había dos estrechos. Uno discurría por el actual valle del Guadalquivir, al norte de la Cordillera Bética y alcanzaba el Mediterráneo a través de las cuencas de Guadix-Baza, Fortuna y Bajo Segura. El otro pasaba entre Rabat y Melilla-Nador, al sur del Rif marroquí. Es decir, la crisis de salinidad se desencadenó porque se bloquearon los estrechos Bético y Rifeño.

Hsü et al. (1973) exponen que el Mediterráneo era un mar profundo antes de la CSM, porque los sedimentos messinienses inmediatamente subyacentes (es decir, de más de 5,99 Ma), al igual que los suprayacentes del Plioceno, contienen organismos fósiles de aguas marinas profundas y frías. También señalan que, según datos geofísicos, ríos como el Ródano y el Nilo presentan bajo sus deltas actuales profundos cañones (el del Nilo comparable en dimensiones al Gran Cañón del Colorado) rellenos por sedimentos fluviales. Estos cañones, ya sin relleno sedimentario, se prolongan a mayores batimetrías, hasta las llanuras abisales actua-

les. Hay otros cañones submarinos que conservan su morfología en los márgenes continentales mediterráneos, y todos ellos pudieron formarse por la incisión vertical de los ríos, forzada por el descenso del nivel de base que implicó la desecación. Incisiones menos espectaculares se conocen también en tierra como canales profundos rellenos de gravas, entre materiales marinos pre y post-CSM, emergidos posteriormente.

Hsü et al. (1973) también señalan que la desecación del Mediterráneo no puede dejar más de 60 m de halita en un mar reducido por evaporación a prácticamente la mitad de su superficie. Sin embargo, la halita messiniense alcanza más de 1 km de espesor. Los aportes de los ríos no son capaces de justificar tal volumen, por lo que proponen episodios recurrentes de relleno parcial de las cuencas mediterráneas desde el Atlántico. Tales episodios podrían deberse a ascensos del nivel oceánico, pero la inundación final, al inicio del Plioceno, la ven como un proceso catastrófico, consecuencia de la apertura del Estrecho de Gibraltar por la

actividad extensiva en la falla transformante de Azores, la que separa las placas africana y euroasiática.

Desde el primer momento la hipótesis de la desecación de un Mediterráneo profundo tuvo críticas, incluso entre los mismos científicos involucrados en la campaña del Global Challenger. Alguno de ellos postuló una profundidad de solo 200 a 600 m para el Mediterráneo antes de la crisis de salinidad; las profundidades actuales serían debidas a subsidencia. De hecho, los procesos isostáticos se dieron con toda seguridad, al restar o sumar grandes volúmenes de agua y añadir potentes depósitos evaporíticos en el centro de las cuencas. Pero trabajos posteriores aportan datos que aseguran el modelo inicial de cuenca profunda, aunque algunos rebaten su desecación total.

Una segunda campaña del DSDP en el Mediterráneo se realizó en 1975, y como resultado se obtuvieron nuevos datos sobre la CSM (Hsü et al., 1977): la sucesión messiniense estaría formada por dos unidades, las Evaporitas Inferiores y las Evaporitas Superiores, separadas por una discontinuidad. Esta discontinuidad marcaría el momento de máxima desecación, y sería entonces cuando los ríos excavaron los cañones en los márgenes de las cuencas. Las Evaporitas Superiores las atribuyen a una nueva inundación y posterior desecación, aunque con aportes periódicos de agua marina. Pero ojo, estas unidades y la discontinuidad que las separa no han sido perforadas en su totalidad; son visibles en Sicilia, una cuenca que se supone de profundidad intermedia (menos de 1000 m) durante el Messiniense y emergida después por procesos tectónicos. Hay autores, como Martínez del Olmo (1996), que ponen en duda la correlación entre las unidades de Sicilia y las del centro de las cuencas, solo conocidas en su totalidad por imágenes sísmicas, y rechaza asimismo la desecación total. En realidad, la sísmica diferencia hasta tres unidades en las áreas centrales: añade a la Inferior y a la Superior una intermedia denominada "Unidad móvil" (o sea, capaz de migrar y formar diapiros) interpretada como el mayor depósito de halita. Esta unidad supera los 1000 m de espesor en las cuencas occidentales y los 2000 m en las orientales.

Pero lo más curioso es el final de la sucesión messiniense, justo antes de la definitiva invasión atlántica en el Plioceno. Las Evaporitas Superiores están cubiertas por sedimentos margosos y arenosos con una fauna de foraminíferos bentónicos (p.ej., *Ammonia becarii*) y ostrácodos (p.ej., *Cyprideis pannonica*) de aguas



“La hipótesis de la desecación de un Mediterráneo profundo tuvo críticas, incluso entre los mismos científicos involucrados en la campaña del Global Challenger”.



Depósito conglomerático sobre margas con foraminíferos pre-Crisis messiniense, al que se superponen areniscas marinas someras pliocenas. Los conglomerados rellenan un canal fluvial. Cuenca del Bajo Segura (Alicante).



El área mediterránea y el Paratetis antes de la Crisis de salinidad messiniense.

- A) Estrecho Bético;
- B) Estrecho Rifeño;
- C) Paratetis, en ese momento sin conexión con el Mediterráneo.

dulces o de baja salinidad. Estos depósitos se registran en todo el Mediterráneo, y Hsü et al. (1977) los bautizaron como *episodio Lago Mare*. Así pues, el Messiniense mediterráneo termina como un lago oligohalino. ¿De dónde proviene ese volumen de agua? Al parecer del *Paratetis*, una extensa masa de aguas continentales que se situaba sobre el continente euroasiático, abarcando como un todo continuo el área de los mares Aral, Caspio, Negro y la denominada Cuenca Panónica en la Hungría y Rumanía actuales, entre los Cárpatos y los Alpes Dináricos. Precisamente los Alpes, Dinárides y Balcanes impedían su comunicación con el Mediterráneo, hasta que el Paratetis traspasó esas barreras y le vertió sus aguas al final del Messiniense, en un episodio que probablemente duró menos de 100.000 años.

Desde las primeras campañas del Glomar Challenger se han sucedido los trabajos de perforación y geofísica en las cuencas mediterráneas, incluidos los estudios para un túnel a través del Estrecho de Gibraltar realizados por la "Sociedad española de estudios para la comunicación fija a través del Estrecho de Gibraltar" (SECEG, S. A.), así como numerosos artículos sobre el Messiniense en los países ribereños. Sin embargo, el tema no está

cerrado todavía, al no tener testigos de la secuencia evaporítica total en el centro de las cuencas mediterráneas. Hay grupos de investigación que aspiran a realizar su perforación completa en el marco de los actuales programas internacionales de perforaciones oceánicas.

Por otra parte, aún está por investigar en profundidad la repercusión que pudo tener a escala global un evento que secuestró un 10% de las sales de los océanos. ¿Cómo afectó al clima la CSM; se congelaba con más facilidad y en más extensión el Ártico, con el consiguiente incremento del albedo? Y al contrario, ¿hubo relación entre oscilaciones eustáticas, debidas a las variaciones del casquete antártico en esa época, el aislamiento del Mediterráneo y sus comunicaciones parciales con el Atlántico y, finalmente, con la inundación pliocena? Eso sugieren Ohneiser et al. (2015). En cambio, García-Castellanos y Villaseñor (2011) elaboraron un modelo computacional en que la erosión, producida por el flujo de entrada de agua a través del estrecho de conexión con el Atlántico, competía con el levantamiento tectónico, llegándose a un equilibrio que mantuvo la profundidad de ese estrecho casi constante. Y si no se conoce con seguridad el mecanismo de las recargas

La vía de recarga entre el Atlántico y el Mediterráneo hacia el final del Messiniense, antes de la inundación pliocena, según Krijgsman et al. (2018). Los trazos discontinuos representan las líneas de costa actuales.

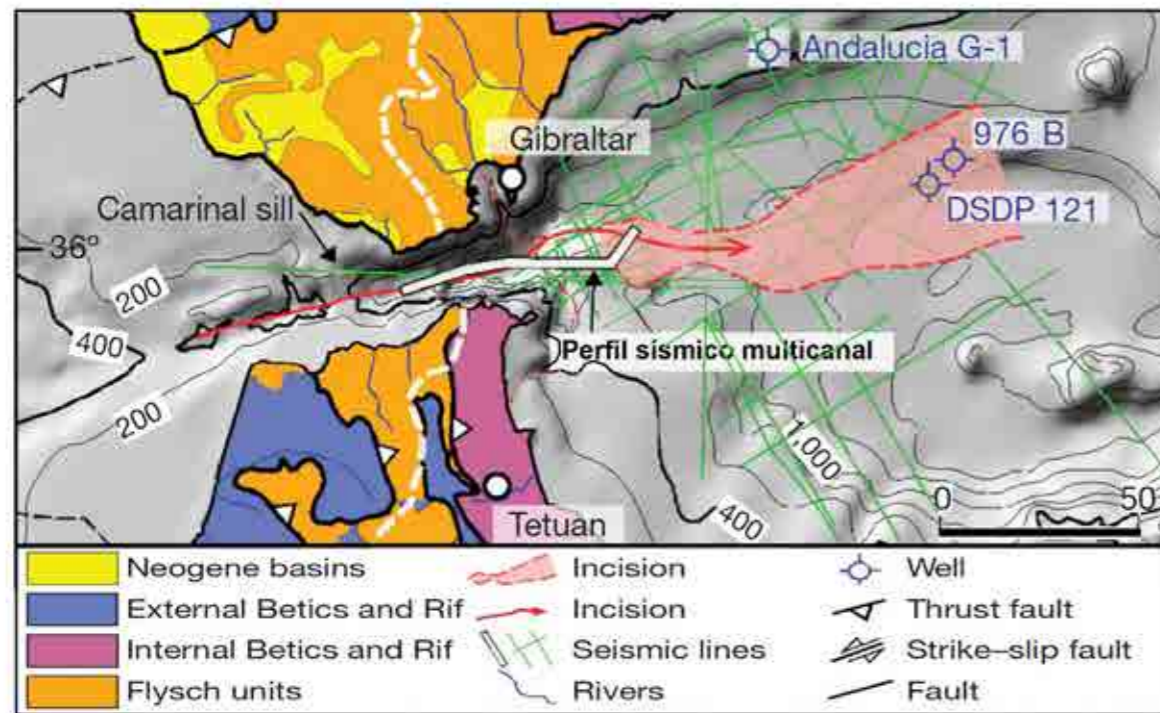
“Aún está por investigar en profundidad la repercusión que pudo tener a escala global un evento que secuestró un 10% de las sales de los océanos”.

“El 90% de la recarga de agua del Mediterráneo se realizaría entre unos pocos meses y 2 años, con ascensos del nivel del agua ¡de más de 10 m por día!”.

oceánicas que dieron lugar a la potencia total de sales messinienses, tampoco su vía (o vías) de entrada. Unos autores apuntan al Estrecho Rifeño; otros, como Krijnsman et al. (2018) añaden a este un Estrecho de Gibraltar en sus momentos iniciales, en los que, interpretando datos geofísicos, sería doble y muy, muy estrecho.

Pero en fin, vayamos al término de la CSM con la inundación del Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar. Este es otro formidable paisaje que nos hemos perdido. Hsü et al. en 1973 ya consideran que se trató de un proceso catastrófico. Blanc (2002) elaboró un modelo numérico a partir de datos geomorfológicos e hidrológicos del Estrecho y concluyó que las aguas atlánticas fueron capturadas por la erosión remontante de un curso fluvial que nacía en el Arco Bético-Rifeño y drenaba hacia el Mediterráneo. Este río pudo aprovechar estructuras preexistentes (por ejemplo, fallas) para encajarse en el sustrato rocoso. En los primeros años el nivel del agua en el Mediterráneo variaría poco, pero después el relleno se completaría ¡en solo 10-11 años!

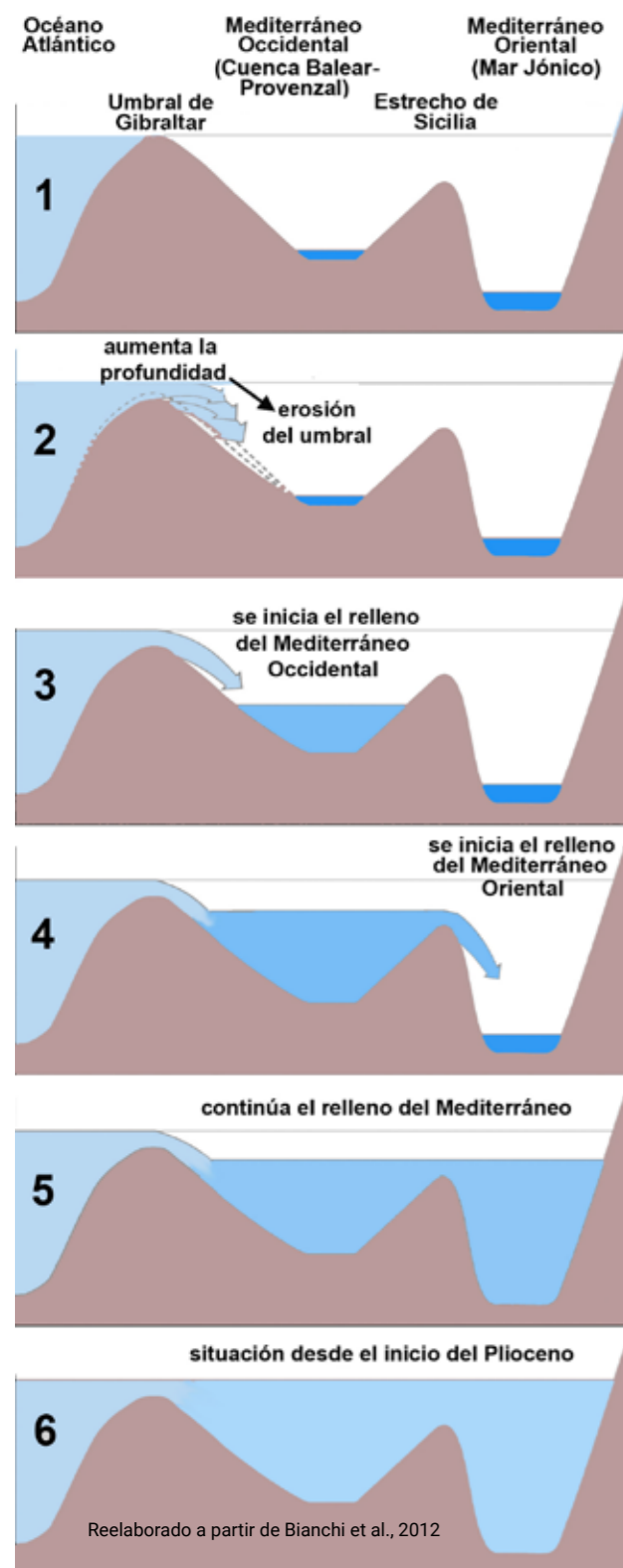
En esta idea abundan García-Castellanos et al. (2009), que dan cuenta de un canal de 200 km de longitud entre el Atlántico y el Mediterráneo, resultado de la erosión producida por la inundación pliocena. Su modelo sugiere que la inundación se iniciaría con descargas moderadas durante unos cientos de años, pero alcanzaría finalmente los $10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (tres órdenes de magnitud la del río Amazonas actualmente) con valores de incisión de 0,4 m diarios en el canal. Esto supone que el 90% de la recarga de agua del Mediterráneo se realizaría entre unos pocos meses y 2 años, con ascensos del nivel del agua ¡de más de 10 m por día! (como para pensar en un apartamento en primera línea de playa). Sin embargo, no habría una catarata



García-Castellanos et al., 2009

▲
Esquema geológico del área del Estrecho de Gibraltar y perfil sísmico multicanal a lo largo del mismo (línea blanca aproximadamente Este-Oeste en el mapa). El perfil tiene la escala vertical en two-way travel time (TWTT, tiempo de ida de las ondas sísmicas del emisor al reflector y regreso, en segundos). En él se interpreta la superficie de erosión producida durante la inundación del Mediterráneo al final de la Crisis de salinidad messiniense (línea MES), de un 2% de pendiente media, fosilizada por depósitos pliocenos y cuaternarios





▲
Esquema conceptual de la inundación del Mediterráneo que puso fin a la Crisis de salinidad messiniense, desde el momento previo a la inundación, supuesta una situación de desecación (no se tiene en cuenta el episodio Lago Mare), hasta su

espectacular, como otros habían sugerido, ya que la pendiente en el canal variaba del 1 al 4% tan solo.

Pero donde quizás sí hubo una catarata espectacular fue entre el Mediterráneo occidental y el oriental. Si se interpreta lo que Micalleff et al. (2018) no dicen, pero puede entresacarse de su trabajo, tal catarata pudo tener inicialmente ¡1500 m de altura! (véase El Periódico de Aragón de 5/5/2018, p. 33). Ya se ha dicho que el Estrecho de Sicilia, entre Sicilia y Túnez, fue un umbral durante la desecación messiniense. Es lógico pues que la apertura del Estrecho de Gibraltar rellenase primero las áreas mediterráneas occidentales: Alborán, Balear-Provenzal y Tirrena, hasta alcanzar el umbral del Estrecho de Sicilia a 430 m de profundidad actual, para luego rellenar las cuencas orientales, entonces a 2400 m de profundidad referido nivel del mar actual.

En resumen, esta podría ser, en breve (y con reservas), la historia de la CSM:

- Hace 5,97 Ma el Arco Bético Rifeño se elevó; los dos estrechos que comunicaban Atlántico y Mediterráneo terminarían cerrándose, pero aún se mantuvo una conexión limitada entre ambos mares. A causa de la evaporación, el nivel del Mediterráneo comienza a descender y sus aguas se concentran en una salmuera que da lugar a la precipitación de sulfatos.
- Hace entre 5,6 y 5,55 Ma se alcanzó el máximo descenso del nivel del agua. Los ríos tributarios excavaron cañones en los márgenes de las cuencas. En las áreas centrales se depositó principalmente halita.
- Entre 5,55 y 5,33 Ma, nuevas recargas dieron lugar al depósito de las Evaporitas Superiores. Sobre los 5,42 Ma el Paratetis vertió sus aguas, dulces o salobres, al Mediterráneo (episodio Lago Mare). Al reconocerse este episodio en todas las cuencas la desecación no pudo ser total (habría de superarse el umbral de Sicilia). Las aguas del Paratetis, menos densas, flotarían sin mezclarse sobre la salmuera preexistente, difundiendo su fauna por todo el ámbito mediterráneo.

término al inicio del Plioceno. La gradación de azules simboliza la salinidad, desde la normal marina (más claro) a la hipersalina en las cuencas evaporadas (más oscuro).

“La MSC es un fenómeno excepcional en la historia geológica, sin equivalentes actuales”.

- Hace 5,33 Ma el Atlántico anegó el Mediterráneo excavando un canal de 200 km de largo por 8 km de ancho. El proceso de inundación fue prácticamente instantáneo a escala de tiempo geológico.

En definitiva, la MSC es un fenómeno excepcional (esto es, un evento en términos estratigráficos) en la historia geológica, sin equivalentes actuales y todavía abierto a la investigación. De su interés científico da fe la calidad de las revistas de muchos de los trabajos reseñados.

Gonzalo Pardo y Concepción Arenas
 Dpto. de Ciencias de la Tierra
 Facultad de Ciencias
 Universidad de Zaragoza

REFERENCIAS

- Alvarez L.W. et al. (1980). Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. Experimental results and theoretical interpretation. *Science*, New Series, V. 208, No. 4448, 1095-1108.
- Bianchi C.N. et al. (2012). Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change. In: N. Stambler (ed.), *Life in the Mediterranean Sea: A Look at Habitat Changes*. Nova Science Publishers, Inc., New York, pp. 1-55.
- Blanc P.L. (2002). The opening of the Plio-Quaternary Gibraltar Strait: assessing the size of a cataclysm. *Geodinamica Acta*, 15, 303-317.
- Duggen S. et al. (2003). Deep roots of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 422, 602-606.
- García-Castellanos D. et al. (2009). Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis. *Nature*, 462, 778-781.
- García-Castellanos D. and Villaseñor, A. (2011). Messinian salinity crisis regulated by competing tectonics and erosion at the Gibraltar arc. *Nature*, 480, 359-363.
- Hsü K.J.; Ryan W.B.F. and Cita M.B. (1973). Late Miocene dessication of the Mediterranean. *Nature*, 242, 240-244.
- Hsü K.J. et al., (1977). History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, 267, 399-403.
- Hsü K.J. (1983). Actualistic Catastrophism. Address of the retiring President of the International Association of Sedimentologists. *Sedimentology*, 30, 3-9.
- Krijgsman W. et al. (1999). Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400,652-655.
- Krijgsman W. et al. (2018). The Gibraltar Corridor: Watergate of the Messinian Salinity Crisis. *Marine Geology*, 403, 238-246.
- Mas G. et al. (2018). Terrestrial colonization of the Balearic Islands: New evidence for the Mediterranean sea-level drawdown during the Messinian Salinity Crisis. *Geology*, 46, (6), 527-530.
- Martínez del Olmo W. (1996). Yesos de margen y turbidíticos en el Messiniense del Golfo de Valencia: una desecación imposible. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 9 (1-2), 97-112.
- Ohneiser C. et al. (2015). Antarctic glacio-eustatic contributions to late Miocene Mediterranean desiccation and reflooding. *Nature Communications*, 6:8765. DOI: 10.1038/ncomms9765.