

Relación entre las resistividades y la mineralogía – litofacies de explotaciones activas de yeso

/ Victoria del Carmen Cutipa (1*), Elisabet Playà Pous (1), Lluís Rivero Marginedas (1), Raúl Lovera Carrasco (1), Esperanza Tauler Ferre (2)

(1) Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona. Martí i Franqués s/n, 08028 Barcelona

(2) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona. Martí i Franqués s/n, 08028 Barcelona

INTRODUCCIÓN

El sulfato de calcio, y en particular su fase hidratada, el yeso, es uno de los minerales evaporíticos más frecuentes en la naturaleza y el más abundante en afloramiento, debido principalmente a su menor solubilidad relativa en comparación con el resto de minerales evaporíticos. La combinación de la abundancia y la alta calidad de los yesos, permite que España sea el principal productor Europeo de esta roca industrial y uno de los principales productores mundiales, en el año 2010. (Salazar y McNutt, 2012).

Para una empresa de explotación yesífera es de suma importancia diversos factores que garanticen la viabilidad de su proyecto, siendo los más importantes, el mantener la continuidad de los niveles estratigráficos y la pureza de las rocas. Para conocer la continuidad de los niveles de yeso se utiliza la técnica geofísica no destructiva denominada Tomografía Eléctrica (Guinea et al., 2012), que permite obtener una distribución de las resistividades reales del subsuelo, inyectando una corriente continua a través de electrodos, logrando delimitar los niveles de una manera práctica y facilitando su modelamiento y cubicación. Adicionalmente para un mejor aprovechamiento de los datos se incorpora resultados de ensayos de purezas de los diversos estratos.

METODOLOGÍA

Se realizaron una serie de perfiles tomográficos, distribuidos en mallas para obtener un modelo 3D (perfiles tomográficos, paralelos entre si y separados 4 m). Llevando esto a realizar perfiles tomográficos de 94 m de longitud. Los datos obtenidos mediante la aplicación de los programas Prosys II, RES2DINV y RES3DINV. La empresa realizó sondeos helicoidales en el centro de alguno de los perfiles tomográficos

para extraer muestras y valorar su pureza en yeso (método de la termobalanza). La caracterización mineralógica se complementó mediante cuantificación de los resultados de Difracción de Rayos X (DRX), utilizando el software TOPAS de la empresa comercial Bruker. Los datos de DRX se han comparado con los obtenidos mediante disolución en agua de las muestras (cuantificación del % de yeso+anhidrita en la muestra por el método de la doble pesada antes y después de la disolución).

AREA DE ESTUDIO: SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El presente trabajo se realizó en una cantera activa de yeso, propiedad de la empresa Placo Saint – Gobain, ubicada a cercanías del pueblo de Gelsa, a 40 km hacia el SE de Zaragoza capital.

En la zona de estudio se encuentra unidades principalmente de yesos secundarios que son producto de la hidratación de la anhidrita, los cuales la empresa explota actualmente (Fig. 1).

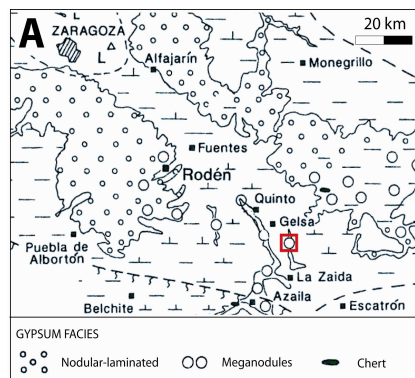


Fig 1. Mapa geológico, donde se observa los sistemas evaporíticos centrales de la Cuenca del Ebro, el cuadro en rojo marca la zona de estudio. (Modificado de Ortí y Salvany, 1997)

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Perfiles Tomográficos

Los perfiles tomográficos muestran 3 niveles según los valores de resistividad existentes, que se correlacionan claramente con los niveles estratigráficos explotados, y que muestran cambios de las resistividades en función de su mayor o menor pureza en yeso (Fig. 2):

- Nivel Superior: Caracterizado por resistividades elevadas, que van de 700 a 1000 Ohm.m, representados por el nivel 4 de colores rojos y lilas. Con una potencia de 3m, correspondiente a yesos macronodulares de alta pureza.
- Nivel Intermedio: Presenta resistividades bajas que varían de 80 a 400 Ohm.m, representados por el nivel 3 y los colores verdes, amarillos, marrones, naranjas y rojo. Posee una potencia de aproximadamente 6 a 12m, ocupando la parte central de todos los perfiles, este nivel intermedio correspondería a yesos bandeados y es el nivel donde encontramos las más bajas resistividades. Solo en el nivel intermedio podemos encontrar la anomalía 5, que se caracteriza por una baja resistividad, inferior a 50 Ohm.m y es representada por los colores azules y cian. Esta anomalía correspondería a niveles de variada potencia de lutitas poco resistivas, la cual puede encontrarse en todos los perfiles y en alguno encontrar más de una anomalía de este tipo.
- Nivel Inferior: Se encuentra resistividades altas, diferenciándose notoriamente del nivel anterior y marcando su límite, este nivel guarda relación con el nivel superior por sus parecidas resistividades. Es representado por el nivel 1 y corresponde a yesos macronodulares de alta pureza. Entre el nivel inferior 1 e intermedio 3 se observa en afloramiento una capa de 50 cm de caliza; este nivel no se ha

detectado en los perfiles debido a su escasa potencia.

La variabilidad entre la resistividad de los niveles de yesos macro-nodulares y los yesos laminados, es debida a la intercalación de lutitas presentes en el nivel laminado, lo cual permite una mejor conducción de la electricidad y reduciendo la resistividad del nivel 3. El yeso nodular es mucho más puro y por lo tanto más resistivo.

Modelización 3D

El modelo 3D proporciona información de la ubicación de un cuerpo anómalo en el nivel 3 de menor resistividad, el cual aparece en todos los perfiles. (Fig. 3, cuerpo 5), no afectando la calidad de explotación de la empresa, por no ser uniforme y puntualizarse en ciertas zonas, que posteriormente es desechado por el mismo proceso de selección de material de la empresa; cuerpos similares han sido detectados en afloramiento en el perfil de la cantera.

Se observa una relación entre la variación de la pureza en yeso de las muestras extraídas de los sondeos por la empresa y sus resistividades en los perfiles, disminuyendo los valores de resistividad aproximadamente a los 8m de los perfiles tomográficos y correspondiendo con la anomalía 5 (Fig. 3) y con un descenso de la pureza de los materiales.

Difracción de Rayos X

Se observa que existe relación en los dos métodos de identificación de la pureza de los materiales explotados (DRX y doble pesada).

Las muestras 1, 2 y 4 el nivel basal

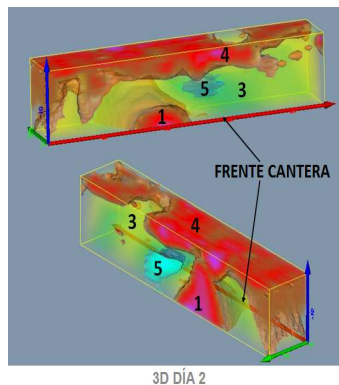
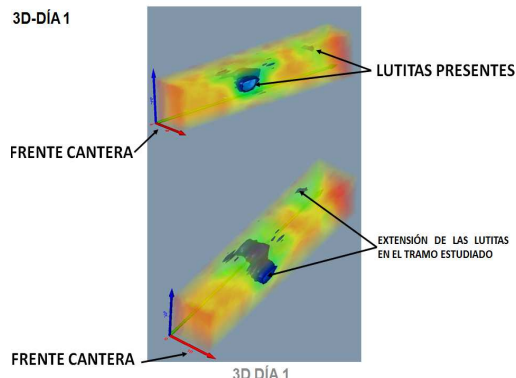


Fig 3. Modelos 3D de la zona de estudio, que muestra la existencia de cuerpo 5, de menor resistividad dentro del nivel 3.

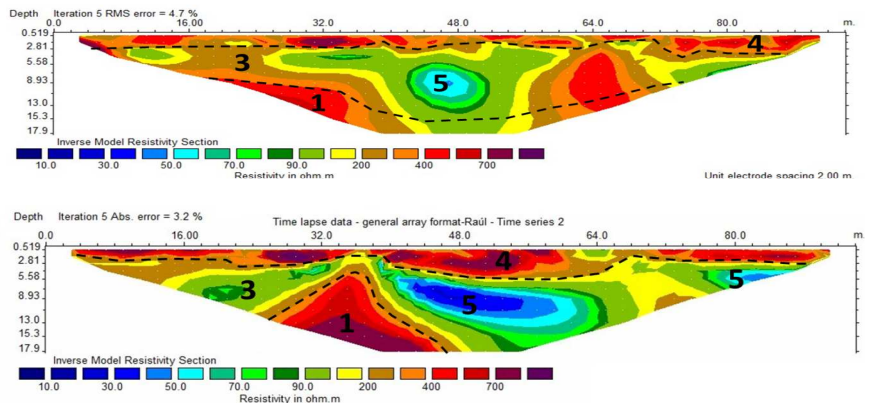


Fig 2. a) perfil N°06 perpendicular al frente de cantera, b) perfil N°10 paralelo al frente de cantera, donde se distingue: 1 (Nivel de Yeso alabastrino macro nodular), 3 (Yeso masivo a bandeado), 4 (Yeso alabastrino macro nodular) y 5 (Lutitas)

Muestra	Nivel	Litofacias	Y	A	Cc	C	Q	D	% SOLUBLES (Y+A)	Resistividades (Ωm)
1	1	Nodular	100	-	-	-	-	-	99.6	700-1000
2			98.8	0.6	-	0.6	-	-	99.5	
4			98.6	0.7	-	0.7	-	-	98.5	
3	3	Laminada	98.6	0.7	-	0.7	-	-	97.1	80-400
5	-	Caliza	-	-	96.4	-	3.6	-	8.2	-
6	-	laminada	-	-	95.5	-	3.4	1.1	3.5	-

Tabla 1. Cuantificación mineralógica de las muestras en % mediante DRX y comparación con el % de minerales solubles (doble pesada). Y. Yeso; A. Anhidrita; Cc. calcita; C. celestina; Q. Cuarzo; D. Dolomita.

nodular en las tomografías eléctricas (1; Fig. 2) mientras que la muestra 3 corresponde al nivel laminado (3). Se han procesado dos muestras del nivel calizo (muestras 5, 6). La comparación de los resultados presenta las mayores diferencias en las muestras calizas, mientras que son más semejantes en los yesos, con un promedio de error de 0.9%.

Las muestras más puras (nivel nodular 1) son las que también presentan mayores resistividades; sin embargo, la relación directa no puede establecerse puesto que las resistividades son valores promedio de las unidades mientras que los análisis mineralógicos corresponden a muestras puntuales.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto se realizó como Trabajo de Fin de Master, en la Universidad de Barcelona, el cual se cursó gracias al su apoyo del Gobierno Peruano, mediante su programa de Becas "Presidente de la Republica". A la empresa Placo Saint Gobain por la oportunidad de realizar el trabajo en sus instalaciones y por su apoyo en cada etapa del proyecto.

REFERENCIAS

Guinea, A., Martínez, N., Playà, E., Rivero, L.I. (2012): *Electrical resistivity tomography applied at different stages of gypsum exploitation. Near Surface Geoscience.*
 Ortí, F. and Salvany, J.M. (1997): *Continental Evaporitic Sedimentation in the Ebro Basin during the Miocene. In: Sedimentary deposition in rift and foreland basins in France and Spain (Paleogene and lower Neogene), G. Busson and B. Charlotte Schreiber (Eds.), Columbia University Press, New York 420-429.*
 Salazar, K, McNutt, M. (2012): *Mineral Commodity Summaries 2012, In: Survey, USG (Ed), US Department of the Interior, Reston, p. 201.*