

LA DISOLUCION DE ROCAS EVAPORITICAS: UN IMPORTANTE FACTOR GEOMORFOLOGICO EN EL VALLE DEL EBRO

J. Mandado*
J. Rodríguez Vidal**
J.M. Tena*

RESUMEN

El análisis de diferentes factores físico-químicos que condicionan la solubilización del yeso-anhidrita, señala la importancia de la textura de la roca yesífera y de la presencia de NaCl en disolución. Procesos geomorfológicos tales como el escarpe y domo de Remolinos o el desarrollo de depresiones en El Castellar son el resultado de fenómenos de disolución de materiales evaporíticos en el Valle del Ebro.

SUMMARY

The analysis of different physical-chemical factors for the solubilisation of the system gypsum-anhydrite remark the significance of textures and contents of NaCl in solution. Geomorphologic processes such as the escarp and the dome of Remolinos or the depressions in El Castellar are effects of dissolution phenomena for evaporitic materials in the Ebro Valley.

El tema objeto de este trabajo pretende destacar algunos fenómenos concretos, muy espectaculares, de una región poco extensa: el borde meridional de los Montes de El Castellar, limitado al sur por el cauce del Ebro, haciendo hincapié en los fenómenos producidos en el área de Remolinos. Indicaremos algunos puntos que, a nuestro juicio, presentan alguna interpre-

* Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

** Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

tación confusa y son producto de las inusuales características litológicas de los materiales terciarios de este área. Efectuaremos también una descripción geomorfológica de las amplias depresiones generadas sobre material yesífero por un proceso de disolución y que no han sido hasta la fecha objeto de un trabajo detallado.

Características litológicas del área estudiada

Los materiales constituyentes de los Montes de El Castellar corresponden a las facies de relleno terciarias de la zona central del Valle del Ebro, cortándose en esta zona las de mayor desarrollo evaporítico de toda la cuenca lacustre. La columna litológica sintética de este área (MANDADO, 1979 y MANDADO y TENA, 1980) presenta cuatro unidades claramente diferenciadas:

1.— Nivel inferior: Constituido por bancos de halita con nódulos dispersos de anhidrita e intercalaciones de láminas lutíticas con acumulaciones de anhidrita nodular. Corresponde estratigráficamente al Nivel inferior del Mb. Yesos de la Predicadera (QUIRANTES, 1978).

2.— Unidad intermedia de yeso en capas, con estructura nodular, y margocalizas alternantes. Presenta halita dispersa poco abundante y algunos niveles de margas arcillosas rojizas.

3.— Unidad de yesos y margo-calizas alternantes, con arcillas margosas pardas y verdes (Nivel Superior del Mb. Yesos de la Predicadera, en transición al Mb. Atalaya, de la Fm. Yesos de Zaragoza; QUIRANTES, 1978).

4.— Calizas y margocalizas con gasterópodos de agua dulce, charáceas y ostrácodos pertenecientes al Mb. Castejón de la Fm. Alcubierre.

Los términos halíticos de la unidad inferior afloran solamente entre las localidades de Remolinos y Torres de Berrellén, presentando en esta zona exclusivamente los niveles superiores; sin embargo, en profundidad, su dimensión areal es mucho más importante ya que, según los datos obtenidos a partir del sondeo realizado en la Mina Real, se corta halita hasta una profundidad de 88 metros, lo que proporciona a los bancos halíticos una potencia total de al menos 94 metros, entre las cotas topográficas de 322 y 228 ms., y extendiéndose presumiblemente por el noroeste hasta Tauste, localidad en la que si bien la halita no aflora superficialmente, ni hay explotación alguna, la similitud petrológico-textural de los bancos evaporíticos superficiales existentes en este área, y en Remolinos, y las abundantes eflorcencias salinas así lo hacen suponer.

Además del sondeo citado hay tres más realizados en esta región, localizados en Utebo, Garrapinillos y Miralbueno, que cortan un paquete de bancos de halita con anhidrita nodular y lutitas entre las cotas 67 m. y -23 m., 80 m. y -11 m. y de 105 m. y 13 m. respectivamente. Se sitúan bajo capas

DISOLUCION DE ROCAS EVAPORITICAS

de yeso-anhidrita con ocasionales intercalaciones de otras sales solubles: the-nardita, glauberita, mirabilita y halita.

El esquema geológico evidenciado por estos datos permite suponer que en el área situada entre Tauste y Zaragoza se localizan varios lentejones halíticos correspondientes a los depósitos producidos por evaporación en los lagos endorréicos del depocentro de la Cuenca Terciaria Continental del Ebro. La ausencia de más sondeos impide la delimitación exacta de esta zona, no siendo excesivamente aventurado, dada la gran potencia de sedimentos halíticos cortados hasta hoy, que estas facies pudieran extenderse en profundidad sobre un área todavía mayor.

Factores condicionantes de la solubilización de las evaporitas

El principal factor responsable de la tasa de solubilización de las rocas evaporíticas es la disponibilidad de agua y el grado de saturación de la misma.

Los dos tipos de sales con mayor incidencia geomorfológica en este área y cuya disolución condiciona los fenómenos que vamos a estudiar son la halita y el yeso. La extraordinaria solubilidad de la halita (270 gr/l. a P y T estándar) es un hecho conocido y no haremos hincapié en su análisis; menos conocido es el problema de la solubilización del yeso y su derivado en profundidad, la anhidrita, por lo que nos parece oportuno extendernos en la explicación del fenómeno.

Hay gran número de trabajos, experimentales o no, en los que se estudia la solubilidad y equilibrio del sistema yeso anhidrita. Una importante síntesis es la de HARDIE (1967), reflejada en la figura 1, en la que se aprecia como la solubilización del yeso es función de la temperatura, alcanzando el máximo hacia los 35°C, mientras que la anhidrita, algo más soluble que el yeso a bajas temperaturas, disminuye rápidamente su solubilidad siendo inferior a la de éste a partir de los 44°C. De este modo, a temperaturas inferiores a los 44° y en presencia de agua pura, la anhidrita se disuelve con mayor facilidad que el yeso, hasta que el CaSO_4 disuelto alcance el P.S. de éste, precipitando en este momento. El proceso podría considerarse en conjunto como una transformación de parte de la anhidrita disuelta en yeso, quedando en solución solamente el CaSO_4 correspondiente a la solubilidad del yeso en equilibrio con la solución saturada a la temperatura dada.

La solubilización del yeso en agua es también función del tipo y concentración del resto de iones disueltos en ella como consecuencia de los procesos de efecto salino e ión común, que tienden a aumentar y disminuir respectivamente la solubilidad de sales poco disociadas. En especial es importante, y así lo han constatado diversos investigadores, la concentración del NaCl

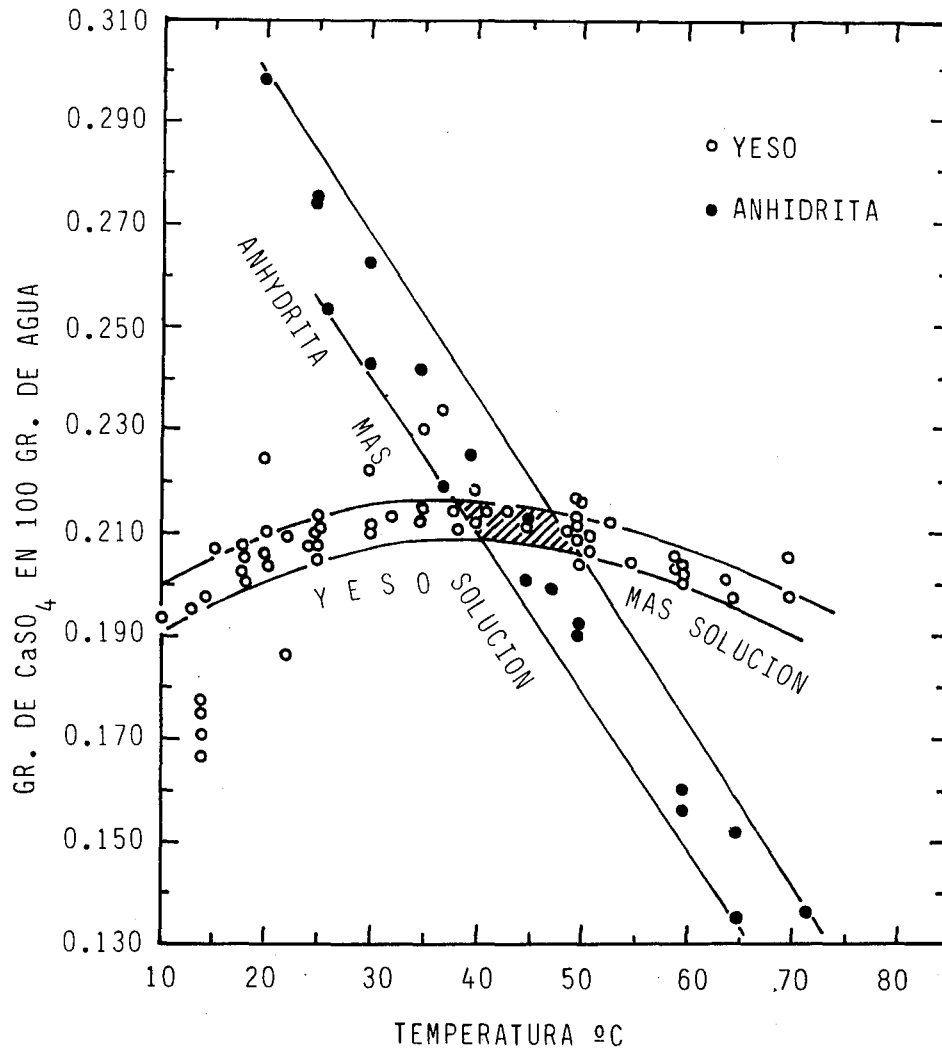


Figura 1. Relaciones de solubilidad de yeso y anhidrita sistema $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ como una función de la temperatura. Hardie, 1967.

DISOLUCION DE ROCAS EVAPORITICAS

disuelto, tal como se aprecia en la figura 2 (PONSJACK, 1940). Así, aguas con concentraciones de cloruro sódico entre 75 gr/l. y 200 gr/l. pueden disolver de 3 a 4 veces más yeso que un agua de bajo producto de actividad iónica.

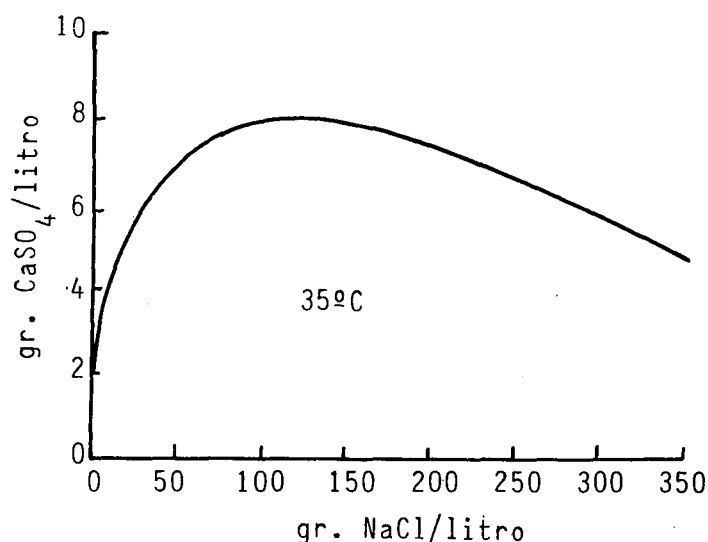


Figura 2. Solubilidad del yeso en función de la roca y concentración de NaCl. De Ponsjack, 1940.

Otro factor, no de carácter químico, que también condiciona en gran parte la solubilización de la roca yesífera es su textura. Está claro que la velocidad de disolución dependerá, en grado sumo, de la superficie de contacto entre el mineral y el disolvente y, por tanto, la existencia de poros, fisuras, interrupciones en la continuidad del esqueleto constituido por los diferentes cristales, o la interposición entre éstos de material extraño permitirán unas mayores tasas en la velocidad de solubilización, que se traducirán, aparentemente, en una mayor capacidad de disolución. Por otra parte, la solubilización de granos y cristales en toda la masa de la formación yesífera, y no exclusivamente en unas determinadas superficiales, dará lugar a una separación entre granos y cristales que conducirán a una pérdida de cohesión y rápida disgregación de la roca. De este modo, por ejemplo, el yeso alabastro, constituido por cristales de tamaño microscópico a submicroscópico, muy irregulares y fuertemente entrelazados entre sí, con una extraordinaria pureza mineralógica y prácticamente nula porosidad, se disolverá sólo super-

ficialmente y con lentitud; por el contrario, los otros tipos texturales de yeso: sacaroideo, megacrystalino, lenticular y otras variedades asociadas a proporciones variables de lutitas, margas y material carbonatado en general, presentan una elevada porosidad y permiten el flujo de aguas por algún tipo de discontinuidad, por lo que el proceso de disolución es rápido y profundiza fácilmente en la roca, disgregándola en un material pulverulento y fácilmente deleznable. El residuo de esta meteorización es denominado, de antiguo, en el Valle del Ebro, limo yesífero. Entendemos que este término es confuso y conducente a errores, pues si bien son frecuentes depósitos de similares composiciones, marcadamente cuaternarios, y de claro origen eólico o fluvio-eólico, los que frecuentemente se describen como "limos yesíferos intercalados en los depósitos yesíferos terciarios alternantes con nódulos de yeso alabastrino", no son más que resultado de procesos de disolución-alteración superficial de las facies yesíferas menos compactas, desapareciendo totalmente en los frentes de cantera, trincheras de carretera y ferrocarril y otros cortes artificiales es decir, donde la roca presenta su carácter textural primario sin haber sufrido una intensa meteorización.

Incidencia de la disolución de las evaporitas en el relieve

Debido a sus elevadas tasas de solubilidad, los materiales evaporíticos se caracterizan por una rápida evolución en su modelado.

En este apartado queremos presentar solamente tres aspectos geomorfológicos de la región estudiada generados, en nuestra opinión, por las características de solubilización de las evaporitas del área. Los fenómenos estudiados son:

- 1.— Desplome de taludes en el escarpe creado por el Ebro.
- 2.— El "domo" de Remolinos.
- 3.— Las grandes depresiones de El Castellar.

1. Desplome de taludes

En la orilla izquierda del Ebro se localizan, a lo largo del río, unos escarpes de hasta 100 metros de desnivel, muy patentes en especial en la zona de Remolinos. Aun cuando, para explicar la génesis de este escarpe, se ha invocado la posibilidad de la existencia de una falla (FRUTOS, 1976), no hay evidencia alguna que apoye esta hipótesis. En el área entre Remolinos y Zaragoza la génesis parece deberse claramente a la dinámica fluvial e íntimamente relacionada con la solubilidad de las sales.

La evolución del escarpe se realiza mediante fracturación paralela al cauce y desplome de grandes bloques, pudiéndose distinguir dos procesos cualitativamente diferenciados. En las zonas ribereñas el río erosiona inten-

DISOLUCION DE ROCAS EVAPORITICAS

samente la base del escarpe, estando favorecida la magnitud del proceso por la composición inicial fundamentalmente halítica del mismo, descalzándolo y provocando desplomes súbitos de grandes masas; en áreas algo más alejadas, la erosión producida por las aguas circulantes superficiales lixivia las sales halíticas de todo el escarpe, produciéndose más lentamente el progresivo asentamiento del material restante y la subsiguiente fracturación en el contacto con la roca en la que todavía no ha habido una tasa elevada de solubilización de sales. Estas fracturas paralelas al escarpe se convierten en nuevas vías de penetración de aguas subsaturadas que profundizan y hacen progresar el proceso.

De la rapidez de erosión en este área concreta, favorecida por la presencia de las litologías halíticas, dan fe las abundantes “vales” colgadas y disecadas a su vez por profundos y escarpados “tollos”, los cuales presentan en el borde del escarpe anchuras de 2 a 3 metros y profundidades de hasta 10 a 15 metros. Estos intensos encajamientos en las vales, así como la formación de barrancos en V de grandes dimensiones (barranco de Las Salinas, de Pola, etc.), se desarrollan normalmente sólo hasta el techo de la unidad litológica 2, anteriormente citada, límite de las formaciones yesíferas con halita dominante o dispersa. De esta forma, se puede invocar para su génesis no sólo el repentino y brusco descenso del nivel de base, sino también la excesiva facilidad de erosión y disolución de los materiales en que se encajan.

2. *El “domo” de Remolinos*

Sobre las minas de sal de Remolinos, en el corte del barranco de Las Salinas se aprecia en foto aérea una estructura semicircular, con buzamientos de hasta 20° hacia el S y SW aproximadamente, que se ha venido en llamar “el domo de Remolinos” y que ha sido atribuido a las deformaciones originadas por migraciones salinas en la vertical (fenómenos de halocinesis).

En las numerosas galerías de explotaciones activas o abandonadas situadas en el eje del “domo” y bajo la estructura curvada, la halita se aprecia en disposición horizontal; asimismo, se observan en el fondo del barranco abundantes puntos de surgencia de aguas fuertemente cargadas en halita, que percolan a través de la formación halítica a favor de grietas y fracturas de acomodación, producidas por el lavado de la misma. Por estas razones, y en ausencia de indicadores de procesos halocinéticos, es por lo que suponemos que el citado “domo” se ha generado simplemente por la meteorización y disolución en profundidad de los niveles inferiores halíticos y subsiguiente basculamiento de las formaciones yesíferas suprayacentes.

3. *Las depresiones de El Castellar*

Un elevado número de depresiones se localiza en el piedemonte meridional de los Montes de Castejón y sobre los materiales yesífero-margosos

de nuestra unidad tercera, recubierta parcialmente por depósitos de glaciares cuaternarios.

El aspecto morfológico de este piedemonte es el de una amplia plataforma, entre 400 y 500 m. de altitud, que desciende suavemente hacia el S. y que se encuentra disectada por una red de barrancos de dirección submeridiana que vierten al río Ebro. El más importante de ellos es el de la Virgen, pues con su profundo entallado de unos 150 m. de desnivel, deja colgada la plataforma con drenaje básicamente endorréico.

Las depresiones del Castellar, a pesar de ser formas kársticas generadas en material yesífero, no parecen encajar dentro de las diferentes clasificaciones establecidas para estos tipos de modelados. Su aspecto es el de amplias depresiones irregulares; a veces alargadas en dirección N-S o NW-SE, con fondo plano de hasta 1.100 m. de diámetro mayor. La forma suele ser "en artesa" para la mayoría de ellas, aunque las vertientes pueden variar su inclinación en función del tipo y grado de recubrimiento. Los detríticos que tapizan las vertientes son de tamaño muy fino (limos yesíferos), con intercalaciones de cantos, y su origen es tanto coluvial como depositado en pequeños conos aluviales que proceden de los valles de fondo plano que afluyen a dichas depresiones. El continuo aporte de material hace disminuir la inclinación de las vertientes y colmata progresivamente su fondo.

El origen de estas depresiones es para ZUIDAM (1976) una consecuencia de la disolución y erosión selectiva en los yesos en contacto con los materiales del glacis que recubren parcialmente este área. La situación de algunas de ellas así parece indicarlo, aunque en otras no ocurre lo mismo. Las depresiones que se sitúan en la zona de raíz o cabecera de los glaciares poseen un perímetro muy irregular, que se traduce en ramificaciones rectilíneas en forma de valles de fondo plano, que parecen ser heredados de estos mismos valles implantados en los materiales del glaciógeno; lo que hace sospechar en un cierto control por fracturas.

El enorme volumen de roca disuelta, a tenor del tamaño de dichas depresiones, y su origen relativamente reciente, sugieren una disolución rápida, favorecida por las características litológicas del área (evaporitas) según zonas preferenciales (raíz de los glaciares antiguos) y líneas principales de avenamiento por control estructural.

En cuanto a la edad de estas depresiones es, sin duda, posterior a la elaboración del amplio glaciógeno al que excavan (glaciógeno III de ZUIDAM, 1976 y de MENSUA e IBÁÑEZ, 1977) y, por tanto claramente cuaternarias. Los depósitos de vertiente que rellenan el fondo de dichas depresiones son posteriores a su génesis, aunque bastante más recientes.

La funcionalidad de la karstificación en esta zona y su actividad en época cercana, se pone en evidencia por rehundimientos que se observan en el fondo de algunas depresiones, lo que acarrea una reactivación de la red

DISOLUCION DE ROCAS EVAPORITICAS

de barrancos endorréicos con incisiones lineales en forma de “tollos” y depósitos de pequeños conos aluviales al final de su curso.

El desnivel tan acusado, que existe entre la plataforma donde se localizan las depresiones y los barrancos principales, además del propio río Ebro, facilita una rápida erosión remontante de la red de drenaje que ha capturado un gran número de ellas.

Conclusiones

A partir del estudio de los procesos de meteorización en un sector del Valle del Ebro, destacamos la importancia del contenido en halita, disuelta en el agua de lixiviado, en los procesos de solubilización del yeso; así como la del tipo de textura de la roca yesífera.

La meteorización superficial de las facies yesíferas no alabastrinas o con alto contenido de impurezas, proporciona las aparentes paragénesis de yeso alabastrino nodular con limos yesíferos, que, según nuestro análisis, es resultado de un proceso de meteorización diferencial y no observable en materiales terciarios no alterados.

Las elevadas tasas de disolución del material evaporítico son los principales factores en el desarrollo y evolución del escarpe y domo de Remolinos, así como de la rápida carstificación de los yesos de las zonas de plataforma. La funcionalidad de estos procesos es evidente en la actualidad en numerosos puntos del área estudiada.

BIBLIOGRAFIA

- FRUTOS, L.M. (1976). *Estudio geográfico del "Campo de Zaragoza"*. Tesis Doctorales n.º XXI. Institución Fernando el Católico, 353 pp.
- HARDIE, L.A. (1967). The gypsum-anhydrite equilibrium et one atmosphere pressure. *Am. Mineral.*, 52, 171-199.
- MANDADO, J. (1979). *Petrogénesis y geoquímica de las evaporitas y rocas asociadas en el área de Remolinos (Zaragoza)*. Tesis Licenciatura. Universidad de Zaragoza, 114 pp. Inédita.
- MANDADO, J. y TENA, J.M. (1980). Moldes de cristales tolvá de halita como proceso diagenético en la serie evaporítica de Remolinos (Zaragoza). *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Univ. Barcelona*, 34, 187-194.
- MENSUA, S. e IBAÑEZ, M.J. (1977). *Terrazas y glaciés del centro de la depresión del Ebro*. Departamento de Geografía. Zaragoza, 18 pp. y 5 mapas.
- PONSJACK, E. (1940). Deposition of calcium sulfate from sea water. *Amer. J. Sci.*, 238, 559-568.
- QUIRANTES, J. (1978). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Tesis Doctorales XXVII. Institución "Fernando el Católico". (C.S.I.C.) Zaragoza, 200 pp.
- ZUIDAM, R.A. van (1976). *Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain*. Doctor's thesis Utrech, ITC-publication, 211 pp. and 2 maps.