



**MAPA GEOLÓGICO DE LA
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE
LA RIOJA A ESCALA 1:200.000**



GEOMARE S.A.L.
Geotecnología, Medio Ambiente y Recursos.

DICIEMBRE 2005

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1.- <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2.- <u>METODOLOGÍA</u>	4
3.- <u>DESCRIPCIÓN DE LA GEOLOGÍA DE LA RIOJA</u>	7
3.1.- <u>INTRODUCCIÓN</u>	7
3.2.- <u>MEMORIA</u>	7
3.2.1.- <u>MARCO GENERAL</u>	7
3.2.2.- <u>CUENCAS MESOZÓICAS</u>	9
3.2.3.- <u>CUENCA DEL EBRO</u>	14
3.2.4.- <u>GEOLOGÍA ECONÓMICA</u>	19
3.3.- <u>PRODUCTO FINAL DEL TRABAJO</u>	24
4.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	25

1.- INTRODUCCIÓN

El 28 de julio de 2005 la Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial encarga a GEOMARE, la realización del Mapa Geológico de la Comunidad Autónoma de La Rioja a escala 1:200.000

Este trabajo se enmarca en la ejecución del Plan Director de las Actividades Mineras en la Comunidad Autónoma de La Rioja (PLAMINCAR).

Los objetivos del PLAMINCAR se sitúan en cuatro niveles:

- 1) Propiciar el aprovechamiento ordenado y eficiente de los recursos minerales de la Comunidad, contribuyendo con ello al desarrollo económico, al bienestar social y a la creación de empleo en La Rioja.**
- 2) Impulsar que la explotación de los recursos minerales se realice con las mejores condiciones posibles de seguridad para los trabajadores.**
- 3) Disminuir los efectos adversos que las explotaciones mineras pueden provocar en el medio ambiente, favoreciendo la introducción de las mejores tecnologías de producción que sean a la vez las más respetuosas con el medio ambiente.**
- 4) Adecuar a la Administración Minera para responder a los retos que una administración moderna requiere.**

El PLAMINCAR se estructura en un conjunto de Ejes de Intervención, entre los que se encuentra el de la ORDENACIÓN MINERA, conformado por los Programas de Ordenación Territorial y Ordenación Administrativa.

El Programa de Ordenación Territorial tiene como objetivo: Propiciar el aprovechamiento ordenado y eficiente de los recursos minerales de la Comunidad, dotando al sector extractivo riojano y a la Administración Minera de la información infraestructural, técnica y científica necesaria para que empresas y Administración puedan cumplir adecuadamente con su misión.

Entre las acciones a desarrollar se encuentran:

- Impulso de la realización de estudios sobre materias geológicas y mineras en el territorio de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- **Elaboración del Mapa Geológico Regional.**
- Estudio geoquímico del territorio autonómico como instrumento para la ordenación minero territorial.
- Establecimiento de becas de postgrado para diferentes especialidades en materia de minas con integración en actividades directas de ordenación minera.
- Impulso de los Sistemas de Información Geográfica de recursos mineros, geológicos y geomorfológicos.
- Elaboración de mapas de compatibilidad minera, territorial y ambiental. Especial atención a la integración de valores naturales, agronómicos, paisajísticos, culturales, históricos y de ocio.
- Elaboración de las Directrices de Ordenación Minero Ambiental de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Ordenación Minero Ambiental, cuya objetivo básico es la ordenación de los recursos, tanto desde el punto de vista de la explotación minera como desde el punto de vista de la protección del Medio Ambiente, combinando ambos enfoques para optimizar el beneficio del recurso y minimizar las afecciones al medio. Para ello, se deben caracterizar técnicamente los recursos minerales, para posteriormente definir los criterios globales de explotación, y restauración.

De acuerdo con Pliego de Condiciones Técnicas el trabajo realizado ha consistido en sintetizar la cartografía geológica existente, confeccionando un mapa geológico regional de la Comunidad Autónoma de La Rioja a escala 1:200.000, revisando e incorporando aquellos aspectos que permitan obtener una visión global y general de la geología de la Comunidad, en sus vertientes litológicas, estratigráficas y estructurales, recogiendo la información mas actualizada que se dispone en este campo.

Con el objetivo de que el trabajo disponga del mayor nivel científico, GEOMARE ha establecido un Convenio de Asesoramiento con el Equipo Investigador que dirige el Doctor Ramón Mas Mayoral, Catedrático de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. El Doctor Mas es el mayor experto en la geología del sector riojano de la Cordillera Ibérica, habiendo desarrollado diversas líneas de investigación de su Cátedra en este ámbito. El equipo investigador del Doctor Mas ha realizado el trabajo de asesoramiento técnico – científico de este proyecto.

2.- METODOLOGÍA

Para la realización de este mapa geológico sintético se ha empezado por revisar la extensa documentación geológica existente sobre diversos aspectos geológicos de La Rioja. Esta documentación incluye algunos libros, y diversos artículos publicados recientemente en revistas científicas, tanto nacionales como extranjeras. También se contactó con un reputado especialista en la geología de la zona, para que colaborara en la realización del proyecto. Esta persona ha sido D. Ramón Más Mayoral, Catedrático del Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, bajo cuya supervisión se ha realizado el proyecto.

Una vez conocido el estado actual de los conocimientos en este tema, se pasó a definir el tipo y características de las distintas unidades geológicas que se representarían; eligiéndose para ello las unidades tectosedimentarias, por considerar que son las que más se ajustarían a la finalidad del presente mapa.

A continuación, y partiendo de la información de la cartografía geológica a escala 1:50.000 de la serie MAGNA, se definieron y representaron las unidades que aparecen en la leyenda del Mapa de síntesis. Las hojas de la serie MAGNA utilizadas han sido las que se numeran a continuación:

169 Casalarreina
170 Haro
171 Viana
202 Santo Domingo de la Calzada
203 Nájera
204 Logroño
205 Viana
240 Ezcaray
241 Anguiano

242 Munilla
243 Calahorra
244 Alfaro
278 Canales de la Sierra
279 Villoslada de Cameros
280 Enciso
281 Cervera del Río Alhama
282 Tudela
317 Vinuesa
319 Ágreda
320 Tarazona de Aragón

La cartografía geológica resultante se revisó cuidadosamente y, utilizando criterios sintetizadores, se pasó a representar a escala 1:100.000 como escala de trabajo.

Posteriormente se ha digitalizado utilizándose tablero digitalizador de alta resolución.

Para la elaboración cartográfica se ha utilizado el programa SIG ARC/INFO.

Para la incorporación de la información se ha trabajado obteniendo las capas de datos geológicos de maneras diferentes en función de sus formatos originales, es decir:

- a) Por conversión de ficheros de formato.DXF (procedentes de programas Autocad, Microstation o Sicad).
- b) Por conversión de ficheros de formato.E00 de ARC/INFO.
- c) Por digitalización directa de la cartografía.
- d) Por digitalización sobre pantalla de cartografía escaneada (formato.TIFF)

Para la información base se ha seguido un proceso de integración (importación y/o digitalización de ficheros), georreferenciación, verificación de la calidad, codificación, construcción de topología y, finalmente, corrección de errores.

En relación con la estructura de los shapefiles, la información geológica se ha dividido en dos niveles:

- 1) *Litologías*, constituido por polígonos perfectamente cerrados e identificados por código según una litología y una edad geológica específica.
- 2) *Estructuras y contactos geológicos*, cobertura constituida exclusivamente por líneas.

Cada shapefile lleva asociada su correspondiente tabla de atributos, así como un fichero (avl) con la simbología utilizada en el mapa geológico.

Simultáneamente se realizó una pequeña Memoria en la que se detallan y caracterizan las unidades geológicas cartografiadas, a la vez que se describe el marco geológico general de La Rioja.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA GEOLOGÍA DE LA RIOJA

3.1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones técnicas que rige el trabajo, y considerando que el destino final del mismo será su ubicación en una página web para su consulta, se ha elaborado la memoria contenida en el punto siguiente, en la que se sintetizan los aspectos referentes a estratigrafía, tectónica, geomorfología, historia geológica, geología económica y bibliografía. Esta última se recoge en el punto 4.

La estructura de la memoria a colgar en la página web es la siguiente:

- MARCO GENERAL
- CUENCAS MESOZOICAS
- CUENCA DEL EBRO
- GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.2.- MEMORIA

3.2.1.- MARCO GENERAL

Durante el Mesozoico, aproximadamente desde hace 250 millones de años hasta hace 65 millones de años (aprox. -250 a -65 M.a.), la Placa Ibérica, también denominada Iberia, formó parte de la plataforma que rodeaba el mar del Tethys. La propagación del Tethys hacia el oeste y la posterior apertura del Océano Atlántico mediante el desarrollo de un sistema cuencas extensionales o rifts mesozoicos afectó de forma importante a esta placa tectónica. Este proceso de rifting de primer orden produjo esfuerzos extensionales en todos los márgenes de Iberia, que al concentrarse en la parte oriental, dieron lugar a la Cuenca Ibérica. Las dos etapas de mayor actividad extensional se dieron en el Pérmico-Trías Inferior, y durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Hasta el final del Cretácico Superior el centro y E de Iberia estaban formados

principalmente por un mar somero y unas zonas emergidas, muy peneplanizadas y de escaso relieve.

El rift ibérico estuvo activo hasta el comienzo del Cretácico Superior, produciéndose entonces la separación de Iberia y Europa, con la apertura de la cuenca oceánica del Golfo de Vizcaya. La placa Ibérica se reincorporó a la placa Euroasiática durante el Cretácico, y finalmente durante el Paleógeno, Iberia se vió sometida a un gran esfuerzo compresivo intraplaca, que invirtió los sistemas de rift mesozoicos, y levantó los bloques del basamento. Así, las áreas que durante el Mesozoico fueron cuencas sedimentarias, en el Cenozoico pasaron a ser áreas elevadas montañosas.

En la Comunidad autónoma de La Rioja están representadas tres unidades geológicas principales: la Cordillera Ibérica, que ocupa su mitad meridional, y esta constituida por las sierras de La Demanda y de Cameros; la Cordillera Cantábrica, que solo aparece en su extremo noroccidental, y está representada por las sierras de los Montes Obarenes, de Toloño y de Cantabria; y la Depresión del Ebro, que ocupa su mitad septentrional. Las dos primeras unidades forman parte del dominio mesozoico o de las cuencas mesozoicas, pues son el resultado de la inversión tectónica durante la compresión cenozoica alpina (aprox. -46 a -11 M.a.) de diferentes cuencas mesozoicas. El sector de la Cordillera Ibérica, que ocupa el sur de La Rioja, resultó de la inversión de la Cuenca de Cameros, que forma parte de la Cuenca Ibérica o Rift Mesozoico Ibérico, mientras que el sector de la Cordillera Cantábrica, que ocupa el extremo más noroccidental, resultó de la inversión del Surco Navarro-Cántabro de la Cuenca Vasco-Cantábrica. La tercera unidad, constituida por la Depresión o Valle del Ebro, forma parte del dominio cenozoico o de la Cuenca del Ebro y corresponde al sector más occidental de esta cuenca, siendo el resultado del hundimiento o subsidencia flexural que, durante la compresión terciaria, ocasionó en el este dominio la carga producida por el desplazamiento hacia el sur de la Cordillera Cantábrica y Pirineos, y el desplazamiento hacia el norte de la Cordillera Ibérica.

Prácticamente todas las rocas que rellenan estas cuencas son de origen sedimentario, si bien conviene señalar el contraste existente entre la unidad geológica que corresponde a la Cuenca Ibérica mesozoica y la que corresponde a la Cuenca del Ebro cenozoica. En la primera, sus materiales sedimentarios son tanto de origen marino, depositados en mares generalmente someros y costas, como continental, depositados en lagos, ríos y abanicos aluviales, además, normalmente están muy cementados e incluso localmente han experimentado ligero metamorfismo alpino, mientras que en la segunda sus sedimentos son esencialmente continentales, de lagos, ríos y abanicos aluviales, y normalmente están poco cementados. Por otra parte, en la unidad, que corresponde a la Cuenca Ibérica, como resultado de la inversión tectónica alpina, está involucrado el basamento varisco, aflorando en la Sierra de la Demanda materiales ligeramente metamorfizados de edad esencialmente paleozoica, sin embargo este basamento nunca llega a aflorar en la Cuenca del Ebro. Esos materiales del basamento varisco que constituyen la mayor parte de la Sierra de La Demanda son los más antiguos de La Rioja, estando representados esquistos de posible edad precámbrica (de hace más de 650 M.a.), pizarras, cuarcitas y algunas dolomías del Cámbrico y Ordovícico (aprox. -540 a 435 M.a) y conglomerados, arenisacas, pizarras y calizas del Carbonífero superior (aprox. - 310 M.a).

3.2.2- CUENCAS MESOZOICAS

La Cordillera Ibérica es una estructura alpina parcialmente arrasada. Se trata de una serie de alineaciones montañosas de dirección NO-SE, que normalmente superan los 1.000 metros de altitud, llegando localmente a sobrepasar los 2000 metros (el pico San Lorenzo mide 2.271 m).

En conjunto el grado de deformación es moderado con una esquistosidad alpina muy escasa y apenas metamorfismo. El registro estratigráfico es muy amplio, abarcando desde el Precámbrico y Paleozoico, que afloran en los núcleos de antiguos anticlinales o a favor de cabalgamientos importantes, hasta el Cuaternario. Sin embargo es la existencia de una importante serie sedimentaria del Pérmico Superior y sobre todo del

Mesozoico, lo que otorga el rasgo esencial a esta cordillera de antepaís. Las distintas potencias y características de este relleno postvarisco y la presencia de niveles de despegue superficiales, confiere un estilo de deformación de basamento, tegumento y cobertera. Así, puede definirse un basamento prepérmico, que acomoda una importante deformación cenozoica y niveles de despegue más profundos, un tegumento hasta las margas yesíferas del Triásico Superior (facies Keuper), y una cobertera.

Hay 2 tipos de estilos estructurales en función de la naturaleza de las rocas deformadas. Si existen lutitas y evaporitas del Trías, éstas constituyen un horizonte de despegue, y tanto el basamento como la cobertera Pérmico-Triásica se separan del resto de la cobertera. Si no existe el nivel de despegue lutítico-yesífero, no se produce tal deformación.

La Cuenca de Cameros se invirtió durante la compresión terciaria, y forma parte en la lámina de cabalgamiento alpino de Cameros. Esta lámina de cabalgamiento incluye los materiales jurásicos, el sustrato mesozoico y el basamento varisco, y fue recubierta por depósitos posttectónicos del Mioceno Superior. El borde N de la lámina de cabalgamiento es el cabalgamiento de Cameros, que es sincrónico con los depósitos del Paleógeno a Mioceno Medio de la Cuenca del Ebro.

Hacia el O, la Cuenca de Cameros decrece en espesor, y sus materiales están en discordancia con los materiales post-tectónicos de la cuenca del Ebro

La Cordillera Ibérica, en su extremo septentrional, comprende las sierras de La Demanda y Cameros, que junto a las sierras de Urbión y de Cebollera, forman la unidad estructural de Demanda-Cameros. Esta unidad es una de las que constituye el Sistema de Rift Mesozoico Ibérico o Cuenca Ibérica., que es una cuenca sinclinal con sedimentación continental, que no estuvo limitada por grandes fallas, sino por una falla extensional profunda que contendría 2 secciones prácticamente horizontales (rellanos), separadas por

una sección intermedia buzando hacia el S (rampa), por lo que se clasifica como una cuenca de rampa extensional.

Los sedimentos de la cuenca se elevaron durante la compresión terciaria Pirenaica, que dio lugar a un sistema de cabalgamientos.

Como ya se ha mencionado la Cuenca Ibérica forma parte del sistema de rift mesozoico ibérico, y está rellena por secuencias con depósitos clásticos continentales y marinos, carbonatos, y en menor proporción evaporitas, cuya edad va desde el Pérmico hasta finales del Mesozoico. Estos sedimentos se encuentran sobre la discordancia regional tardi-varisca, que trunca sedimentos paleozoicos plegados, rocas metamórficas y intrusivas. Las secuencias sedimentarias mesozoicas muestran fuertes cambios de espesor de sedimentos, lo que indica un fuerte control tectónico durante su desarrollo.

Se ha dividido el rifting ibérico en 4 etapas: dos ciclos de rift y 2 estadios de postrift:

- Megaciclo 1 (Pérmico Superior-Triásico; aprox. -270 a – 205 M.a.): se empieza a formar la cuenca Ibérica, con la reactivación de las fallas hercínicas; por lo que los depósitos del Pérmico superior y del Trías se depositan sobre el basamento varisco. Formado por depósitos de carácter continental (facies Buntsandstein), que pasan a marino somero (facies Muschelkalk), y posteriormente a costero evaporítico (facies Keuper)

- Megaciclo 2 (Jurásico Inferior, Medio, y parte del Superior; aprox. -205 a -141 M.a.), dominado por una subsidencia térmica, y caracterizado por el desarrollo de plataformas carbonatadas, en las que se diferencian diferentes ambientes, caracterizados por las siguientes formaciones:

- rampas en el Jurásico Inferior y Medio
- complejos arrecifales en el Jurásico Superior

- Megaciclo 3 (Jurásico terminal-Cretácico Inferior; -141 a -96 M.a.): limitado por dos grandes discordancias, representa el relleno de la cuenca. La laguna estratigráfica que representa la inconformidad del límite inferior es más importante en la parte N de la cuenca. El límite superior es la inconformidad intra-albense, que comienza con la formación Utrillas. El registro sedimentario muestra 8 secuencias deposicionales, principalmente continentales (con depósitos de abanicos aluviales, sistemas fluviales y lagos) con alguna incursión marina, la zona de máxima acumulación (depocentro) de cada secuencia fue progresivamente desplazándose hacia el norte, alcanzando en total los 9 Km de potencia de sedimentos. El relleno de la cuenca presenta 2 etapas de aceleración, que coinciden en el tiempo con las acaecidas en otras cuencas ibéricas. Dos hechos destacables ligados al registro de este Megaciclo son, por un lado, la frecuente presencia de ichnitas de dinosaurios, que se encuentran entre las mejor conservadas del mundo, y por otro, la presencia de yacimientos de pirita, cuyos cristales son igualmente famosos por su tamaño, hábito y lustre, encontrándose en las mejores colecciones mundiales.

- Megaciclo 4 : durante el Cretácico Superior (aprox. -96 a -65 M.a.) tiene lugar un gran ascenso eustático, por lo que se extienden las plataformas marinas carbonatadas someras, donde se depositan sedimentos que suelen tener abundantes restos fósiles de moluscos (amontes, rudistas y otros bivalvos). Esta situación dura hasta el comienzo del Terciario (Paleoceno y Eoceno inferior; aprox.-65 a -46 M.a.) etapa en la que se depositaron sedimentos continentales en lagos y sistemas fluviales.

Por el N, el contacto entre la Cuenca Ibérica y la Depresión del Ebro se establece por medio de una gran falla cabalgante cuyo frente presenta una continuidad de unos 90 km y un desplazamiento de unos 25 km. El nivel de despegue está constituido por los yesos del Keuper, que aparecen completamente deformados en muchos sectores del frente de las sierras. El cabalgamiento hace montar los materiales mesozoicos – generalmente el Triásico o el Jurásico –sobre el Terciario de la Depresión del Ebro. Ocasionalmente, en el frente N de la Sierra de la Demanda, se superpone el

Paleozoico al Terciario, por medio de fallas inversas que dan idea de la importancia de la tectónica en ese borde septentrional.

En todo el frente cabalgante la cobertera mesozoica aparece intensamente fallada – a veces configurando pequeñas fosas tectónicas, como es el caso de Villarroya – y con los estratos fuertemente inclinados, incluso subverticales. Localmente puede hablarse de fenómenos diapíricos, con extrusión de los yesos triásicos, como sucede en Jubera y en Arnedillo. En muchos sectores el frente fallado y cabalgante queda oculto tras los conglomerados del borde de la Depresión del Ebro.

En la Sierra de la Demanda hay dos tipos de manifestaciones magmáticas, diversos sills y diques de composición andesítica emplazados en materiales preordovícicos afectados por el metamorfismo y la tectónica varisca.

Al N de la Sierra de la Demanda, dentro de materiales en facies Keuper, afloran doleritas toleíticas (“ofitas”). Estos afloramientos subvolcánicos son fragmentos de un mismo sill inicial tal como se puede reconstruir mediante criterios de emplazamiento. El magmatismo alcalino, con edad pre-Hettangiense, se presenta al E de la Sierra de Cameros ligado al rift del margen occidental del Tethys.

3.2.3.- CUENCA DEL EBRO

La cuenca terciaria del Ebro es una depresión bordeada por la Cordillera Pirenaica (Cordillera Cantábrica – Pirineos), la Cordillera Ibérica y las Cadenas Costero-Catalanas; su evolución paleogeográfica estuvo controlada por la actividad tectónica que estructuró las cadenas circundantes, condicionando la topografía y extensión de las áreas fuentes, la orientación de los márgenes de la cuenca y la variación de las tasas de subsidencia y aporte sedimentario a lo largo del Terciario. El relleno alcanza en algunos puntos la potencia excepcional de 5.000 metros (sector de Logroño).

El relleno de la Depresión comienza en el Paleógeno (Eoceno superior, desde aprox. -45 M.a.) y llega hasta el Plioceno (hasta aprox. -1,8 M.a.), momento a partir del cual comenzó su progresivo vaciado por parte del río Ebro y su red de afluentes, una vez que el Ebro se abrió paso hacia el Mediterráneo a través de una fractura en la Cordillera Costero Catalana. La Cuenca del Ebro que representa la última fase de evolución de la cuenca de antepaís surpirenaica se divide en 3 sectores: occidental, central y oriental, estando situada La Rioja en el sector occidental. El sector riojano presenta cabalgamientos activos hasta el Mioceno Superior, que llegan a reducir hasta un 70 % la amplitud inicial de la cuenca. La sedimentación presenta una tendencia solapante hacia el S; de tal manera que los materiales más modernos se encuentran hacia el margen ibérico de la cuenca. Estos materiales muestran pliegues monoclinales vergentes hacia el N, que son el reflejo de las láminas de cabalgamiento que afectan al basamento preterciario, así como pliegues de despegue con vergencia hacia el S. El sector riojano fue intensamente subsidente tanto en el Paleógeno como en el Neógeno, con espesores totales que superan los 5000 m, delineando un surco navarro-riojano.

Desde el punto de vista estratigráfico se han definido numerosas unidades, en la obra Geología de España, editada en 2004, se hace una recopilación y síntesis de las mismas, siguiendo la metodología del Análisis

Tectosedimentario. Se describen en total 8 UTSs (unidades tectosedimentarias), todas ellas separadas por rupturas sedimentarias generadas por variaciones en la actividad tectónica de las cadenas montañosas que limitan la cuenca. Todas estas discordancias pasan a conformidad en el centro de la misma. Las 3 primeras UTSs se sitúan en el Paleógeno (Eoceno superior-Oligoceno; aprox. -45 a -25 M.a.), la cuarta en la transición Paleógeno-Neógeno (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior; aprox. -25. a -16 M.a), y las 4 restantes son miocenas (aprox. -16 a -5 M.a.). Las dos primeras (T1 y T2) no afloran en el sector riojano de la cuenca del Ebro, aunque la segunda se reconoce en sondeos. A continuación se va a hacer una breve descripción de cada una de las unidades que afloran en La Rioja:

- La unidad T3 está formada por materiales detríticos continentales en los 3 márgenes de la cuenca, y formaciones evaporíticas en el centro de la misma. Asociados a esta unidad aparecen abundantes restos de mamíferos.

- La unidad T4 representa el final del registro sedimentario del sector oriental de la cuenca, y se presenta en facies detríticas, en los bordes de la cuenca, y potentes sucesiones evaporíticas en el centro de la misma.

- La unidad T5 es muy compleja debido al comportamiento tectónico de los bordes activos (Camerós-Demanda y Pirineos), y del borde pasivo (márgen ibérico), y se presenta en potentes sucesiones detríticas en los márgenes, que gradan a formaciones evaporíticas o carbonatadas hacia el centro de la cuenca. Esta unidad está ampliamente representada en el surco riojano.

- Las unidades T6, T7 y T8 se presentan en afloramientos de mucha menor extensión, debido a que existe un vaciado erosivo de la cuenca. Se encuentran adosadas al borde ibérico de la cuenca, y consisten en depósitos detríticos, que llegan a alcanzar los 550 m, y en pequeños afloramientos de calizas, próximos a dicho borde. Normalmente estas unidades se encuentran cabalgadas por el macizo de Camerós-Demanda, sin embargo, en la parte oriental, la última llega a fosilizar el cabalgamiento.

A continuación se expone el marco paleogeográfico en el que se formaron todas las unidades anteriormente descritas.

Los depósitos marinos y transicionales afloran únicamente en el sector oriental, aunque se reconocen en sondeos, no solamente en este sector, así como en otros sectores de la cuenca. Estos sedimentos representan la etapa de cuenca de antepaís surpirenaica no despegada; y pasan a continentales en los márgenes ibéricos y catalánides. Son margas y carbonatos de plataforma y detríticos costeros y deltaicos. La sedimentación marina termina con una situación de cuencas restringidas en las que se generaron importantes depósitos evaporíticos. En esta situación endorreica es en la que se generaron las unidades T3 a T7 mediante un conjunto de abanicos aluviales y fluviales procedentes de los márgenes y de sistemas lacustres evaporíticos y carbonatados en posición central, que van migrando hacia el S en función del levantamiento de los Pirineos. La cuenca cambia a condiciones exorreicas para la T8.

La evolución paleogeográfica de toda la cuenca estuvo controlada por la actividad tectónica que estructuró las cadenas circundantes, lo que condicionó la tasa de sedimentación y subsidencia, la orientación de los márgenes de cuenca y la topografía y extensión de las áreas fuente. La relación aporte/subsidencia condicionó los momentos de progradación o retrogradación de los sistemas aluviales y fluviales, y la consecuente retracción y expansión de los sistemas lacustres centrales.

La existencia de deformaciones en los sedimentos de la Cuenca del Ebro es un hecho relativamente frecuente, aunque no revisten la intensidad ni la continuidad de las que caracterizan a las áreas afectadas más directamente por el plegamiento alpino. Es cierto que en la mayor parte de la Cuenca los estratos aparecen horizontales o con buzamientos muy suaves, pero localmente existen despliegues importantes. Así, al S de Arnedo los conglomerados basales oligocenos se encuentran fuertemente deformados, probablemente por el avance hacia el N del frente de cabalgamiento de la

Sierra de Cameros; sobre ellos se depositaron otros conglomerados con una fuerte discordancia angular, claramente postectónicos. También se han identificado suaves flexiones en Arnedo, Baños de Río Tobía y Nájera, que han sido consideradas como manifestaciones de cabalgamientos que afectan a los materiales preterciarios sólo que, a diferencia de lo que sucede con el frente cabalgante de Cameros-Demanda, no son visibles en superficie al quedar ocultos bajo el gran paquete de sedimentos del Terciario de la depresión del Ebro. En superficie destacan más las deformaciones en los yesos de la zona Alcanadre-Lodosa. En este sector interviene seguramente una tectónica de alcance regional favorecida por la movilidad de las series yesíferas; así es como se forman pliegues anticlinales y sinclinales con ejes de dirección WNW-ESE, que se prolongan hacia el S de Navarra. También cabe señalar la existencia de cierta actividad geotectónica, con pequeñas fallas que afectan a depósitos cuaternarios (glacis y terrazas) e incluso pequeños seísmos en la zona de contacto entre el Sistema Ibérico y la Depresión (Arnedillo, Turruncún).

El límite septentrional de la Depresión del Ebro coincide con las sierras de Obarenes, Toloño y Cantabria, que pueden considerarse las últimas estribaciones occidentales de los Pirineos o también las alineaciones más meridionales de los Montes Vascos, con lo que quedarían englobadas dentro de la Cordillera Cantábrica. Están formadas por una alineación estrecha y alargada en sentido O-E, cuya continuidad se ve rota por pequeños pasillos de dirección N-S, abiertos a favor de fallas transversales que permiten individualizar a las diferentes sierras. Su línea de cumbres presenta una altitud modesta y están formadas fundamentalmente por materiales cretácicos Calizas, dolomías, margas, calizas arenosas y arcillas forman un conjunto muy abigarrado situado en el flanco meridional de un gran sinclinal. El contacto con la Depresión del Ebro se efectúa por medio de una falla cabalgante en sentido O-E. En el interior de las sierras aparecen numerosas fallas de gran significado geomorfológico, unas veces porque delimitan pequeñas fosas y otras porque controlan el trazado de la red fluvial. Por supuesto, en el contacto con la Depresión se ha formado también una aureola de conglomerados, bien cementado, aunque mucho menos potentes que los que se localizan en el

frente de Cameros-Demanda, básicamente porque la fuente de abastecimiento de tales conglomerados es, en el caso de Obarenes-Toloño-Cantabria, de mucha menor entidad morfoestructural.

3.2.4.- GEOLOGÍA ECONÓMICA

La explotación minera del territorio riojano tiene antecedentes históricos claros. Al margen del aprovechamiento de los recursos líticos durante el paleolítico y el neolítico, es durante el periodo de la conquista de Roma cuando la explotación de arcilla tiene un gran desarrollo. De esta forma, las nuevas técnicas romanas de moldear y cocer la arcilla tuvieron convirtieron a Tritium Magallum (Tricio) en uno de los centros alfareros más importantes de Occidente. Esta circunstancia favoreció el crecimiento de la ciudad que vio cómo se abrían un gran número de oficinas donde se fabricaban grandes cantidades de objetos de terra sigillata. Pero no sólo en Tritium se extraía arcilla y se fabricaba cerámica. También se han encontrado alfares en otras localidades riojanas como Graccurreis (Alfaro), Calagurreis (Calahorra) y Vareia (Varea). La explotación de galenas, mas o menos argentíferas, fue otro recurso aprovechado por los romanos.

Los recursos minerales tuvieron también aprovechamiento durante los siglos XV al XVIII, aunque es durante los siglos XIX y XX cuando la minería riojana tiene un desarrollo sostenido, con la explotación de arcilla, arenas y gravas, calizas, ofitas, yeso, sílice y arenas síliceas, caolín, arcillas refractarias, sal de manantial, glauberita, lignito, pirita, cobre, hierro y plomo. De estas labores mineras han quedado reflejo en el territorio autonómico con más de 500 labores mineras abandonadas.

El número de explotaciones mineras existentes en la actualidad en La Rioja es el siguiente:

NÚMERO DE EXPLOTACIONES POR GRUPOS DE PRODUCTOS MINERALES	
ROCAS ORNAMENTALES	3
ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES	22
ÁRIDOS	58
TOTAL	83

La producción minera por subsectores, con los datos referidos a los años 2003-2004, es la siguiente:

Rocas ornamentales

Las sustancias explotadas dentro del subsector de las rocas ornamentales, junto con su volumen de producción total, son las siguientes:

PRODUCCIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES EN LA RIOJA.	
SUSTANCIA	PRODUCCIÓN (t)
ARENISCA	21.315
PIRITA	63,5
TOTAL	21.378,5

La arenisca para uso ornamental se extrae en una sola explotación, que tiene su ubicación en el término municipal de Cuzcurrita de Río Tirón, siendo explotado por la empresa Piedras y Mármol del Norte.

La pirita ornamental, segunda rúbrica entre las producciones de estas sustancias, se extrae en dos explotaciones sitas en los municipios de Navajún y Muro de Aguas, que explotan Piritas de Navajún, S.L. y Piritas de Ambas Aguas respectivamente. La producción media por explotación es de 31,75 t/año.

Rocas y minerales industriales

En este subsector se han incluido el conjunto de aquellas sustancias cuya producción entra a formar parte de determinados procesos industriales, como es el caso de la fabricación de cemento o de productos cerámicos, industria química, aditivos, etc., y que no son minerales metálicos, energéticos o sustancias minerales utilizadas como áridos. Las sustancias comprendidas en este subsector, junto con sus producciones anuales, son las siguientes:

PRODUCCIÓN DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES EN LA RIOJA	
SUSTANCIA	PRODUCCIÓN (t)
ARCILLA (CERÁMICA)	523.575
ARENA SILÍCEA	242.000
YESO	767.290
TOTAL	1.532.865

La arcilla destinada a los usos cerámicos se extrae en un total de 13 de explotaciones.

La producción media por explotación es de 40.000 t/ año, destacando las explotaciones de Cerabrick Grupo Cerámico, S.A. y Cerámica de la Estanca, S.A. que alcanzan la cifra de 140.000 t/año y 90.000 t/año respectivamente.

La arena silícea se produce en 2 explotaciones, siendo la producida por Canteras y Áridos de Villamediana, S.L., el 99 % del total.

El yeso se produce en 7 canteras, en Cervera del Río Alhama, Lagunilla de Jubera, Viguera y Leza de Río Leza, con un volumen total de 767.290 t, que supone un 12,32 % de la producción riojana. Entre ellas destaca la de B.P.B. Iberplaco, S.A., con una producción de 429.000 t/año.

Áridos.

Los áridos, materia prima que representa más del 70 % de todos los recursos minerales consumidos en La Rioja, son materiales indispensables para la construcción. Sus usos son extremadamente variados, comprendiendo la fabricación de homigones, la de aglomerados asfálticos, balastos y subbalastos, escolleras, zahorras para bases y subbases y rellenos. Según su procedencia y proceso de obtención, los áridos pueden clasificarse como:

- **naturales**, de naturaleza generalmente silíceo (arenas y gravas), obtenidos directamente en graveras y que se utilizan tras haber sufrido un lavado y clasificación.
- **de machaqueo**, de naturaleza muy diversa, producidos en explotaciones tras arrancar los macizos rocosos y someterlos posteriormente a un proceso de trituración, molienda y clasificación.

Las características estructurales existentes en este subsector, hasta el momento presente, precios bajos y gastos de transporte elevados, han hecho que las explotaciones de estos recursos se encuentren situadas lo más cerca posible a los centros de consumo.

Las explotaciones de áridos benefician las sustancias y volúmenes de producción siguientes:

SUSTANCIA	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (t)	% SOBRE TOTAL
CALIZA	1.242.771	24,0
GRAVA	1.694.781	32,8
GRAVAS Y ARENAS	1.332.702	25,8
OFITA	900.000	17,4
TOTAL	5.170.254	100,0

Los áridos naturales (grava, gravas y arenas) suponen el 58,6 % de los áridos producidos, mientras que los de machaqueo suponen el 41,4 %. Algunas de estas graveras presentan una producción considerable, situándose 6 de ellas por encima de las 200.000 t.

La producción de gravas y arenas se desarrolla, en su mayor parte, sobre los aluviones generados por el río Ebro y sus afluentes. De esta manera, podemos observar como una parte significativa de las explotaciones se sitúan en el entorno de la red fluvial de este río

En cuanto a los áridos de machaqueo destaca Ofitas de San Felices, S.A. con una producción de 1.275.000 t (ofita y caliza) que supone el 60 % del total.

3.3.- PRODUCTO FINAL DEL TRABAJO

El producto final del trabajo, bajo el punto de vista cartográfico, viene conformado por:

- Mapa geológico a escala 1:200.000
- Mapa geológico, documento de trabajo, a escala 1:100.000

Cuya información se adjunta a este documento.

La información se presenta también en soporte informático, los textos de acuerdo a:

- Microsoft Office 2000 (texto en Word siguiendo la misma estructuración de páginas de la presente memoria).
- PDF.

La cartografía temática en formato ARC/INFO de ESRI, shapefiles (SHP) y Proyecto ArcView de ESRI.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTI, J.; ARENAS, L.; CABRERA, L.; PARDO, G.; (1994). - CHARACTERISATION OF THE LATEST ARAGONIAN-EARLY VALLESIAN (LATE MIOCENE) IN THE CENTRAL EBRO BASIN (NE SPAIN), SCRIPTA GEOLOGICA, 106, 1-10.

ALCALÁ, L.; ALONSO-GAVILÁN, G.; ALONSO-ZARZA, A.M.; ANADÓN, P.; ARENAS, C.; ARMENTEROS, I.; CABRERA, L.; CALVO, J.P.; CARBALLEIRA, J.; CIVIS, J.; CORROCHANO, A.; DABRIO, C.J.; FERNÁNDEZ, J.; GARCÉS, M.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ-DELGADO, J.A.; GOY, J.L.; HUERTA, P.; LEDESMA, S.; LUZÓN, A.; MUÑOZ, A.; ORTÍ, F.; PAIS, J.; PARDO, G.; PÉREZ, A.; PÉREZ-RIVARÉS, F.J.; DE PORTA, J.; RAMOS, E.; ROCA, E.; RODRÍGUEZ, J.M.; ROSELL, L.; SANZ-RUBIO, E.; SIERRO, F.J.; SILVA, P.G.; SORIA, J.M.; TORRES, T.; VÁZQUEZ-URBEZ, M.; VILLENA, J.; VISERAS, C. Y ZAZO, C.; (2004) – CUENCAS CENOZOICAS (CAPÍTULO 6 DE GEOLOGÍA DE ESPAÑA) S.G.E.- I.G.M.E. MADRID.

ALONSO, A. Y MAS, R.; (1990) - EL JURÁSICO SUPERIOR MARINO EN EL SECTOR DEMANDA-CAMEROS. CUADERNOS DE GEOLOGÍA IBÉRICA, Nº 14, 173-198.

ALONSO, A.; ARRANZ, E.; ARRIBAS, J.; BRELL, M.; BÁDENAS, B.; BARNOLAS, A.; BENITO, M.I.; CARENAS, B.; CARLS, P.; CASAS, A.; DE VICENTE, G.; DIES, M.E.; ENRIQUE, P.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S.R.; GÁMEZ-VINTANED, J.A.; GARCÍA, A.; GARCÍA-GIL, S.; GARCÍA-HIDALGO, J.F.; GIL, A.; GIL, J.; GÓMEZ, J.J.; GÓMEZ-GRAS, D.; GOY, A.; GOZALO, R.; GUTIÉRREZ-MARCO, J.C.; HERRANZ, P.; LAGO, M.; LIÑAN, E.; MARZO, M.; MAS, R.; MELÉNDEZ, A.; ORTÍ, F.; PÉREZ-ARLUCEA, M.; PIEREN, A.; POCOVI, A.; RÁBANO, I.; SALAS, R.; DE SAN JOSÉ, M.A.; SÁNCHEZ-MOYA, Y.; SARMIENTO, G.; SEGURA, M.; SOLÉ, J.; SOPEÑA, A.; TEJERO, R.; TRUYOLS-MASSONI, M.; VALENZUELA-RÍOS, J.I.; VEGAS, R. Y VILLAS, E.; (2004) – CORDILLERAS IBÉRICA Y COSTERO – CATALANA (CAPÍTULO 5 DE GEOLOGÍA DE ESPAÑA) S.G.E.- I.G.M.E. MADRID.

ALONSO, A.; MAS, J.R.; (1993) - CONTROL TECTÓNICO E INFLUENCIA DEL EUSTATISMO EN LA SEDIMENTACIÓN DEL CRETÁCICO INFERIOR DE LA CUENCA DE LOS CAMEROS, CUADERNOS DE GEOLOGÍA IBÉRICA, 17, 285-310.

ALONSO, A.ZCARATE, J.; RODAS, M.; MAS, R.; VELASCO, F.; (1995) - ORIGEN DE LAS PIRITAS DE LA CUENCA DE CAMEROS, (LA RIOJA), GEOGACETA, 18, 180-183.

ANGULO, A.; BRACERO, C.; MUÑOZ, A.; (2000) - CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES TECTOSEDIMENTARIAS DE LA COMARCA DE LA BUREBA (BURGOS, ESPAÑA) Y SU CORRELACIÓN CON LAS CUENCAS TERCIARIAS DEL EBRO Y DUERO, GEOTEMAS, 1, 2, 19-23.

ARENAS, C.; CASANOVA, J.; PARDO, G.; (1997) - STABLE-ISOTOPE CHARACTERIZATION OF THE MIOCENE LACUSTRINE SYSTEMS OF LOS MONEGROS (EBRO BASIN, SPAIN); PALAEOGEOGRAPHIC AND PALAEOCLIMATIC IMPLICATIONS, PALAEOGEOGRAPHY, PALAEOCLIMATOLOGY, PALAEOECOLOGY, 128, 1-4, 133-155

ARENAS, C.; PARDO, G.; (2000) - NEOGENE LACUSTRINE DEPOSITS OF THE NORTH-CENTRAL EBRO BASIN, NORTHEASTERN SPAIN, AAPG STUDIES IN GEOLOGY, 46, 395-406.

AZAR, J. M.; OLIVE, A.; MOISSENET, E.; HERNÁNDEZ, A.; PORTERO, BARBERA, X.; CABRERA, L.; MARZO, M.; PARES, J.M.; AGUSTI, J.; (2001) - A COMPLETE TERRESTRIAL OLIGOCENE MAGNETOBIOSTRATIGRAPHY FROM THE EBRO BASIN, SPAIN, EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS, 187, 1-2, 1-16.

BARRENECHEA, J.F.; RODAS, M.; FREY, M.; ALONSO, A.ZCARATE, J.; MAS, J.R.; (2000) - CHLORITE, CORRENSITE, AND CHLORITE-MICA IN LATE JURASSIC FLUVIO-LACUSTRINE SEDIMENTS OF THE CAMEROS BASIN OF NORTHEASTERN SPAIN, CLAYS AND CLAY MINERALS, 48, 2, 256-265.

BENITO, M.I.; MAS, J.R.; ALONSO, A.; (1998) - GEOMETRY OF CORAL REEF COMPLEXES OF THE LATE JURASSIC SORIA SEAWAY (N. SPAIN): AN EXAMPLE OF TECTONICALLY FORCED REGRESSION DURING A GENERALIZED SEA LEVEL RISE, 15TH INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS. ABSTRACTS, 185-186.

BOQUERA, J., GIL SERRANO, G., Y ZUBIETA, J. M.; (1976) – HOJA GEOLÓGICA 1:50.000, NÚM. 21-11 (EZCARAY).

BOQUERA, J., GIL SERRANO, G., Y ZUBIETA, J. M.; (1978) – MAPAS Y MEMORIA DE LA HOJA GEOLÓGICA NÚM. 240 (EZCARAY). MAGNA.

CÁMARA, P. Y DURÁNTEZ, O.; (1981) – MAPA Y MEMORIA DE LA HOJA GEOLÓGICA 1:50.000 NÚMERO 280 (ENCISO) MAGNA.

CÁMARA, P. Y DURÁNTEZ, O.; (1982) – MAPA Y MEMORIA DE LA HOJA GEOLÓGICA 1:50.000 NÚMERO 279 (VILLOSLADA DE CAMEROS). MAGNA.

CASAS, A.; GIL, A Y MUÑOZ, A.; (2001) - LA RIOJA, GEOLOGÍA Y PAISAJE. ZUBIA 13, 11-40.

CASAS, A.M.; (1990) - EL FRENTE NORTE DE LA SIERRA DE CAMEROS: ESTRUCTURAS CABALGANTES Y CAMPO DE ESFUERZOS.

CASAS-SAINZ, A.M.; PITARCH ARCHELOS, J. E.; ROMAN BERDIEL, T.; (1995) - LA FRACTURACIÓN TERCIARIA EN LA FORMACIÓN DE ARNEDO (CUENCA DEL EBRO, LA RIOJA), CONSECUENCIAS GEOTÉCNICAS.

CASQUET, C.; GALINDO, C.; GONZÁLEZ-CASADO, J.M.; ALONSO, A.; MAS, R.; RODAS, M.; GARCÍA, E.; BARRENECHEA, J.F.; (1992) - EL METAMORFISMO DE LA CUENCA DE LOS CAMEROS. GEOCRONOLOGÍA E IMPLICACIONES TEUTÓNICAS., GEOGACETA, 11, 22-25.

CASTIELLA, J.; (1975) – MAPAS Y MEMORIA DE LA HOJA GEOLÓGICA 1:50.000 NÚM. 204 (LOGROÑO), MAGNA.

CASTIELLA, J.; (1977) - MAPA Y MEMORIA EXPLICATIVA DE LA HOJA 320 (TARAZONA) DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA A ESCALA 1:50.000 (2ª SERIE), IGME, MADRID., 23 P.

CASTIELLA, J.; SOLÉ, J., Y VILLALOBOS, L.; (1975) - MAPAS Y MEMORIA GEOLÓGICA DE LA HOJA 1:50.000 NÚM. 243 (CALAHORRA) MAGNA.

DÍAZ, E.; (1988) – EL CRETÁCICO INFERIOR DEL SECTOR DE JUBERA (NORTE DE LA SIERRA DE LOS CAMEROS, LA RIOJA): RELACIÓN ENTRE TECTÓNICA Y SEDIMENTACIÓN.

DOBLAS, M.; LÓPEZ RUIZ, J.; OYARZUN, R.; MAHECHA, V.; SÁNCHEZ-MOYA, Y.; HOYOS, M.; CEBRIA, J.M.; CAPOTE, R.; HERNÁNDEZ-ENRILE,

GIL SERRANO, G.; JIMÉNEZ BENAYAS, Y ZUBIETA, J. M.; (1976) – HOJA GEOLÓGICA 1:50.000, NÚM. 21-12 (CANALES).

GIMÉNEZ, R.; MARTIN-CHIVELET, J.; VILAS, L.; (1993) - LATE ALBIAN TO MIDDLE CENOMANIAN CARBONATE PLATFORMS OF BETIC AND IBERIAN BASINS (SPAIN),, CRETACEOUS CARBONATE PLATFORMS (J.A.T. SIMO, R.W. SCOTT Y J.P. MASSE, EDS.), AMER. ASSOC. PETROL. GEOL. SP. PUBL., 56, 271-281.

GÓMEZ, J.J.; COMAS-RENGIFO, M.J.; GOY, A; (2003) - LAS UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS DEL JURASICO INFERIOR DE LAS CORDILLERAS IBÉRICA Y COSTERAS CATALANAS.

GÓMEZ, J.J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S.; (2004) - LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DEL JURASICO MEDIO DE LA CORDILLERA IBÉRICA., GEOGACETA, 35, 91-94.

GÓMEZ, J.J.; GOY, A. (2002) - THE LOWER JURASSIC CYCLES AND PALEOGEOGRAPHICAL EVOLUTION OF THE CENTRAL PORTION OF THE IBERIAN PLATFORM (EASTERN SPAIN),, 6TH INTER. SYMP. JURASSIC SYSTEM, 76-77.

GÓMEZ-FERNÁNDEZ, J.C.; MELÉNDEZ, N.; (1994) - ESTRATIGRAFÍA DE LA "CUENCA DE LOS CAMEROS" (CORDILLERA IBÉRICA

NOROCCIDENTAL, N DE ESPAÑA) DURANTE EL TRANSITO JURASICO-CRETÁCICO., REV. SOC. GEOL. ESPAÑA, 7, 121-139.

GUIMERA, J.; GONZÁLEZ, A.; (1998) – EL RELIEVE DE LA CADENA IBÉRICA COMO UN PRODUCTO DE LA COMPRESIÓN ALPINA.

GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (COORDINADOR); ROBARDET, M.; RABANO, I.; SARMIENTO, G.N.; SAN JOSÉ LANCHA, M.A.; HERRANZ, P.; PIERENPIDAL, A.P.; (2002) - ORDOVICIAN., THE GEOLOGY OF SPAIN (W. GIBBONS Y T. MORENO, EDS.), GEOL. SOC. (LONDON), 31-49.

HANSEN, D.L.; NIELSEN, S.B.; (2003) - WHY RIFTS INVERT IN COMPRESSION?., TECTONOPHYSICS, 373, 5-24.

LÓPEZ-GÓMEZ, J.; ARCHE, A.; PÉREZ-LÓPEZ, A.; (2002) - PERMIAN AND TRIASSIC., THE GEOLOGY OF SPAIN (W. GIBBONS Y T. MORENO, EDS.), GEOL. SOC. (LONDON), 185-212.

LUZÓN A.; GONZÁLEZ, A.; MUÑOZ, A.; SÁNCHEZ-VALVERDE, B.; (2002) - UPPER OLIGOCENE-LOWER MIOCENE SHALLOWING-UPWARD LACUSTRINE SEQUENCES CONTROLLED BY PERIODIC AND NON-PERIODIC PROCESSES (EBRO BASIN, NORTHEASTERN SPAIN), JOUR. PALEOLIMNOLOGY, 28, 441-456.

LUZÓN, A.; (2001) - ANÁLISIS TECTOSEDIMENTARIO DE LOS MATERIALES TERCIARIOS CONTINENTALES DEL SECTOR CENTRAL DE LA CUENCA DEL EBRO (PROVINCIAS DE HUESCA Y ZARAGOZA), TESIS DOCTORAL, UNIV. ZARAGOZA, 465 P.

MANTILLA, L.C.; CASQUET, C.; MAS, J.R.; (1998) - LOS PALEOFLUIDOS EN EL GRUPO ONCALA, CUENCA DE CAMEROS (LA RIOJA, ESPAÑA): DATOS DE INCLUSIONES FLUIDAS, ISÓTOPOS DE OXIGENO Y SEM, GEOGACETA, 24, 207-210.

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA E: 1/200.000; (1971) – SÍNTESIS DE LA CARTOGRAFÍA EXISTENTE, NÚM. 21, LOGROÑO.

MARTÍN CLOSAS, C.; ALONSO MILLÁN, A.; (1998) - ESTRATIGRAFÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA (CHAROPHYTA) DEL CRETÁCICO INFERIOR EN EL

SECTOR OCCIDENTAL DE LA CUENCA DE CAMEROS (CORDILLERA IBÉRICA), REVISTA DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA, 11, 3-4, 253-269.

MAS, R.; BENITO, M.I.; ARRIBAS, J.; SERRANO, A.; GUIMERA, J.; ALONSO, A.; ALONSO-AZCARATE, J.; (2003) - THE CAMEROS BASIN: FROM LATE JURASSIC-EARLY CRETACEOUS EXTENSION TO TERTIARY CONTRACTIONAL INVERSION-IMPLICATIONS OF HYDROCARBON EXPLORATION. NORTHWEST IBERIAN CHAIN, NORTH SPAIN., AAPG INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION. BARCELONA, GEOL. FIELD TRIP 11, 56 P.

MAS, R.; GUIMERA, J.; ALONSO, A.; (1998) - THE CAMEROS BASIN (NORTH SPAIN): AN ATYPICAL INTRAPLATE EXTENSIONAL BASIN IN THE MESOZOIC IBERIAN RIFT SYSTEM.

MAS, R.; SALAS, R.; (2002) - LOWER CRETACEOUS OF THE IBERIAN BASIN., THE GEOLOGY OF SPAIN (W. GIBBONS Y T. MORENO, EDS.), GEOL. SOC. (LONDON), 284-288.

MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J.; (1992) - EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LOS CONGLOMERADOS MIOCENOS ADOSADOS AL BORDE NORTE DE LA SIERRA DE CAMEROS (LA RIOJA), ACTA GEOLÓGICA HISPÁNICA, 27, 1-2, 3-14.

PARDO, G.; VILLENA, J.; GONZÁLEZ, A.; (1989) - CONTRIBUCIÓN A LOS CONCEPTOS Y A LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS TECTOSEDIMENTARIO. RUPTURAS Y UNIDADES TECTOSEDIMENTARIAS COMO FUNDAMENTO DE CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS., REV. SOC. GEOL. ESPAÑA, 2, 199-221.

PEÑA MONEE, J.L. Y JULIÁN, A.; (1994) - LA DEPRESIÓN DEL EBRO. CARACTERES GENERALES DEL RELIEVE. GEOGRAFÍA DE LA RIOJA, V 1.

PORTERO, J. M.; HERNÁNDEZ, A.; RAMÍREZ DEL POZO, J., Y RIBA, O.; (1978) – MAPA Y MEMORIA GEOLÓGICA DE LA HOJA NÚM. 170 (HARO) MAGNA.

RAMOS, A.; SOPEÑA, A.; SANCHEZ MOYA, Y.; MUÑOZ, A.; (1996) - SUBSIDENCE ANALYSIS, MATURITY MODELLING AND HYDROCARBON GENERATION OF THE ALPINE SEDIMENTARY SEQUENCE IN THE NW OF THE IBERIAN RANGES (CENTRAL SPAIN).

RIBA, O. Y JURADO, M.J.; (1992) - REFLEXIONES SOBRE LA GEOLOGÍA DE LA PARTE OCCIDENTAL DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO. ACTA GEOLÓGICA HISPÁNICA, V. 27, Nº 1-2, 177-193

RIBA, O.; (1983) - LA CUENCA DEL EBRO, LIBRO JUBILAR J. M. RIOS - GEOLOGÍA DE ESPAÑA - TOMO 2, 421 (1 P.).

SALAS, R.; GUIMERA, J.; MAS, R.; MARTIN CLOSAS, C.; MELENDEZ, A.; ALONSO, A.; (2001) - EVOLUTION OF THE MESOZOIC CENTRAL IBERIAN RIFT SYSTEM AND ITS CAINOZOIC INVERSION (IBERIAN CHAIN).

SALINAS, F.J.; MAS, J.R.; (1990) - ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y TECTOSSEDIMENTARIO DE LA CUBETA DE CERVERA DEL RIO ALHAMA (LA RIOJA) DURANTE LA SEDIMENTACIÓN DEL GRUPO URBIÓN (CRETÁCICO INFERIOR), ESTUDIOS GEOLÓGICOS (MADRID), 46, 3-4, 245-255.

SOPEÑA, A.; SÁNCHEZ MOYA, Y.; (1997) - TECTONIC SYSTEM TRACT AND DEPOSITIONAL ARCHITECTURE OF THE WESTERN BORDER OF THE TRIASSIC IBERIAN TROUGH (CENTRAL SPAIN), SEDIMENTARY GEOLOGY, 113, 3-4, 245-267.

VÁZQUEZ-URBEZ, M.; ARENAS, C.; PARDO, G.; (2002) - FACIES FLUVIO-LACUSTRES DE LA UNIDAD SUPERIOR DE LA MUELA DE BORJA (CUENCA DEL EBRO): MODELO SEDIMENTARIO, REVISTA DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA, 15, 1-2, 41-54.

VÁZQUEZ-URBEZ, M.; ARENAS, C.; PARDO, G.; (2003) - ANÁLISIS ISOTÓPICO (D13C Y D18O) DE LOS DEPÓSITOS CARBONATADOS DEL SECTOR DE BORJA-TARAZONA: REGISTRO DE CAMBIO PALEOGEOGRÁFICO EN EL MIOCENO DE LA CUENCA DEL EBRO., GEOTEMAS, 5, 37-241.

VERA, J. A. (EDITOR); (2004) – GEOLOGÍA DE ESPAÑA. S.G.E. – I.G.M.E. – MADRID.

VERGÉS, J.; GARCÍA-SENZ, J.; (2001) - MESOZOIC EVOLUTION AND CAINOZOIC INVERSION OF THE PYRENEAN RIFT.

VILLENA, J.; GONZÁLEZ, A., MUÑOZ, A.; PARDO, G. Y PÉREZ, A.; (1992) - SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA DEL TERCIARIO DEL BORDE SUR DE LA CUENCA DEL EBRO: UNIDADES GENÉTICAS. ACTA GEOLÓGICA HISPÁNICA, V. 27, Nº 1-2, 225-245.