

## Apuntes de Sedimentología

Dr. José M. Martín (Universidad de Granada)

### Tema 8.- **Evaporitas**. Tipos y origen. Modelos de sedimentación evaporítica.

Las evaporitas son sedimentos (rocas sedimentarias) formados por precipitación química a partir de soluciones saturadas de sales de elementos alcalinos y alcalinotérreos. El proceso se da comúnmente por evaporación de aguas marinas o de lagos salados. Cada componente de este grupo está formado mayoritariamente por un mineral único del cual toman su nombre.

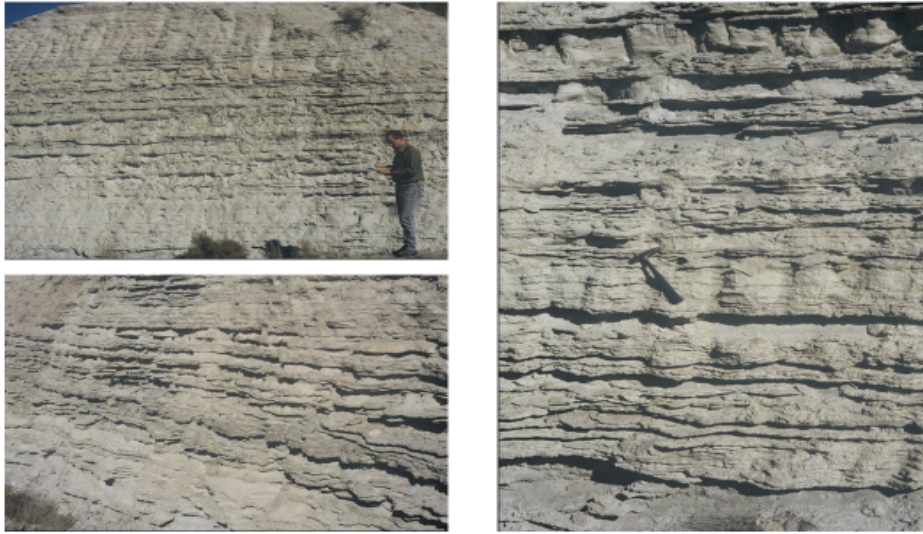
El criterio que marca los diferentes tipos de evaporitas es la composición química del mineral constituyente. Esta distinción aparentemente descriptiva es a su vez genética, ya que cada compuesto químico precipita en unas condiciones de concentración diferentes, que son fiel reflejo de características ambientales.

Las evaporitas más abundantes son las de origen marino (el mar es con diferencia la gran “salmuera” natural donde se concentran finalmente la gran mayoría de las sales aportadas en solución por las aguas de escorrentía y subterráneas). La secuencia de precipitación de evaporitas conforme se incrementa progresivamente (por evaporación) la concentración del agua del mar es desde hace tiempo bien conocida y se puede también reproducir fácilmente en el laboratorio. Con concentraciones de ~ 4 veces la del agua del mar, la primera evaporita que precipita es el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). La siguiente en hacerlo es la halita o sal común ( $\text{NaCl}$ ), que lo hace con concentraciones del orden de 12 veces la inicial. Por último, con concentraciones del orden de 60 veces la de partida lo hacen las sales de potasio y magnesio, siendo la silvinita ( $\text{KCl}$ ) y la carnalita ( $\text{KCl MgCl} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) las más significativas. Para llegar a la situación extrema (precipitación de las sales de potasio y magnesio) se necesita que el cuerpo inicial de agua marina quede fuertemente aislado y que el disolvente (agua) se evapore hasta casi su total desaparición. Lo normal es que en la naturaleza el proceso se detenga frecuentemente en los pasos previos antes de llegar a su culminación siendo, por tanto, el yeso la evaporita más abundante y omnipresente que se encuentra.

La forma de precipitación común del sulfato cálcico en la naturaleza es el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). La anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) lo hace sólo excepcionalmente, ya que su campo de estabilidad está por encima de los  $42^\circ\text{C}$  a 1 atmósfera de presión (condiciones que sólo se alcanzan en los “sabkhas” de la Zona Tropical (ver Tema 18)). El yeso se presenta bajo forma y aspectos diversos, cada uno de los cuales corresponde a unas condiciones genéticas particulares. Las variedades de yeso primario (sedimentario) que se encuentran en la naturaleza son las siguientes (a las de yeso secundario o diagenético, nos referiremos en el capítulo de diagénesis):

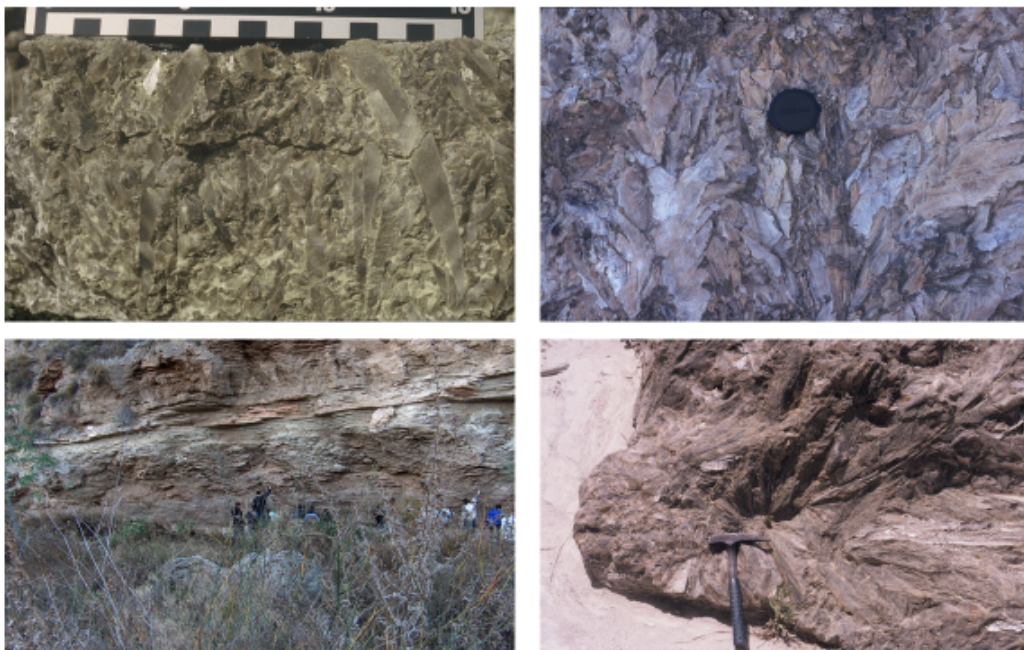
Balatino: yeso blanco, compacto, microcristalino, frecuentemente laminado. Se forma en la superficie de la salmuera (lugar donde se alcanza antes el punto de saturación del sulfato cálcico durante la evaporación). Se generan pequeños cristales de yeso que inicialmente se mantienen en la superficie de la salmuera por tensión superficial pero que, una vez adquieren un cierto tamaño, caen luego al fondo, por su propio peso (por gravedad), donde se acumulan. Cada episodio de precipitación (normalmente estacional) da lugar a una de las láminas. El ejemplo mostrado es de Benamaurel (Plioceno de la subcuenca de Baza).

## YESO BALATINO



Selenita: yeso macrocristalino que cristaliza directamente en el fondo de la salmuera una vez toda ella alcanza el punto de la precipitación del sulfato cálcico. Grandes cristales (hasta métricos), con morfologías diversas. Unas veces se trata de cristales individuales, ligeramente curvos (foto superior izquierda: Cacín, Granada). Otras de cristales maclados en forma de V. La macla se conocer como “en cola de golondrina” (foto superior derecha; Sorbas). Excepcionalmente son crecimientos métricos de aspecto arborescente conocidos como “superconos” o “coliflores” (foto inferior izquierda: Río Aguas, Sorbas). Aquí, los grandes cristales de yeso abren en racimo hacia arriba, como si fuesen las ramas de un árbol (foto inferior derecha).

## YESOS SELENÍTICOS



Las alternancias balatino-selenita (foto inferior: Cacín, Depresión de Granada) reflejan incrementos periódicos en la salinidad del medio, interrumpidos por el aporte en determinados momentos de aguas menos salinas (marinas, dulces de escorrentía superficial, etc.), a partir de los cuales se vuelve a iniciar un nuevo ciclo.

## ALTERNANCIAS BALATINO-SELENITA



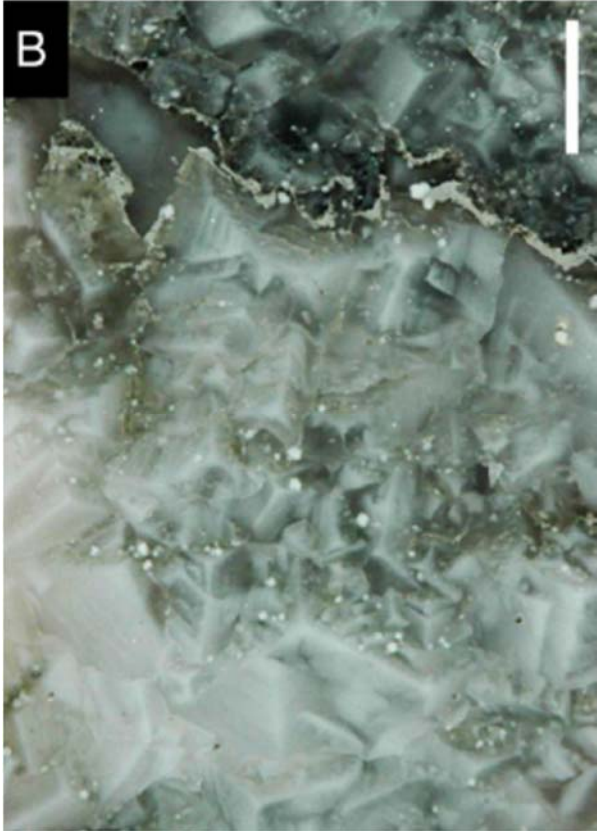
Yeso lenticular: Se trata de pequeñas lenticulas de yeso, normalmente centimétricas, que cristalizan en el seno de un sedimento, carbonatado (estromatolítico) (foto superior izquierda: Montevive) o lutítico (limo/arcilla) (foto inferior izquierda: El Turro). Son crecimientos “sinsedimentarios” y/o “diagenéticos tempranos”. La precipitación del sulfato cálcico se produce una vez este alcanza la concentración adecuada en el agua que rellena los poros del sedimento en el que encajan. Un caso especial son las “rosas del desierto”. Se trata de cristales lenticulares de yeso, interpenetrados entre sí (maclados), que crecen en el seno de la arena en las dunas del desierto, de ahí su color rojo (típico en los sedimentos de zonas áridas) y su rugosidad (al cristalizar incorporan pequeños granos de arena que le confieren esa textura rugosa) (foto derecha).

## YESO LENTICULAR





En la sal (halita) las texturas más frecuentes son en “chevron” (que marca las distintas etapas de crecimiento del cristal) y “en tolva” (esta última con los núcleos de los cristales deprimidos, al estar menos desarrollados) (foto inferior: Mioceno Depresión de Granada). La sal fósil raramente aflora en superficie ya que el agua de lluvia la solubiliza fácilmente.



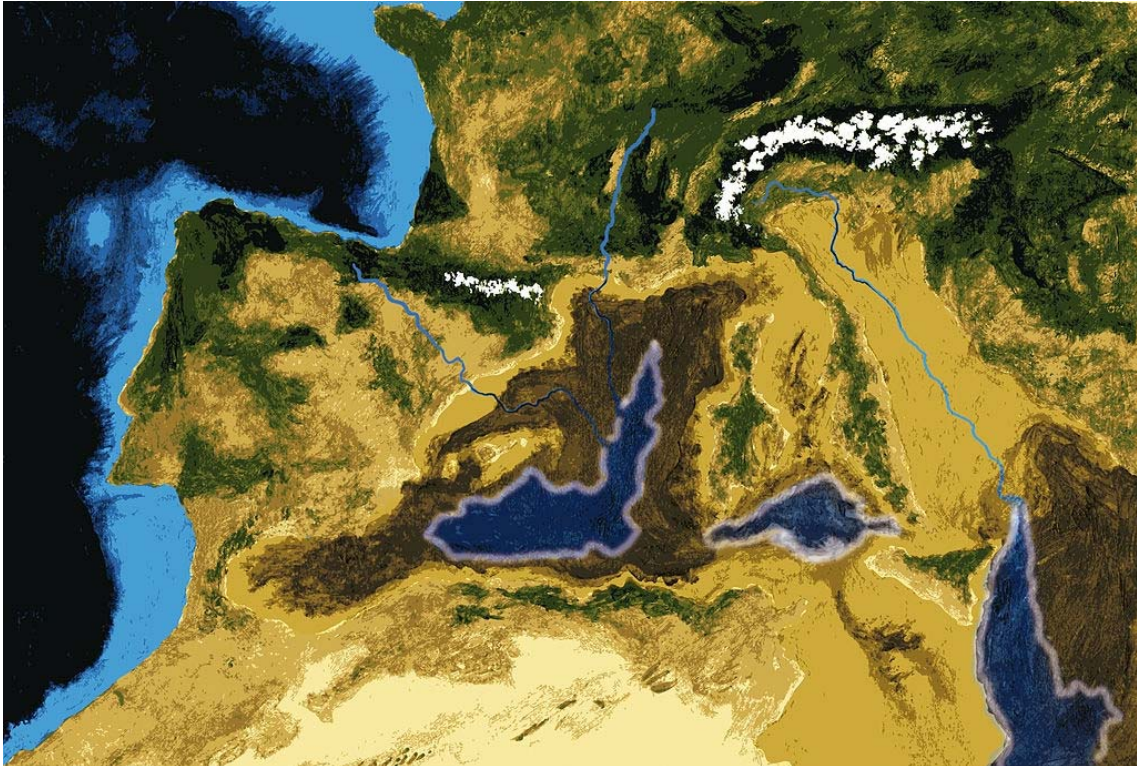
Las grandes masas de sal: los depósitos de “salinas gigantes”

En el registro geológico se encuentran localmente grandes masas de sal. Esta sal ocupa extensiones considerables (de unas pocas decenas a cientos de kilómetros) y puede llegar a alcanzar espesores enormes (de varios cientos de metros). Estos depósitos se interpretan como ligados a antiguas “salinas gigantes”. En ellos, junto a la halita aparece también yeso asociado y, en ocasiones, sales de potasio y magnesio. Estos acúmulos salinos se ligan a antiguos mares desecados. Dos son los modelos teóricos involucrados: a) el de “grandes cuencas desecadas” y el de las “evaporitas de plataforma”.

“Cuencas desecadas”

Se trata de antiguos mares interiores que en un momento determinado de su evolución quedaron desconectados y aislados del resto de mares y océanos de la época, evaporándose el agua y precipitando subsecuentemente las sales en ellos contenidas.

El ejemplo clásico quizá más conocido es el del Mar Mediterráneo, que al final del Mioceno (en el Messiniense, desde hace ~ unos 5.9 a 5.5 Ma) quedó desconectado del Océano Atlántico (la conexión con el Océano Índico se cerró mucho antes, en el Mioceno Medio) y se secó completamente, precipitando en sus zonas más profundas (grandes cuencas abisales: Algero-Balear, Iónica, etc.) grandes masas de sal (de hasta 1.000 m o más de espesor).



*Aspecto del Mediterráneo occidental durante el Messiniense (hace ~ unos 5.9 Ma)*



*Las grandes masas de sal del centro del Mediterráneo*

En el modelo de “cuenca desecada” la disposición “teórica” de los diferentes tipos de sedimentos, vistos en planta, es de una serie de anillos concéntricos, con los carbonatos situados en el margen, los yesos en medio y la sal (incluidas las sales de K y Mg en su caso) en el centro. Es lo que se conoce como dispositivo en “ojo de buey”. Los carbonatos marginales, en el ejemplo mediterráneo, son los famosos arrecifes messinienses, que preceden al depósito de las evaporitas (yeso y sales).



## LOS CARBONATOS MARGINALES

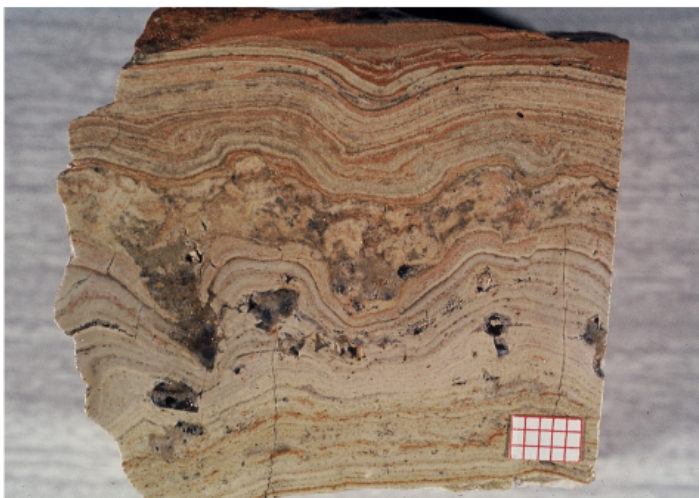
En el ejemplo Mediterráneo los carbonatos marginales corresponden a arrecifes de coral, construidos esencialmente por Porites

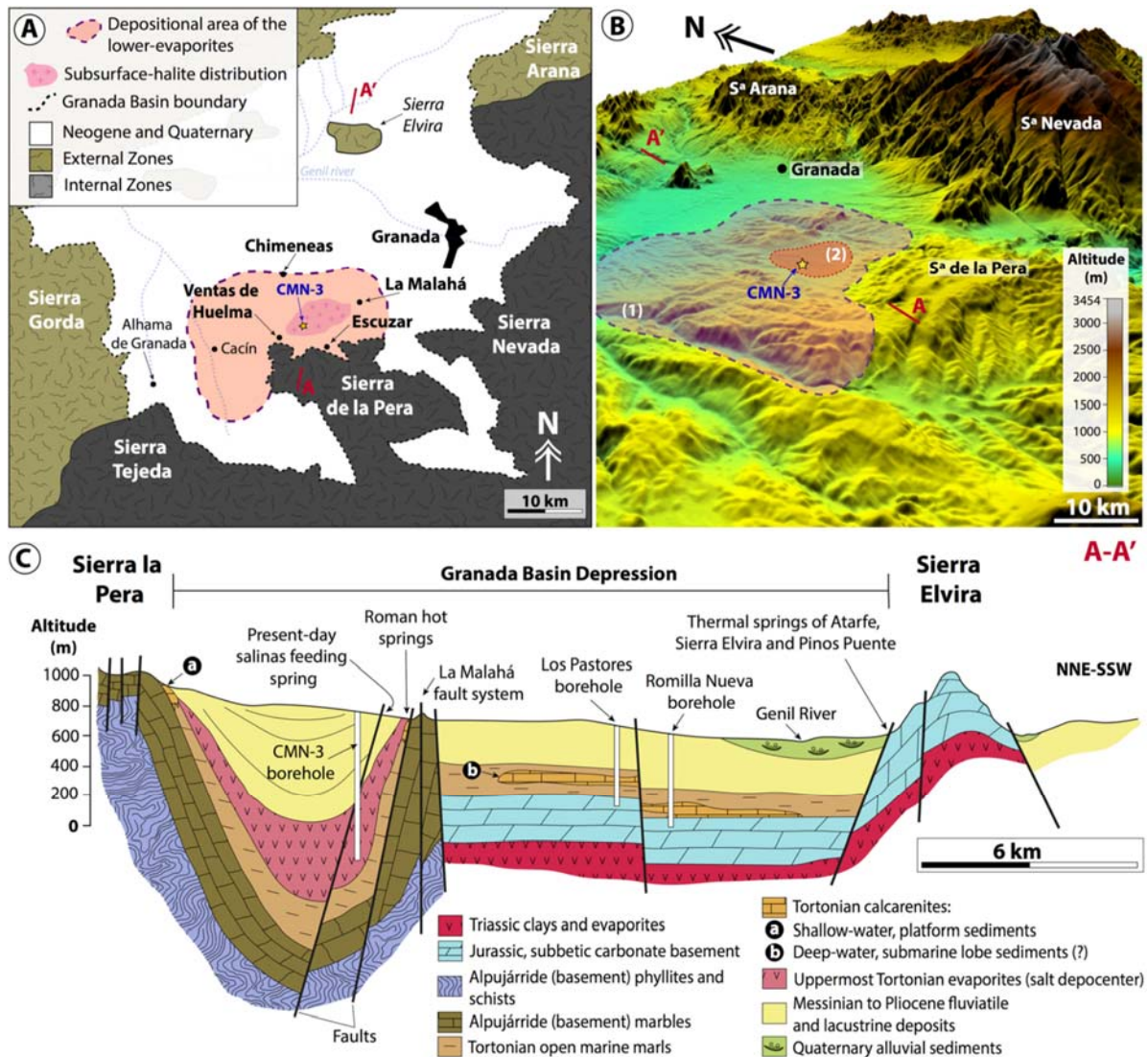


La Cuenca de Granada es otro ejemplo de “cuenca desecada”, en este caso en el Tortonense terminal (hace ~ unos 7.3 a 7.2 Ma). Allí, la sal (halita) se concentra en un depocentro muy localizado de claro origen tectónico, que funcionó al tiempo que la cuenca quedaba aislada del Mar Mediterráneo al levantarse los relieves situados al S (la conexión Atlántica, por el NW, se había perdido antes). En el ejemplo de la Cuenca de Granada el espesor de sal acumulado supera los 500 m y los carbonatos marginales, de tipo estromatolítico, son coetáneos a la formación del yeso y la sal.

## LOS CARBONATOS MARGINALES

En la Depresión de Granada son estromatolitos





### *El depocentro salino de la Cuenca de Granada*

El principal problema que plantea el modelo de “cuenca desecada” es el enorme espesor de las masas de sal, muy superior al que se obtendría directamente de la simple evaporación del agua del mar involucrado. Para solventar el problema se habla de posibles reconexiones parciales (temporales), no de aislamiento total, y subsecuentes recargas que alimentan de nuevo la “salina gigante”.

Las “evaporitas de plataforma”

Aquí el modelo teórico involucra a grandes masas de agua marina que invaden extensas zonas continentales de relieve llano durante las grandes transgresiones en los “Ciclos Sedimentarios” y quedan luego “aisladas” en la subsecuente caída del nivel del mar durante la fase regresiva del ciclo. Si las condiciones climáticas son las adecuadas, esas masas de aguas “desconectadas” se evaporan y precipitan las sales que contienen.

La distribución de los sedimentos involucrados es, en este modelo, algo particular. Adosados a los carbonatos marinos someros se deposita el yeso, mientras que la sal lo hace más hacia la periferia, en posiciones más hacia el interior del “continente”. Esta



disposición es comparable a la que se obtiene artificialmente, por intervención humana, en las “salinas” donde se beneficia la sal. En ellas, en un primer “tanque”, se precipita el carbonato, luego, en un segundo “tanque de concentración” el yeso y, finalmente, la salmuera “relicto” se reconduce a una serie de estanques más aislados, donde se hace precipitar la sal.



*Salinas de La Malahá (Cuenca de Granada)*

Ejemplos clásicos de evaporitas de plataforma son los del Pérmico y Triásico Centroeuropeo y los del Triásico de la Cuenca Sahariana.

Las evaporitas lacustres

En el caso de las evaporitas lacustres el quimismo puede llegar a ser muy especial y depende, en gran medida, del tipo de rocas aflorantes en el área madre donde se filtran las aguas subterráneas que alimentan dichos lagos. Así encontramos por ejemplo los lagos de “borax” (en el oeste de Estados Unidos), donde lo que se acumulan son boratos. O los lagos de “litio” (lagos andinos), de donde se extrae el litio concentrado en la salmuera. O los lagos “sódicos” (caso de algunos grandes lagos africanos), en los que lo que se acumulan son fundamentalmente carbonatos y sulfatos de sodio. Secuencias semejantes a las marinas (yeso/halita/sales de K y Mg) sólo se obtienen cuando la “fuente de iones” es por disolución (“reciclado”) de antiguas formaciones evaporíticas de origen claramente marino.