



Los sistemas lacustres evaporíticos del sector Navarro-Riojano de la Cuenca del Ebro durante el Oligoceno y Mioceno inferior

J. M. SALVANY DURAN

Depto. Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Universidad de Barcelona. 08028 Barcelona

RESUMEN

La sucesión de depósitos continentales en el sector occidental de la Cuenca del Ebro durante el Oligoceno y Mioceno inferior muestra el registro de cuatro unidades lacustres evaporíticas conocidos con los nombres de Puente La Reina, Falces, Lerín y Monteagudo-Grávalos-Ribafrecha, resultantes del desarrollo de sistemas lacustres evaporíticos de tipo playa-lake con precipitación principalmente de yeso, anhidrita, halita y con ciertas particularidades en cada caso. Las evaporitas señalan en los tres primeros casos el depocentro de la cuenca y están rodeadas por sistemas aluviales y fluviales procedentes de la erosión de las cordilleras pirenaica e ibérica. El sistema evaporítico de Monteagudo-Grávalos-Ribafrecha se desarrolló, por el contrario, en el margen sur de la cuenca. La posición progresivamente más meridional de estas evaporitas en la cuenca conforme su edad es más moderna, refleja el desplazamiento del eje de la cuenca en esta misma dirección como resultado del levantamiento dominante de los Pirineos.

Palabras clave: Evaporitas continentales. Cuenca del Ebro. Oligoceno-Mioceno inferior. Glauberitas. Tectónica-sedimentación.

ABSTRACT

The Oligocene and Miocene continental sediments in western sector of Ebro basin show four principal evaporite units known as Puente La Reina, Falces, Lerín and Monteagudo-Grávalos-Ribafrecha.

The Puente La Reina unit was developed during de upper Eocene - lower Oligocene. It's made up mainly by anhydrite and secondary gypsum, but in burial some halite layers has been noticed. These evaporites come from a east-westá evaporitic trough placed in south pyrenean position, composed of a relative perennial saline lake in its core surrounded by a large saline mud flat.

The Falces and Lerín units were developed during the middle Oligocene to lower Miocene and are made up by anhydrite, secondary gypsum, halite, clays and carbonates. Some glauberite-polyhalite-magnesite deposits are also present. Both show the same sedimentological features and represent a long period of evaporite sedimentation in a extensive playa-lake environment.

Monteagudo, Grávalos and Ribafrecha are three small gypsiferous units developed during the Aragonian (top of the lower Miocene) and represents the last evaporite sedimentation in the Navarra-La Rioja sector. They are made up by primary gypsum, secondary gypsum, carbonates and chert nodules. Within the carbonates and primary gypsum are common bioturbation structures. These evaporites come from the developement of three short and ephemeral lakes of low salinity, only with calcium sulphate and carbonates precipitation.

The Puente La Reina, Falces and Lerín systems were developed on the central area of the basin and were surrounded by aluvial sediments coming from the erosion of the Pyrenees and Iberian chains. These three evaporite systems point out in each moment the basin depocenter. The fourth system was developed in southern margin of the basin, remaining the central area of the basin as a large mud flat with fluvial channels and carbonate lakes. The main Pyrenean uplift was the cause of evaporites shift toward the south, followed by a progresive expansion of pyrenean aluvial systems and regretion of iberian aluvial systems.

Key words: Continental evaporites. Ebro basin. Oligocene-lower Miocene. Glauberites. Tectonics-sedimentation.

INTRODUCCIÓN

Durante el Oligoceno y Mioceno el sector navarro-riojano de la cuenca del Ebro fue motivo de una importante sedimentación continental de tipo endo-

reico. La sucesión resultante, con una potencia superior a los 4000 metros, muestra una compleja estratigrafía caracterizada por la alternancia de unidades detríticas y lacustres con importantes cambios laterales de facies. En la actualidad buena parte de estos materiales continentales pueden ser observados gracias a la estructura de plegamiento erosionada que caracteriza a la región (Fig. 1). Los trabajos más relevantes que describen la estructura y estratigrafía de este Terciario son básicamente los de Solé Sabarís (1954), Riba (1955a, 1955b, 1964), Riba y Pérez Mateos (1962), Crusafont *et al.* (1966), Solé (1972), Puigdefábregas (1973, 1975), Castiella *et al.* (1978), Muñoz *et al.* (1986-87), Salvany (1989a) y Pérez (1989). En base a los datos ofrecidos por estos trabajos, la figura 2 muestra la distribución de unidades litoestratigráficas en un corte norte-sur a través de la Ribera de Navarra. El corte pone de manifiesto los siguientes aspectos:

Los márgenes norte y sur de la cuenca están constituidos principalmente por unidades detríticas gruesas, que forman potentes series de conglomerados y areniscas procedentes del desarrollo de sistemas de abanicos aluviales. Dentro de estas unidades marginales se detectan diversas rupturas sedimentarias, así como el registro de retracciones y expansiones de los sistemas aluviales sobre los márgenes de cuenca, resultantes de los movimientos en el levantamiento de las cordilleras pirenaica e ibérica, que han sido descritas por Riba (1964) y Muñoz *et al.* (1986-87), respectivamente en los márgenes norte y sur de la cuenca.

Hacia centro de cuenca los conglomerados y areniscas pasan lateralmente y de forma rápida a facies detríticas finas (lutitas y areniscas), que constituyen las facies aluviales distales. Las discordancias registradas en los márgenes de cuenca desaparecen en esta zona central, donde la serie se muestra enteramente concordante. Únicamente llegan a reconocerse localmente algunas discordancias en los materiales del Mioceno inferior de la zona central de la Ribera de Navarra, como consecuencia del desarrollo sincrónico de la estructura de plegamiento que caracteriza esta región y su relleno sedimentario (Riba, 1976).

Entre las lutitas se sitúan diversas unidades lacustres, que son de carácter principalmente evaporítico en el Oligoceno y de carácter evaporítico o carbonatado en el Mioceno. La posición de estas unidades lacustres es progresivamente más meridional en la cuenca conforme su edad es más moderna al haberse ido desplazando hacia el sur el eje de la cuenca como resultado del levantamiento dominante de la cordillera pirenaica.

Ya desde los trabajos de Riba (1964) se distinguen en la Ribera navarro-riojana tres importantes unidades evaporíticas de edad principalmente oligocena, así como una cuarta unidad, de menores dimensiones, a techo del Mioceno inferior.

La unidad inferior se sitúa justo en la base de la serie terciaria continental, y es conocida con el nombre de Yesos de Puente La Reina (Castiella *et al.*, 1978), aunque también ha sido denominado como Yesos de Undiano (Riba, 1964 y Puigdefábregas, 1975). La unidad está principalmente constituida por yeso secundario o anhidrita, aunque se han citado niveles salino en subsuelo, de características y distribución mal conocida. Estos materiales afloran en unos pocos puntos de la franja septentrional de la Ribera de Navarra (Fig. 1) muy deformados por la tectónica surpirenaica. Por su posición estratigráfica estos yesos son equivalentes a los de la formación Barbastro de la región catalano-aragonesa (Quirantes, 1969; Sáez, 1987) y aunque se ha sugerido la posibilidad de que ambas unidades formen una única gran unidad evaporítica surpirenaica, lo cierto es que hasta el momento no hay pruebas de ello.

La segunda unidad evaporítica la constituyen los Yesos de Falces (Castiella *et al.*, 1978), conocidos también como Yesos de Desojo en el sector noroccidental de la Ribera de Navarra (Riba, 1964 y Solé, 1972) o como Yesos de Tafalla (Puigdefábregas, 1975). Es la unidad evaporítica que tiene un mayor desarrollo en potencia y extensión, y aflora principalmente en el núcleo de los anticlinales mayores de la Ribera de Navarra (anticlinales de Tafalla, Falces y Arguedas), donde sus materiales se hallan muy deformados por la tectónica diapírica, acumulando hasta 3000 metros de evaporitas en el núcleo del anticlinal de Falces, atravesadas en su totalidad por el sondeo de Marcilla. En superficie sólo se reconocen potentes tramos de yesos con intercalaciones arcillosas, pero en profundidad tienen también importante desarrollo los niveles de sal y glauberita (Salvany, 1989a). Los estudios de subsuelo (ENRESA, 1987) ponen de manifiesto que los yesos de Falces constituyen el nivel basal de la estructura de plegamiento que caracteriza la Ribera de Navarra, mostrando una base plana que puede seguirse desde las proximidades de Logroño hasta la zona aragonesa occidental, con una extensión del orden de 150 kms.

La tercera unidad evaporítica la constituyen los Yesos de Lerín (Castiella *et al.* 1978), que agrupan a los Yesos de Los Arcos, de Riba (1964), más otros niveles yesíferos infrayacentes. Litológicamente es muy similar a la unidad anterior, con yeso secundario, anhidrita y halita, así como carbonatos (dolomicritas) subordinados y diversos niveles de glauberita-polihalita (yacimientos de Alcanadre y San Adrián). Entre estos materiales se intercalan importantes tramos arcillosos, con niveles de arenisca. Por sus buenas condiciones de exposición (aflora en los flancos erosionados de los pliegues), esta unidad ha podido ser caracterizada con detalle, mostrando una estratigrafía secuencial que ha sido descrita en Salvany y Ortí (1986) y Salvany (1989a, 1989b).



Figura 1.- Mapa geológico del sector navarro-riojano de la cuenca del Ebro con situación de los afloramientos de las unidades evaporíticas del Terciario continental. 1: Mesozoico. 2: Terciario marino. 3: Terciario continental detrítico. 4: Diapiros triásicos. 5: Yesos de Monteagudo-Grávalos-Ribafrecha. 6: Yesos de Falces. 7: Yesos de Lerín. 8: Yesos de Puente La Reina. 9: Afloramientos de Glauberita.

Figure 1.- Geological map of Navarra-La Rioja sector of the Ebro Basin showing the Tertiary nonmarine evaporite outcrops. 1: Mesozoic. 2: Marine Tertiary. 3: Detrital continental Tertiary. 4: Triassic diapirs. 5: Monteagudo-Grávalos-Ribafrecha Gypsum. 6: Falces Gypsum. 7: Lerin Gypsum. 8: Puente La Reina Gypsum. 9: Glauberite outcrops.

La cuarta unidad evaporítica se sitúa dentro de los materiales aluviales miocénicos del margen meridional de la cuenca navarro-riojana. Se trata de tres pequeñas subunidades yesíferas conocidas con los nombres de Monteagudo (Castiella *et al.*, 1977), Grávalos (Muñoz, inédito) y Ribafrecha (Castiella *et al.*, 1976), que son correlacionables con las también pequeñas unidades yesíferas aragonesas de Borja y Pozuelo. Pese a las reducidas dimensiones en comparación con las otras unidades citadas, estos yesos muestran unas particulares características petrológicas y sedimentológicas que las han hecho motivo de especial atención: Ortí *et al.* (1989), Salvany (1989a, 1989c), Salvany y Muñoz (1989). La presencia de diversos yacimientos de vertebrados en esta región meridional de la cuenca, como el de Monteagudo (Ruiz de Gaona *et al.*, 1946) en la propia unidad yesífera del mismo nombre, permi-

ten datar este cuarto sistema evaporítico como del Aragoniense medio (Mioceno inferior).

Los datos paleontológicos que permiten datar los otros tres sistemas evaporíticos son, por el contrario, muy escasos. En Choi (1984) se cita la presencia de restos de carofitas del Priaboniense en la base de las facies fluvio-lacustres de Javier (yacimiento de Yesa), lo que permite situar el tránsito Eoceno-Oligoceno dentro de la serie continental. Los Yesos de Puente La Reina ocupan una posición estratigráfica equivalente a las facies de Javier (Fig. 2), por lo que puede suponerse que también esta unidad comprende el tránsito entre ambas edades.

Se carece de dataciones paleontológicas fiables de las facies oligocenas y tampoco se tiene certeza de a qué nivel corresponde el tránsito Oligoceno-Mioceno.

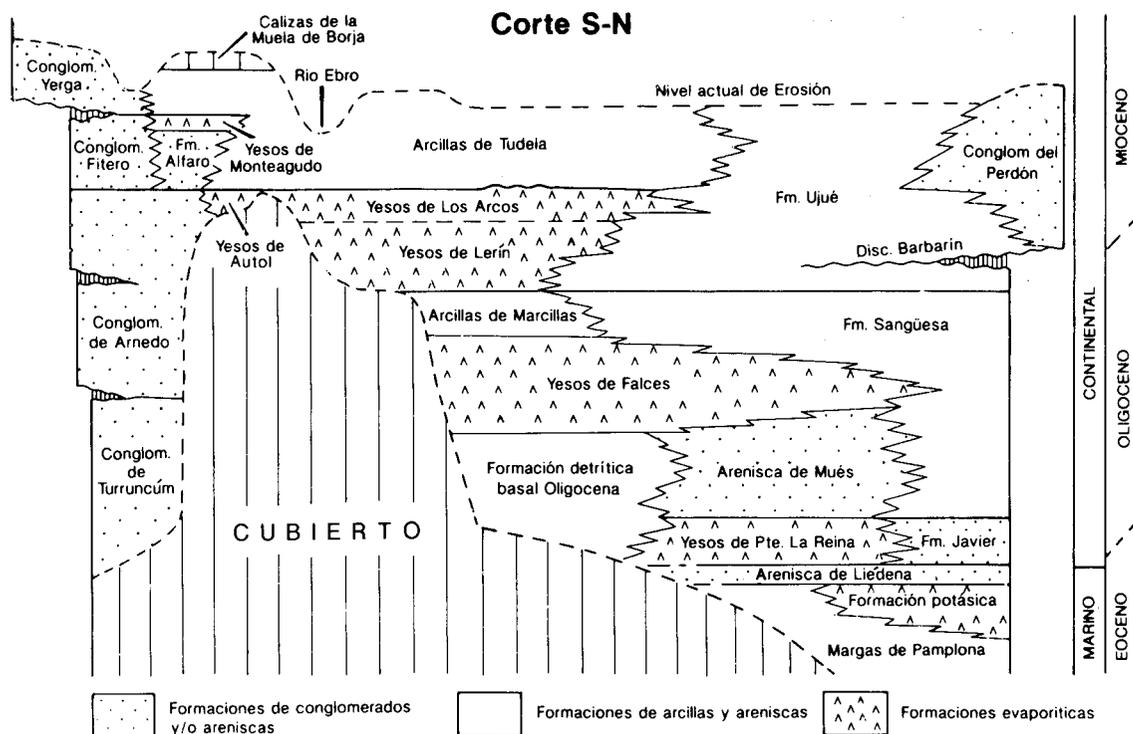


Figura 2.- Esquema litoestratigráfico de las unidades del Terciario continental en el sector navarro-riojana de la cuenca del Ebro.

Figure 2.- Lithostratigraphic framework of the continental Tertiary units in the Navarra-La Rioja sector of the Ebro Basin.

Clásicamente se ha considerado que el nivel de Yesos de Los Arcos (Fm. Lerín) incluía dicho tránsito en base al yacimiento de vertebrados de Tudela-1 (Cru-safont *et al.*, 1966) de edad Ageniense, situado justo por encima de estos yesos. Sin embargo, los datos aportados por el yacimiento de vertebrados de Autol (Cuenca, 1983), también del Ageniense, situado en la parte alta de la Fm. Arnedo hacen pensar que el tránsito Oligoceno-Mioceno está posiblemente bastante por debajo de los citados Yesos de Los Arcos. En base a estos datos puede establecerse una edad de Oligoceno sin más precisión para los Yesos de Falces, y una edad Oligoceno superior - Ageniense para los Yesos de Lerín.

El propósito del presente trabajo es de exponer, a partir de los datos existentes hasta el momento, las características sedimentológicas de cada unidad evaporítica y la evolución paleogeográfica de los sistemas donde se formaron.

LA SEDIMENTACIÓN EVAPORÍTICA EN EL TRÁNSITO EOCENO-OLIGOCENO

Finalizado el ciclo marino del Eoceno, la sedimentación continental se inicia en la cuenca de Pamplona con el depósito de los Yesos de Puente La Reina. El origen continental de estas evaporitas fue probado por Utrilla (1989), a partir de la composición isotópica de los sulfatos, obteniendo valores típicamente no marinos para los mismos y concluyendo que éstos proceden del reciclaje de las evaporitas triásicas en erosión en las cordilleras periféricas a la cuenca.

Los *Yesos de Puente La Reina* afloran principalmente en el núcleo del anticlinal de Añorbe (Fig. 1), donde forman una monótona serie de litofacies yesíferas laminadas, de notable pureza, con una potencia estimable en 300-400 metros. Los otros afloramientos se sitúan en los alrededores de las poblaciones de Mués, Sorlada y Arizala, así como en la vertiente norte de la Sierra del Perdón. En estos otros afloramientos los yesos muestran principalmente litofacies nodulares, con cantidades variables de arcillas grises y rojizas como matriz internodular que les confieren un aspecto más impuro. La falta de datos de subsuelo y la desconexión de estos escasos afloramientos hacen de ésta la unidad más difícil de reconstruir paleogeográficamente de entre las que en este trabajo trataremos.

Hacia el este los yesos pasan lateralmente a las facies lacustres de Zabalza y fluvio-lacustres de Javier, descritas por Puigdefábregas (1975) como los materiales distales del complejo aluvial de la cuenca de Jaca durante el Oligoceno inferior. Estas facies están compuestas principalmente por margas grises o

rojizas, con intercalaciones limosas y de areniscas. En subsuelo (sondeo de Sangüesa) también se registran niveles de anhidrita en las facies de Zabalza. El tránsito lateral entre los Yesos de Puente La Reina y estas otras facies queda cubierto por el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz, aunque su equivalencia no plantea dudas dentro del contexto estratigráfico de la región.

Por el norte y el oeste se desconoce por completo la evolución lateral de los yesos de Puente La Reina por estar, respectivamente, erosionados en la cuenca de Pamplona, y cubiertos bajo la Sierra de Cantabria.

Hacia el sur también se desconoce la evolución de los yesos. El sondeo de Marcilla (Fig. 1) no llegó hasta el basamento de la cuenca y por tanto no puede asegurarnos la presencia o ausencia de estas evaporitas. La revisión por parte de ENRESA (1987) de una línea sísmica que atraviesa de este a oeste la Ribera de Navarra y Aragón, pasando por los sondeos de Marcilla, Ejea y Tauste (estos dos últimos sí llegan hasta el basamento de la cuenca), permite ver que por debajo de los yesos de Falces y hasta el basamento de la cuenca sólo está presente una potente y homogénea serie detrítica a la que denominan "formación detrítica basal oligocena". El estudio litológico de algunos testigos del sondeo de Marcilla correspondientes a la parte alta de esta unidad (Salvany 1989a) permite distinguir algunos niveles micronodulares de anhidrita entre las arcillas rojas con limos y areniscas que predominantemente componen los testigos. No se individualizan en ningún caso niveles evaporíticos mayores, y al margen de estos indicios, lo cierto es que como tal la unidad Puente La Reina no queda individualizada en esta zona central de la cuenca.

En el margen sur de la cuenca (sector de Arnedo) afloran los conglomerados de Turruncún, con una potencia visible de unos 700 metros, a los que se les atribuye una edad de Eoceno superior - Oligoceno (Muñoz *et al.*, 1986-87). Estos conglomerados están asociados al margen ibérico de la cuenca, resultantes del desarrollo de un sistema de abanicos aluviales cuyas características y continuidad en subsuelo son poco conocidas.

La figura 3A muestra la posible reconstrucción paleogeográfica para los Yesos de Puente La Reina, a partir de los escasos e imprecisos datos que se han expuesto. Tal como se indica, las evaporitas se depositaron en un surco de forma alargada paralelo al eje de los Pirineos, con una extensión superior a los 50 kms. (distancia que separa los dos afloramientos de la unidad Puente La Reina más alejados). Por las características litológicas que muestran los yesos, la cuenca evaporítica debió constar de un lago central relativamente estable, con sedimentación de facies laminadas de yeso y halita, situado sobre el actual anticlinal de Añorbe, y una zona periférica de carácter lacustre efí-

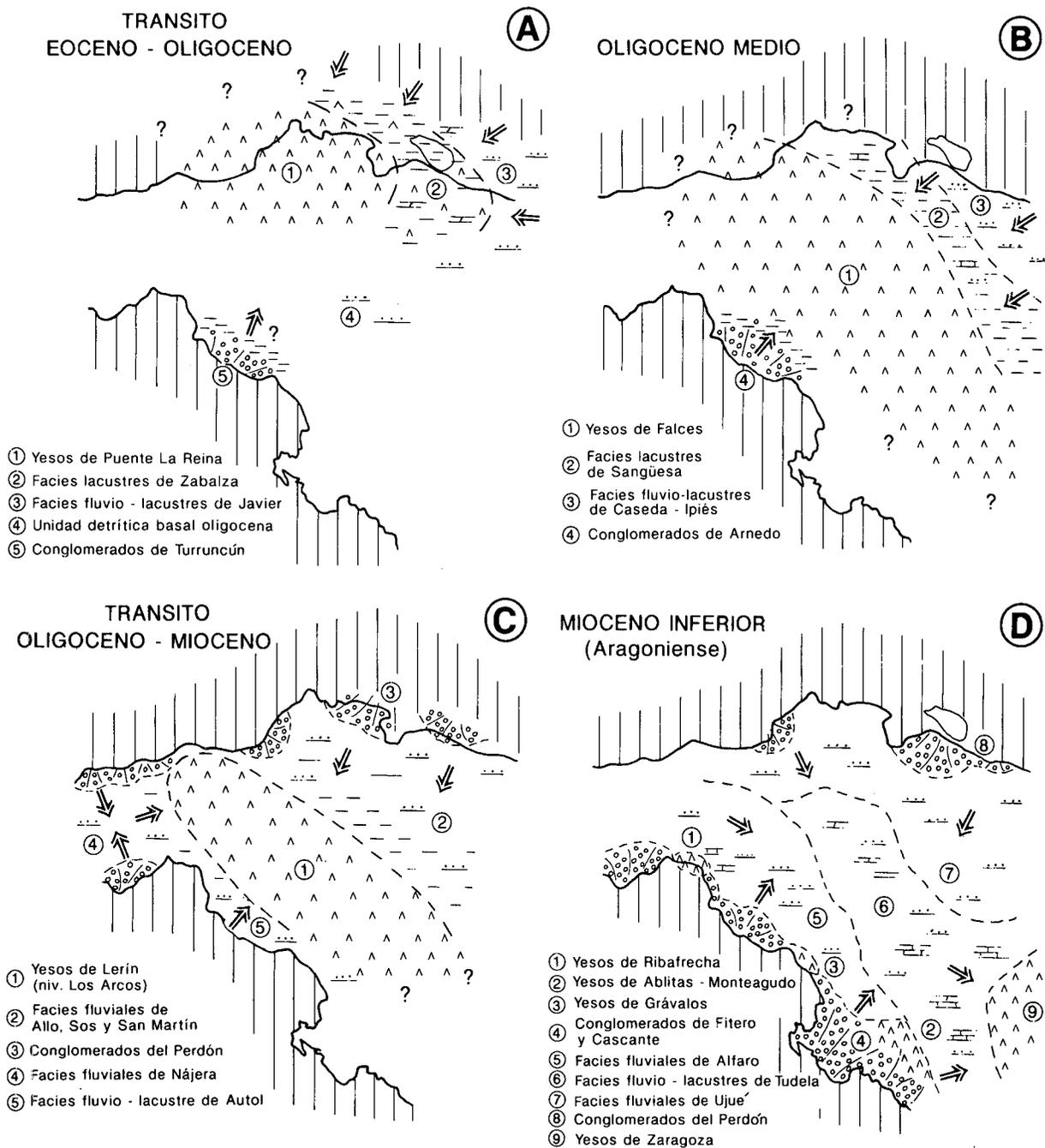


Figura 3.- Mapas de distribución de facies y paleocorrientes para los cuatro sistemas lacustres evaporíticos del Terciario continental en el sector navarro-riojano de la cuenca del Ebro.

Figure 3.- Facies and paleocurrents map of the evaporite lacustrine systems during the continental Tertiary in Navarra-La Rioja sector of the Ebro Basin.

mero, con desarrollo principalmente de facies nodulares de anhidrita. Lateralmente las evaporitas pasan a las unidades detríticas encajantes, originadas en los sistemas aluviales desarrollados al pie de los Pirineos y probablemente también de la Cordillera Ibérica.

La cuenca evaporítica debió estar principalmente dominada por los aportes de procedencia oriental (cuenca de Jaca) y septentrional (Pirineos). El primer caso queda bien caracterizado por el tránsito gradual a las facies aluviales distales de la cuenca de Jaca (Zabalza, Javier...). La presencia de restos de foraminíferos marinos entre las evaporitas de Puente La Reina (anhidritas del sondeo de Arizaleta, en Salvany, 1989a), resedimentados del Eoceno de la cuenca de Pamplona, hace pensar que el levantamiento y erosión del Pirineo debió tener ya un notable desarrollo e influencia durante la sedimentación de estas evaporitas.

Por el noroeste y oeste la falta de datos impide determinar la terminación occidental de las evaporitas y su posible conexión con el mar oligoceno en retroceso en esta misma dirección, que ocupó la cuenca de Pamplona durante la sedimentación de las unidades inmediatamente por debajo de los Yesos de Puente La Reina (Fm. Guendulain y Margas de Pamplona).

Los sistemas aluviales desarrollados al pie de la Cordillera Ibérica (conglomerados de Turruncún) pudieron extenderse hasta el lago evaporítico, formando una extensa llanura lutítica representada por los materiales detríticos de la formación basal oligocena. No obstante, la larga distancia que separa estas unidades, la escasez de datos de subsuelo y la falta de una datación precisa de las mismas, dejan esta interpretación sólo como probable.

La posible conexión de los Yesos de Puente La Reina con los de la unidad Barbastro queda, como se ha dicho, sin poder precisarse. Por la distribución de facies reconstruida, parece evidente que la unidad Puente La Reina constituye un cuerpo evaporítico bien delimitado en la región surpirenaica navarra, aunque la imprecisión de sus límites no excluye la posible conexión de estos yesos con los vecinos yesos de la unidad Barbastro.

LOS SISTEMAS EVAPORÍTICOS DE FALCES Y LERIN DURANTE EL OLIGOCENO Y MIOCENO INFERIOR (AGENIENSE).

Tras el depósito de los Yesos de Puente La Reina se desarrolla en la cuenca navarra un importante episodio detrítico conocido con el nombre de Arenisca de Mués, que aflora extensamente en la parte septentrional de la Ribera de Navarra. La serie, con una potencia que

alcanza los 2400 m. (Solé, 1972), muestra dos tramos bien diferenciados: uno inferior (Arenisca de Mués s.s.), de arcillas rojas con importante desarrollo de las areniscas; y otro superior (Facies de Espronceda, de Castiella *et al.*, 1978), de arcillas versicolores con menor desarrollo de areniscas y con calizas. El tránsito entre ambas unidades es gradual y en conjunto forma una secuencia granodecreciente que evoluciona en la vertical de facies fluviales a fluvio-lacustres. Por encima de las Facies de Espronceda, y también con tránsito gradual se depositaron los Yesos de Falces.

El Sistema Evaporítico de Falces

En el sector de Los Arcos (NO de la Ribera de Navarra), los *Yesos de Falces* afloran en su totalidad muy verticalizados, formando una continua franja de 20 kms. de longitud, con una potencia variable de 750 a 950 m. (Solé, 1972). En este sector los yesos forman una monótona serie constituida principalmente por facies nodulares, con frecuentes intercalaciones arcillosas, que representa una zona marginal de la formación. Su mayor desarrollo se sitúa en el sector central de la Ribera de Navarra, donde supera los 1000 m. de potencia.

Por el noreste los Yesos de Falces pasan lateralmente a las facies lacustres de Sangüesa (margas, calizas y areniscas) y después a las facies fluvio-lacustres de Cáseda (lutitas, areniscas y calizas), de Puigdefábregas (1975), que constituyen los niveles de colmatación de la cuenca de Jaca y su conexión con la Ribera de Navarra. Se desconoce la terminación noroccidental de los yesos, que probablemente se extienden aún algunos kilómetros por debajo de la Sierra de Cantabria, pues en su ofloramiento más occidental (Aguilar de Codés), justo al pie de esta unidad alóctona, los yesos muestran aún un notable espesor. Los afloramientos más meridionales de la unidad no rebasan la línea del río Ebro, desconociéndose su conexión con las unidades detríticas de edad equivalente que se reconocen en el margen sur de la cuenca. Con toda probabilidad los yesos pasan lateralmente a los materiales de la Formación Arnedo, aunque resulta difícil precisar a qué nivel de los mismos. Por el este y sureste tampoco se conocen con certeza los límites de los Yesos de Falces. Los sondeos petroleros profundos más occidentales de la región aragonesa (Ejea-1 y Tauste-1) cortan niveles evaporíticos por debajo de los 2000 metros de profundidad que han sido atribuidos por ENRESA (1987) a esta misma unidad.

Los Yesos de Falces se depositaron en una cuenca evaporítica de forma alargada, según la dirección NO-SE, con unas dimensiones no inferiores a los 150 kms de longitud por una anchura máxima de 60 kms (datos

de superficie y subsuelo). Por sus características, estas evaporitas proceden del desarrollo de un lago salino efímero de tipo playa-lake, con facies principalmente nodulares de anhidrita en sus zonas marginales y facies laminadas de yeso y halita en su zona central. Entre ambas queda definida una tercera zona intermedia de tránsito entre las dos primeras en la que alternan la anhidrita, la halita y el yeso, y en la que también se preservan facies de otros sulfatos como la glauberita o polihalita. La presencia de carbonatos entre estas evaporitas es escasa, reconocindose principalmente como sedimento encajante entre las diferentes facies de los sulfatos.

Sin lugar a dudas, los Yesos de Falces constituyen la unidad evaporítica de mayor desarrollo de las que hemos estudiado. Su depósito, ocurrido probablemente durante el Oligoceno medio, podría representar una etapa de baja actividad orogénica, con los sistemas aluviales restringidos a los márgenes de cuenca y toda la zona central de la misma ocupada por un extenso medio evaporítico.

La figura 3B muestra la disposición del sistema evaporítico de Falces sobre la cuenca y su relación con las unidades vecinas. Como se indica, las evaporitas ocupan la práctica totalidad de la zona central de la cuenca, con los sistemas aluviales ibérico y pirenaico muy restringidos en los márgenes de la misma. En el sector de Los Arcos, el estudio estratigráfico realizado por Solé (1972), ha puesto de manifiesto que el área ocupada por la sedimentación evaporítica no fue siempre la misma, ya que la base y techo de los Yesos de Falces son marcadamente heterócronas como resultado del desplazamiento de las facies evaporíticas sobre las unidades detríticas encajantes.

El Sistema Evaporítico de Lerín

Los *Yesos de Lerín* se hallan separados estratigráficamente de los de Falces por una intercalación detrítica bien desarrollada en los distintos sectores de la cuenca (Arcillas de Marcilla, Facies de Allo...), que resulta con toda seguridad de un episodio relevante del levantamiento de los Pirineos. Este hecho se justifica por los tres aspectos siguientes:

1) La existencia de una importante discordancia angular en el margen noroeste de la cuenca registrada en las facies de Allo. Se trata de la discordancia de Barbarín (Riba, 1964), de edad finioligocena, que separa claramente una serie inferior plegada, que integra a los Yesos de Falces, de otra superior, que contiene a los Yesos de Los Arcos y que se expande sobre la serie inferior y sobre los sedimentos terciarios marinos de la cuenca de Pamplona.

2) El desplazamiento del eje de la cuenca hacia el sur durante el tránsito entre los dos sistemas evaporíticos (Falces y Lerín). Dentro de cada uno de ellos se observan desplazamientos de las unidades evaporíticas en sentido más o menos paralelo al eje de la cuenca, pero el desplazamiento del eje hacia el sur tuvo lugar principalmente durante la sedimentación de las arcillas de Marcilla.

3) El desarrollo de las Arcillas de Marcilla debe explicarse como el resultado de una activación de los sistemas aluviales por causas tectónicas en una de las dos cordilleras que limitan la cuenca. Dado que el desplazamiento del eje de la cuenca fue hacia el sur se puede deducir que la cordillera que se levantó fue la pirenaica.

Las facies y características sedimentológicas de los Yesos de Lerín son idénticas a las expuestas para los Yesos de Falces, y puede considerarse que ambas unidades constituyen, de hecho, una larga y continua etapa de sedimentación evaporítica, sólo interrumpida por el desarrollo de las Arcillas de Marcilla. De hecho, la interrupción es relativa pues las Arcillas de Marcilla presentan con frecuencia niveles nodulares de yeso, de escaso desarrollo (espesor desde algunos centímetros hasta medio metro) que indican que las condiciones para el desarrollo de evaporitas persistieron entre los Yesos de Falces y los de Lerín.

Los Yesos de Lerín muestran claramente un progresivo desplazamiento de sus unidades hacia el noroeste, como resultado de la migración del depocentro de la cuenca en esta misma dirección. A su vez, los niveles evaporíticos son en la vertical cada vez más potentes y expansivos, y solapan a los niveles inferiores. La expansión hacia el noroeste se pone de manifiesto mediante cinco niveles o ciclos evaporíticos principales, establecidos en base al estudio estratigráfico detallado de la formación (Salvany 1989a, 1989b).

La figura 3C muestra la relación entre los Yesos de Lerín y sus unidades encajantes (se ha considerado el momento de mayor expansión de las evaporitas, correspondiente al nivel de Yesos de Los Arcos). Por el norte las facies aluviales surpirenaicas se extienden prácticamente por todo el NE de la cuenca navarra (Facies de Allo, Sos y San Martín, de la Fm. Ujué). Por el sur, el desarrollo aluvial es menor. Los Yesos de Autol, equivalentes laterales de los de Los Arcos, se emplazan entre las facies lutíticas de la Fm. Arnedo, y corresponden según Muñoz et al. (1986-87) a un momento de mínima actividad tectónica en el margen ibérico de la cuenca. Por el oeste, los Yesos de Lerín terminan lateralmente entre las Facies de Haro, de Riba (1955a), procedentes del desarrollo de sistemas aluviales en los márgenes norte (S^a de Cantabria) y sur (La Demanda) del corredor de Logroño. Por el este los Yesos de Lerín se sumergen en la región de las Barde-

nas bajo los materiales miocénicos, sin que pueda precisarse su terminación oriental, aunque éstos deben extenderse algunos kilómetros más en esta dirección dado que en las localidades de Arguedas y Valtierra (al sur de las Bardenas) los yesos de Los Arcos muestran aún un cierto desarrollo.

EL SISTEMA EVAPORÍTICO DEL MARGEN SUR DE LA CUENCA DURANTE EL MIOCENO INFERIOR (ARAGONIENSE).

El régimen compresivo en la cuenca navarro-riojana se prolonga al menos hasta el Mioceno medio, produciendo primero los pliegues de la Ribera de Navarra y posteriormente el emplazamiento de mantos de corrimiento en ambos márgenes de la cuenca. El plegamiento se produjo durante el Mioceno inferior y con posterioridad a la deposición de los Yesos de Los Arcos, iniciándose por el norte de la cuenca y extendiéndose progresivamente hacia el sur, donde los pliegues afectan a materiales más modernos. En la zona central de la Ribera de Navarra los materiales que recubren a los Yesos de Los Arcos se hallan en algunos puntos en contacto discordante (al oeste de Lerín), aunque en conjunto el lento plegamiento hizo que éstos se dispusieran de forma progresivamente horizontal hasta fosilizar la estructura de plegamiento. Por el contrario, en la zona septentrional, donde el plegamiento fue más acentuado, las formaciones miocenas muestran en los surcos de los sinclinales discordancias progresivas, con desplazamiento del eje del sinclinal y niveles de erosión en los márgenes activos (Riba, 1976). El emplazamiento de los mantos tuvo lugar probablemente durante el Mioceno medio (Sierra de Alaiz en el margen norte y de Cameros en el sur), quedando fosilizados por las formaciones miocenas más modernas.

Con posterioridad al depósito de los Yesos de Lerín la sedimentación evaporítica siguió siendo importante en la cuenca del Ebro en las regiones aragonesa y burgalesa, donde se depositaron respectivamente los yesos y sales de las formaciones Zaragoza (Mioceno inferior) y Cerezo (Mioceno medio-superior?). Estas dos unidades se generaron en sistemas lacustres evaporíticos de centro de cuenca, con características sedimentológicas similares a las descritas para los Yesos de Falces y Lerín. Paralelamente al sistema evaporítico de Zaragoza se desarrolla durante el Aragoniense medio (techo del Mioceno inferior) y coincidiendo con un momento de mínima actividad tectónica en la Cordillera ibérica (Muñoz *et al.*, 1986-87), un sistema evaporítico a lo largo del margen sur de la cuenca en los sectores aragonés y navarro-riojano. Este sistema evaporítico estuvo constituido por pequeños lagos evaporíticos de baja concentración en los que exclusi-

vamente precipitaron facies de sulfato cálcico (yeso y anhidrita) y carbonatos. En ellos también es característico el desarrollo de grandes nódulos de sílex y la intensa bioturbación de sus sedimentos. En conjunto muestran unas características sedimentológicas bien diferentes de las ofrecidas por los grandes sistemas evaporíticos de centro de cuenca. Estas diferencias han sido discutidas en los trabajos de Ortí *et al.* (1989) y Salvany (1989a).

En la región navarro-riojana este sistema evaporítico marginal dio lugar al depósito de las unidades yesíferas de Ablitas-Monteagudo, Grávalos y Ribafrecha, procedentes del desarrollo de pequeños lagos evaporíticos al pie de los abanicos aluviales de margen de cuenca (Conglomerados de Fitero) (Fig. 3D). Estos lagos se sitúan en zonas de interabanico o bien en la parte frontal de los mismos, donde probablemente existieron condiciones para el estancamiento de las aguas procedentes de la Cordillera Ibérica drenadas a través de los abanicos aluviales de forma superficial o subterránea.

Los conglomerados registran paleocorrientes hacia el norte o noreste y pasan lateralmente a las facies fluviales de Alfaro y fluvio-lacustres de Tudela, que ocupan la zona central de la cuenca y que en su conjunto registran un drenaje hacia el sureste. En el margen pirenaico se deduce un dispositivo simétrico, con sistemas de abanicos aluviales al pie de los Pirineos (Conglomerados del Perdón) y una extensa llanura lutítica distal que enlaza los abanicos aluviales con el centro de cuenca (Fm. Ujué), aunque en este caso no hay evidencias de evaporitas en ninguno de sus sectores. Así, mientras en los márgenes de cuenca el drenaje deducido fue hacia el centro de la misma, finalmente las paleocorrientes indican un drenaje de toda la cuenca navarro-riojana hacia el sector aragonés, donde se desarrolla la sedimentación evaporítica de la Fm. Zaragoza.

En los lagos salinos de margen de cuenca no se dieron condiciones para la precipitación de halita u otras sales propias de medios de alta salinidad. Estos lagos evaporíticos marginales tuvieron moderadas concentraciones, con precipitación de carbonatos en los momentos de mayor dilución y de sulfatos en los momentos de mayor concentración. Las salmueras residuales probablemente fueron drenadas hacia centro de cuenca de forma subterránea o bien fueron diluidas por las aguas superficiales y arrastradas también hacia centro de cuenca, donde nuevamente concentradas en el sistema evaporítico de Zaragoza depositaron sus sales más solubles. En cierto modo, los lagos salinos marginales han jugado un papel de preconcentradores, en los que quedaron retenidos parte de la carga iónica en disolución en las aguas procedentes de la Cordillera ibérica (yeso, sílice...), que posteriormente siguieron su camino hacia centro de cuenca. La baja

salinidad de este sistema marginal permitió un mayor desarrollo de la vida, que ha quedado registrada en el buen desarrollo de los carbonatos (carofíceas, ostrácodos, gasterópodos y otros organismos), así como por la intensa bioturbación que caracteriza a la mayor parte de sus sedimentos.

CONCLUSIONES.

1) El sector navarro-riojano de la cuenca del Ebro constituye durante el Oligoceno y Mioceno inferior un zona con importante subsidencia dominada por la sedimentación continental de tipo aluvial, fluvial y lacustre, dentro de un régimen compresivo causado por el levantamiento simultáneo de las cordilleras pirenaica e ibérica.

2) Durante este periodo tuvo lugar el desarrollo de cuatro sistemas lacustres evaporíticos con posición sobre la cuenca progresivamente más meridional conforme su edad es más moderna. El primero de ellos ocupó una posición septentrional en la cuenca y dio lugar al depósito de los Yesos de Puente La Reina, durante el Eoceno terminal-Oligoceno basal. El segundo y tercero se situaron en la zona central de la cuenca, y dieron lugar al depósito de los Yesos de Falces y Lerín, respectivamente durante el Oligoceno medio y el Oligoceno superior-Ageniense. El cuarto sistema evaporítico se desarrolló en el margen sur de la cuenca durante el Aragoniense, y agrupa a las pequeñas unidades yesíferas de Ablitas-Monteaudo, Grávalos y Ribafrecha.

3) Los tres primeros sistemas señalan en cada caso la zona central de la cuenca y están rodeados por los sistemas aluviales de los márgenes ibérico y pirenaico. El cuarto sistema se desarrolló en el margen sur de la cuenca, en un momento en el que la parte central de la misma estuvo dominada por sistemas aluviales y fluviales alimentados por los pirineos.

4) Las características sedimentológicas para estos cuatro sistemas evaporíticos muestran en cada caso ciertas particularidades: Los Yesos de Puente La Reina se generaron en un lago salino relativamente estable con precipitación de yeso y halita, rodeado de una extensa llanura lutítica salina con desarrollo de facies intersticiales de anhidrita. Los Yesos de Falces y Lerín muestran características sedimentológicas idénticas, atribuibles a un sistema de lago salino efímero (playalake) extendido sobre la zona central de la cuenca y con precipitación principalmente de yeso, anhidrita, halita y glauberita. El cuarto sistema evaporítico muestra características de lago evaporítico efímero de baja salinidad, con precipitación de yeso, anhidrita, carbonatos y sílex, con posición marginal en la cuenca, al pie de abanicos aluviales.

5) Las unidades detríticas que separan estos sistemas evaporíticos en el centro de cuenca (unidad detrítica basal oligocena, Arcillas de Marcilla y Fm. Alfaro) muestran siempre con mayor o menor grado indicios de evaporitas, que ponen de manifiesto que pese al desarrollo aluvial o fluvial las condiciones evaporíticas se mantuvieron entre los cuatro sistemas descritos. Este hecho excluye un origen climático para las intercalaciones detríticas, que pueden ser atribuibles a movimientos relevantes en el levantamiento de las cordilleras pirenaica o ibérica que activaron sus sistemas aluviales y/o fluviales circundantes.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo es un resumen de una parte de la Tesis Doctoral del autor, que fue dirigida por el Dr. Federico Ortí Cabó y presentada en la Universidad de Barcelona el Junio de 1989.

El autor agradece la lectura y revisión crítica del artículo por parte de los Drs. P. Anadón y F. Ortí que ha permitido mejorar el contenido y redacción del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- CASTIELLA, J.; DEL VALLE, J. y RAMIREZ DEL POZO, J., 1976: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Memoria y hoja 204 Logroño, *IGME*, Madrid.
- CASTIELLA, J.; DEL VALLE, J. y RAMIREZ DEL POZO, J., 1977: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Memoria y hoja 320 Tarazona, *IGME*, Madrid.
- CASTIELLA, J.; SOLE, J. y DEL VALLE, J., 1978: Mapa Geológico de Navarra, E. 1:200.000, *Diputación Foral de Navarra*.
- CHOI, S.J., 1984: *Les charophites du Bassin potassique catalan (NE de l'Espagne) à la limite Eocène-Oligocene*. Tesis Doctoral, Universidad de Montpellier (inédito).
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J. y RIBA, O., 1966: Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y La Rioja. *Not. y Com. IGME*, 90: 53-76.
- CUENCA, G., 1983: Nuevo yacimiento de vertebrados del Mioceno inferior del borde meridional de la Cuenca del Ebro. *Estudios Geol.* 39: 217-224.
- ENRESA, 1987: Inventario nacional de formaciones favorables para el almacenamiento de residuos de alta actividad: región del Ebro. (inédito).
- MUÑOZ, A.; PARDO, G. y VILLENA, J., 1986-87: Análisis tectosedimentario del Terciario de la Depresión de Arnedo (prov. de La Rioja). *Acta Geol. Hisp.*, 21-22: 427-435.
- ORTI, F.; SALVANY, J.M.; ROSELL, L. e INGLES, M., 1989: Sistemas lacustres evaporíticos del Terciario de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 6: 103-104.
- PÉREZ, A., 1989: *Estratigrafía y sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (sector riojano-aragons) y cubetas de Muniesa y Montalban*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza: 525 pp (inédito).

- PUIGDEFÁBREGAS, C., 1973: Miocene point-bar deposits in the Ebro basin, Northern Spain. *Sedimentology*, 20: 133-144.
- PUIGDEFÁBREGAS, C., 1975: *La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca*. Inst. Est. Pirenaicos, CSIC, 104: 188 pp.
- QUIRANTES, J., 1978: *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Inst. Fernando El Católico CSIC, Dip. Prov. Zaragoza: 200 pp.
- RIBA, O., 1955a: Sur le type de sedimentation du Tertiaire continental de la partie Ouest du Bassin de l'Ebre. *Geol. Rundschau*, 48 (2): 363-371,
- RIBA, O., 1955b: Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde norte de las sierras de la Demanda y Cameros. *Not. y Com. IGME*, 39: 39-50.
- RIBA, O., 1964: Estructura sedimentaria del Terciario continental de la Depresión del Ebro en su parte riojana y navarra. *Aport. al XX Congreso Geográfico Internacional de Londres*: 127-138, Madrid.
- RIBA, O., 1976: Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrenéennes. *Bull. du BRGM*, 2ème S., 4: 383-401.
- RIBA, O. y PÉREZ MATEOS, E., 1962: Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la Cuenca del Ebro (Navarra). *Inst. Edaf. Sec. Petrol. Sedim.*, II Reunión del GES - Sevilla 1961: 201-221, Madrid.
- RUÍZ DE GAONA, M., VILLALTA, J.F. y CRUSAFONT, M., 1946: El yacimiento de mamíferos fósiles de Monteagudo (Navarra). *Not. y Com. IGME*,: 159-179.
- SAEZ, A., 1987: *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona (inédito).
- SALVANY, J.M. y ORTI, F., 1986: Ciclos evaporíticos en la Fm. Lerín, Oligoceno-Mioceno basal, Cuenca del Ebro (Navarra). *XI Congreso Español de Sedimentología - Barcelona, Resúmenes*: 159.
- SALVANY, J.M., 1989a: *Las formaciones evaporíticas del Terciario continental de la Cuenca del Ebro en Navarra y La Rioja: Litoestratigrafía, Petrología y Sedimentología*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona: 394 pp (inédito).
- SALVANY, J.M., 1989b: Ciclos y megaciclos evaporíticos en las formaciones Falces y Lerín. Oligoceno-Mioceno inferior de la Cuenca del Ebro (Navarra-La Rioja). *XII Congreso Español de Sedimentología - Leioa, (Bilbao) Resúmenes*: 83-86.
- SALVANY, J.M., 1989c: Aspectos petrológicos y sedimentológicos de los yesos de Ablitas y Monteagudo (Navarra): Mioceno de la Cuenca del Ebro. *Turiaso*, IX: 121-146.
- SALVANY, J.M. y MUÑOZ, A., 1989: Aspectos petrológicos y sedimentológicos de los yesos de Ribafrecha (La Rioja). *XII Congreso Español de Sedimentología - Leioa (Bilbao), Resúmenes*: 87-90.
- SOLE SABARIS, L., 1954: Sobre la estratigrafía de Las Bardenas y los límites del Oligoceno y del Mioceno en el sector occidental de la Depresión del Ebro. *Rev. Soc. Esp. Hist. Nat., t. extr. hom. a E. Hernandez Pacheco*: 637-657.
- SOLE, J., 1972: *Formación de Mués, litofacies y procesos de sedimentación*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona, 46 pp (inédito).
- UTRILLA, R., 1989: *Les composicions isotòpiques ($\delta^{18}O$, $\delta^{34}S$) dels sulfats, com a indicadors de l'origen de les evaporites del Mesozoic i del Cenozoic de la Península Ibèrica i Illes Balears*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 264 pp. (inédito)