

Génesis de los depósitos holocenos desarrollados en la laguna salada «La Sulfúrica» de Mediana de Aragón. Provincia de Zaragoza

Origin of the Holocene deposits of the saline lake «La Sulfúrica» of Mediana de Aragón. Zaragoza (Spain)

A. Pérez, J.A. Sánchez, A. Muñoz, P. Coloma y M.J. Mayayo

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza

RESUMEN

The deposit of the saline lake of Mediana is the result of a constant recycled of salts. According to the accomplished borehole we are differentiated two levels, in addition to a superficial efflorescent salt crust. The first one consists in lutites with lenticular crystals of gypsum, abundant proportion of dolomite and presence of anhydrite and traces of celestite. The second level, in addition to these minerals, presents bloedite and halite, while the efflorescent crust is integrated by bloedite, halite, hexahydrate, celestite, barite and dolomite. The deposit has a notable stability as confirms it the age of 12,700 years obtained through C14 for their base. The deposit is, in essence, the result of the modification of the lutitic-gypsum level by the interaction of water flows; could be asserted that basically it is a eluvium on gypsums and clays. It is verified also that the lake is a biological activity zone, especially bacteria, and there is organic matter accumulation due to anoxic conditions.

Key Words: saline lake, sedimentology, hidrology, Holocene, Ebro Basin.

Geogaceta, 24 (1998), 247-250
ISSN: 0213683X

Introducción

La laguna salada de Mediana se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro; al sur de la ciudad de Zaragoza y próxima a la localidad de Mediana de Aragón. Presenta una forma alargada con un eje mayor de unos 800 metros de longitud y orientación noreste-suroeste. Su cuenca hidrográfica superficial tiene una extensión de unos 8,36 km² y se sitúa sobre depósitos lutíticos y yesíferos atribuidos al Mioceno inferior de la Cuenca del Ebro (Fig. 1). En concreto, en los niveles próximos al techo de la Unidad Tectosedimentaria N1 definida por Pérez *et al.*, (1988) que equivale en parte a la Formación Zaragoza de Quirantes (1978). En los alrededores además se identifican restos de gravas correspondientes a antiguas terrazas del río Ebro y formación de valles de fondo plano y pequeñas dolinas.

Esta laguna forma parte del complejo de pequeñas depresiones salinas que se identifican en la Cuenca del Ebro y que se conocen con el nombre de saladas o playas. Muchas de estas lagunas presentan sedimentación evaporítica dando lugar a salmueras de tipo Cl-SO₄-Na-(Mg), con una precipitación

superficial de cloruros (halita), sulfatos (yeso, mirabilita-thenardita y bloedita) y pequeñas cantidades de carbonatos, puesto todo ello de manifiesto por Ibañez (1975), Pueyo (1975), Auqué *et al.*, (1995) y Pérez *et al.*, (1998). El origen y evolución de estas depresiones cerradas es debido al efecto combinado de los flujos de aguas subterráneas y la acción eólica (Sánchez *et al.*, 1997). El clima de la región donde se desarrollan las lagunas es marcadamente árido, con un intervalo anual de precipitaciones de menos de 350 mm, temperaturas extremas con valores absolutos entre -15°C y 42°C, y frecuentes vientos muy secos procedentes del Norte y Noroeste, conocidos en la región como cierzo.

La laguna de Mediana tiene un régimen estacional, permaneciendo inundada habitualmente la mayor parte del año, excepto en la época estival en que su superficie se cubre de una costra salina de color blanco que se desarrolla sobre un lecho permanentemente húmedo. La profundidad media del agua del lago, cuando existe lámina de agua libre, es de unos 0,50 metros. En el entorno de la misma es posible diferenciar una zona más interna que en superficie exhibe una

cubierta rica en materia orgánica y otra más externa, cubierta la mayor parte del año por una costra de eflorescencias salinas y desarrollo de pequeños montículos, de unos centímetros de altura, atribuidos al crecimiento de pequeños estromatolitos. El margen occidental de la laguna se encuentra rodeado por una orla donde crece *Salicornia*, mientras que el borde oriental es escarpado; está fuertemente azotado por el viento y es una zona favorable para la acumulación de depósitos eólicos de tipo gipsarenita.

En la laguna hemos realizado sondeos en uno de los cuales (S-3) hemos recuperado 0,83 metros de sedimento que hemos analizado con el objeto de caracterizar su composición, los procesos sedimentarios que han tenido lugar en el lago y la posible incidencia de parámetros orbitales en el control del relleno de la depresión. Además, se han recogido muestras de aguas que tras su análisis han sido contrastadas con datos conocidos de sondeos y manantiales próximos (Manantial de la Virgen de Mediana) con el objeto de conocer el funcionamiento hidrológico de la laguna.

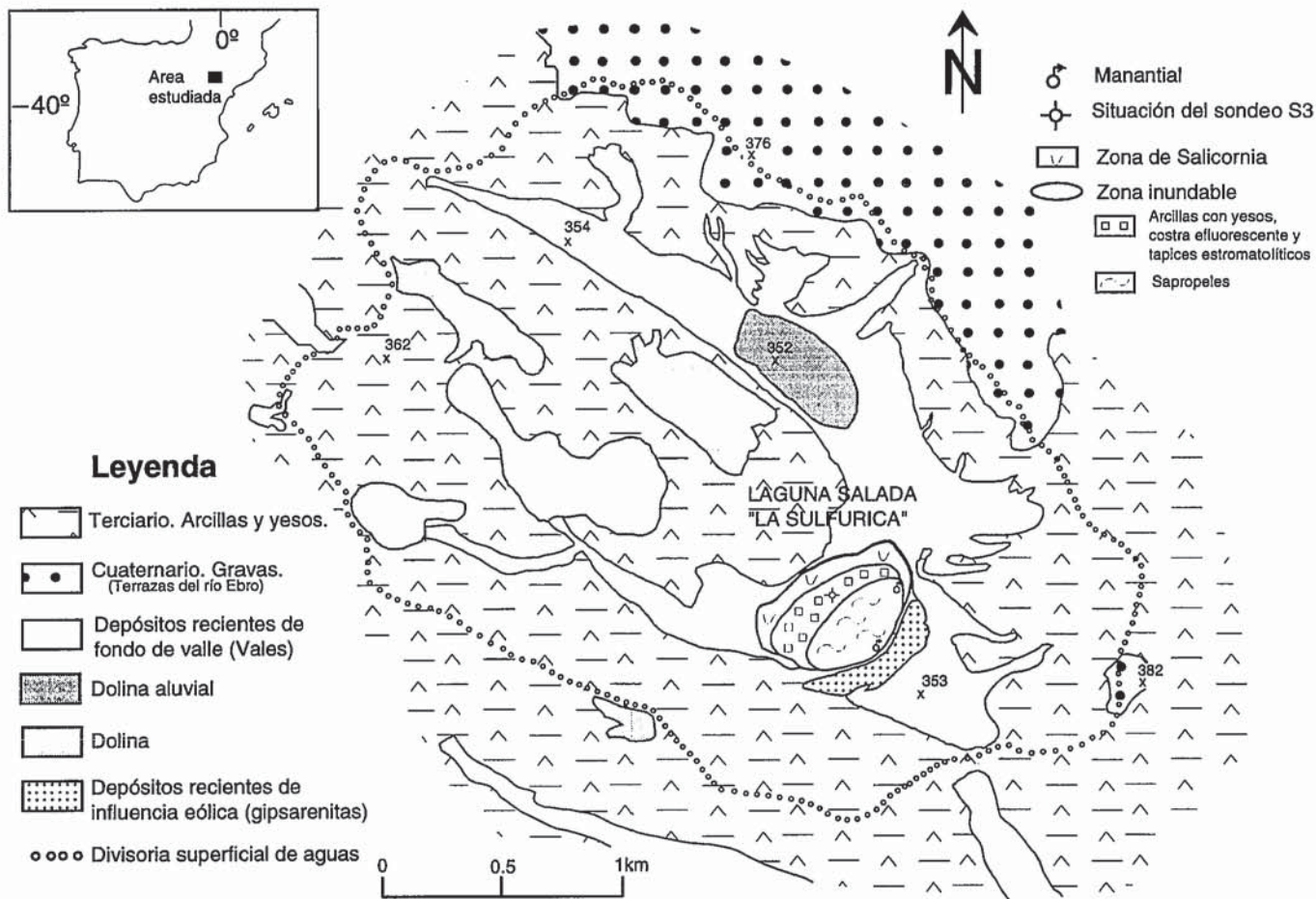


Fig. 1.- Situación y mapa geológico del entorno de la laguna de Mediana.

Fig. 1.- Situation and geological map of the saline Lake of Mediana environment.

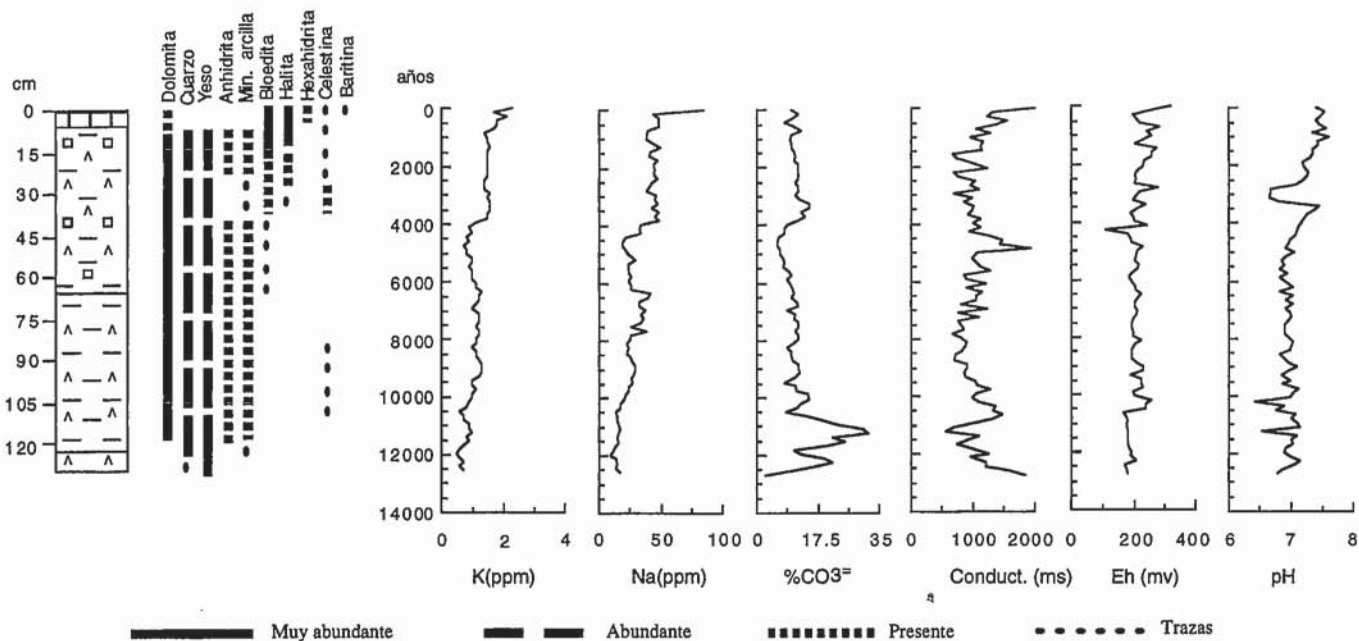


Fig. 2.- Litología, mineralogía, contenidos en sodio, potasio, carbonatos y conductividad, Eh y pH del sondeo S-3.

Fig. 2.- Log, mineral composition, contents in sodium, potassium, carbonates and conductivity, Eh and pH of the borehole S-3.

| Nº | Conduct. | TDS | pH | Cl- | SO4= | CO3H- | CO3= | NO3- | Na+ | Mg++ | Ca++ | K+ | SiO2 | NH4+ | B |
|----|----------|-------|-----|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-----|------|------|-----|
| 1 | 35800 | 57320 | 9.0 | 146.4 | 726.0 | 4.1 | 1.76 | 0.0 | 552.0 | 293.6 | 25.6 | 4.5 | 0.3 | 0.6 | 2.2 |
| 2 | 34100 | 61593 | 9.9 | 101.2 | 835.6 | 17.3 | 0.0 | 0.0 | 421.3 | 536.8 | 23.2 | 3.3 | 9.5 | 0.8 | 5.4 |
| 3 | 28900 | 50422 | 8.4 | 125.2 | 665.9 | 9.1 | 2.2 | 0.1 | 296.4 | 500.8 | 19.2 | 2.1 | 5.0 | 2.8 | 4.9 |
| 4 | 1423 | 1100 | 7.0 | 5.6 | 8.4 | 3.9 | 0.0 | | 6.5 | 4.8 | 7.2 | 0.1 | 10.5 | | |
| 5 | 3172 | 2648 | 7.6 | 8.7 | 25.7 | 3.2 | 0.0 | | 17.4 | 7.0 | 15.0 | 0.2 | | | |
| 6 | 22829 | 19936 | 9.5 | 140.5 | 151.6 | 0.35 | 0.4 | | 260.8 | 14.0 | 26.0 | 1.3 | | | |

Tabla 1.- Datos de composición química de las aguas de la laguna.

Table 1.- Chemical composition of the lake waters

Caracterización del sedimento

La muestra recogida en los sondeos ha sido estudiada mediante DRX, método del polvo, en un difractor Philips 1729 X-Ray generator. Como minerales más abundantes se han reconocido dolomita, cuarzo y yeso; con predominio del primero sobre los otros dos. Otros minerales presentes son anhidrita, halita, minerales de la arcilla y bloedita; este último, predomina en la muestra más superficial y desaparece a partir de una determinada profundidad, al igual que la halita. También se detectan pequeñas cantidades de hexahidrita, celestina y barietina. En la figura 2 se representa la distribución vertical de estos minerales. De base a techo es posible diferenciar, sobre el yacente terciario, tres niveles. El primero de ellos consiste en lutitas grises con intercalaciones de cristales lenticulares de yeso, abundante proporción de dolomita y presencia de anhidrita y trazas de celestina. El segundo nivel, además de estos minerales, presenta bloedita y halita, mientras que en la superficie se desarrolla un tercer nivel formado por una costra eflorescente salina integrada por bloedita, halita, hexahidrita, celestina, barietina y dolomita.

Una muestra situada en la base del sondeo ha sido datada mediante ^{14}C , usando un acelerador de masas (AMS) en los laboratorios Beta Analytic de Florida, resultando una edad para la misma de 12.700 años.

Por otro lado, ha sido realizado un análisis sistemático, muestreando a intervalos de un centímetro, con el objeto de aplicar un tratamiento estadístico que ayude a establecer la existencia de posibles sucesiones cíclicas. La muestra se ha preparado disolviendo 0,25 gramos de muestra finamente pulverizada en 10 cc de agua destilada y agitando durante 120 minutos. Los parámetros analizados han sido las variaciones de pH, Eh, conductividad y valores de sodio y potasio. En un manocalcómetro Geoservices se ha calculado el porcentaje total de carbonatos presentes en cada una de las muestras. Usando estos valores se han obtenido series de tiempo que han sido

analizadas mediante un paquete estadístico ITSM, modelo PEST, con el objeto de establecer posibles ciclos. Se han detectado ciclos con periodicidades del orden de 300 y 1800 años. Dado que el intervalo de muestreo representa aproximadamente 150 años, no es posible relacionarlos con ciclos de la banda solar (1-22 años) ni con ciclos de la banda de Milankovitch, debido al escaso desarrollo temporal del depósito.

Funcionamiento hidrológico

La laguna de Mediana, al igual que el resto de las lagunas del valle del Ebro, tiene, desde el punto de vista hidrológico, un marcado carácter estacional, que viene determinado por el poder evaporante de la atmósfera. Así, durante la época estival, independientemente del régimen de lluvias, se establece un periodo seco en que la laguna permanece sin lámina de agua libre, estando toda la superficie cubierta de una costra de sal. Por el contrario, el resto del año y

condicionada por las precipitaciones, la laguna se encuentra total o parcialmente inundada.

El agua de la laguna procede de las precipitaciones que caen directamente sobre su superficie, estimadas en 0,2 Hm³/año, y de las aportaciones subterráneas difusas que se extienden por todo su lecho. Sólo excepcionalmente se han observado dos pequeños manantiales en su margen oriental de los que se ha tomado muestra de agua (Tab. 1, Refs. 2 y 3). Todo el conjunto de agua subterránea se puede estimar en una aportación de unos 0,3 Hm³/año. La escorrentía superficial es inexistente, ya que no se observan cauces convergentes en la laguna, ni evidencias de que las aguas de arroyada pudieran alcanzar el lecho de ésta.

La figura 3 muestra como el agua subterránea que alcanza la laguna procede de los materiales yesífero-lutíticos terciarios, la composición de las aguas es análoga a la observada en sondeos surgentes

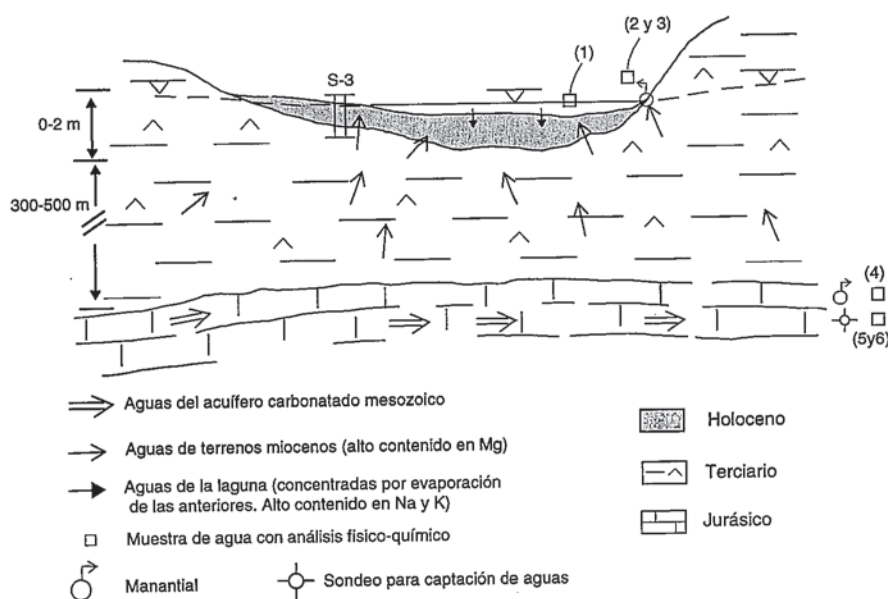


Fig. 3.- Modelo hidrológico de funcionamiento de la laguna de Mediana.

Fig. 3.- Hydrological operation model of the saline Lake of Mediana.

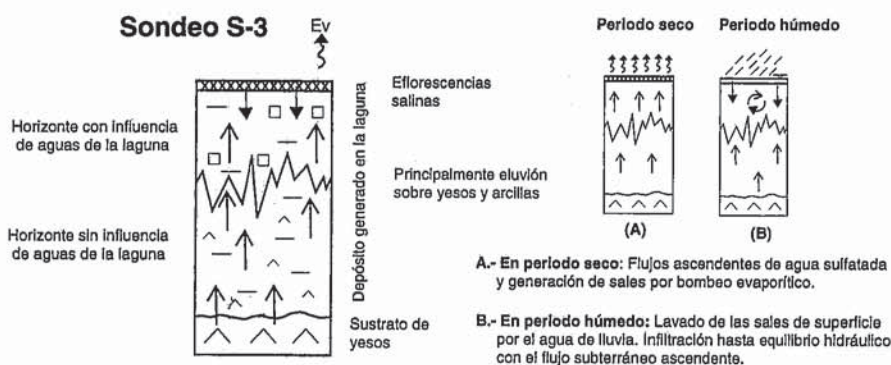


Fig. 4.- Modelo explicativo de la génesis de los depósitos desarrollados en la laguna.

Fig. 4.-Explanatory model of the genesis of the deposits developed in the lake.

que atraviesan estos materiales (Tab. 1, Ref. 6) en Acampo Sorolla (Fuentes de Ebro). Subyacente a estos materiales terciarios se encuentra el acuífero carbonatado mesozoico, responsable del denominado drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica (Coloma *et al.*, 1997) y que tiene su manifestación en un conjunto de manantiales de caudal elevado y constante, composición predominante sulfatada cálcica y temperatura de surgencia elevada (más de 23°C). El manantial de Mediana de Aragón es representativo de estas surgencias de flujo regional, aunque su afloramiento entre arcillas y yesos, eleva su contenido en cloruros y sodio (Tab. 1, Ref. 4). Sondeos realizados en las proximidades del manantial alcanzan las calizas mesozoicas obteniendo aguas similares a las del manantial de Mediana (siempre que el tramo de sondeo en contacto con el Terciario se encuentre convenientemente sellado), ver Tab. 1, Ref. 5.

Destacar que el potencial hidráulico obtenido en los sondeos que alcanzan el acuífero mesozoico está por encima de la superficie topográfica, de manera que son surgentes y por tanto, en condiciones naturales, el agua de las calizas mesozoicas asciende de forma difusa por el terciario lutítico-yesífero donde modifica sustancialmente su mineralización y composición iónica.

La figura 4 muestra las características del depósito desarrollado en la laguna a partir del testigo tomado en el sondeo S-3. El depósito es, en esencia, el resultado de la modificación del sustrato yesífero-lutítico por la interacción de flujos de agua; se podría afirmar que básicamente es un eluvión sobre yesos y arcillas. Resaltar que por la información disponible de otros sondeos, el espesor del depósito

no alcanza en ningún punto de la laguna los 2 m.

En este eluvión tiene un papel primordial el continuo flujo ascendente de aguas sulfatadas magnésicas ricas en sílice del Terciario y del acuífero mesozoico, que dan lugar a la formación de dolomita y yeso, posiblemente cuarzo y en menor proporción anhidrita (ver Fig. 2). Las aguas subterráneas que llegan a la superficie, junto con las procedentes de la precipitación, sufren el proceso de concentración por evaporación, generando aguas de composición clorurada sódica (Tab. 1, Ref. 1) y abundantes eflorescencias salinas donde predominan como minerales la bloedita, halita y thenardita. Estas aguas de la superficie de la laguna en ocasiones pueden descender por el depósito modificando su composición. Como consecuencia se diferencian dos horizontes, uno superior con influencia del agua de la laguna y otro inferior no influenciado por esas aguas.

La genética de diferenciación de estos horizontes queda expresada en la figura 4. Durante el periodo seco, los flujos ascendentes de agua subterránea son los únicos existentes, formándose la costra salina en superficie. Cuando la laguna se inunda las eflorescencias salinas se disuelven, y la carga hidráulica debida a la acumulación de agua en superficie, junto con la elevada densidad de esa agua, provoca que se invierta el flujo del agua, generando así el horizonte superior del depósito, mientras que el tramo inferior no se ve afectado por estos flujos descendentes.

Conclusiones

Según el modelo genético considerado el depósito de la laguna es el resultado de

un continuo reciclado de sales, en el que se diferencian dos niveles, además de una efímera costra de sal superficial. El depósito tiene una notable estabilidad como lo confirmaría la edad obtenida para el nivel datado. Para todo el conjunto, las entradas de masa serían las sales en disolución aportadas por el flujo ascendente de agua del Terciario y el material detrítico aportado por el viento en la superficie de la laguna, las salidas de masa serían únicamente el material evacuado por el viento, especialmente las sales. Se constata también que la laguna es una zona de actividad biológica, especialmente bacterias, y de acumulación de materia orgánica debido a las condiciones anóxicas que impone la presencia permanente de agua en los dos horizontes del depósito. Esta materia orgánica genera lodos negros en el sector central de la laguna y pequeños encostramientos de tapices estromatolíticos en áreas más marginales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por los proyectos nº PMA0694 y P122/97 (DGA), nº PB93-0580 (DGICYT) y por la Universidad de Zaragoza.

Referencias

Auqué, L.F., Vallès, V., Zougari, H., López, P.L. y Bourrié, G. (1995): *Estudios Geológicos*, 51: 243-257.

Coloma, P., Sánchez, J.A., Martínez Gil, y Pérez, A. (1997): *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (3-4).

Ibáñez, M.J. (1975): *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 1: 35-48.

Pérez, A., Muñoz, A., Pardo, G., Villena, J. y Arenas, C. (1988): In: *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la cuenca del Ebro*. Pérez *et al.* eds. *Guía Campo III Reunión Grupo Español de Trabajo PICG*, 219: 7-20. Zaragoza.

Pérez, A., Muñoz, A., Sánchez, J.A. y Mayayo, M.J. (1998): *15 Th International Sedimentological Congress*. Alicante.

Pueyo, J.J. (1979): *Revista del Instituto de Investigaciones Geográficas de Barcelona*, 33: 5-56.

Quirantes, J. (1979): *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. Tesis Doctoral*, Instituto Fernando el Católico, Zaragoza, pp. 200.

Sánchez, J.A., Pérez, A., Coloma, P. y Martínez, F.J. (1998): *Hydrological Processes*. 12:813-820.