



IGME

245

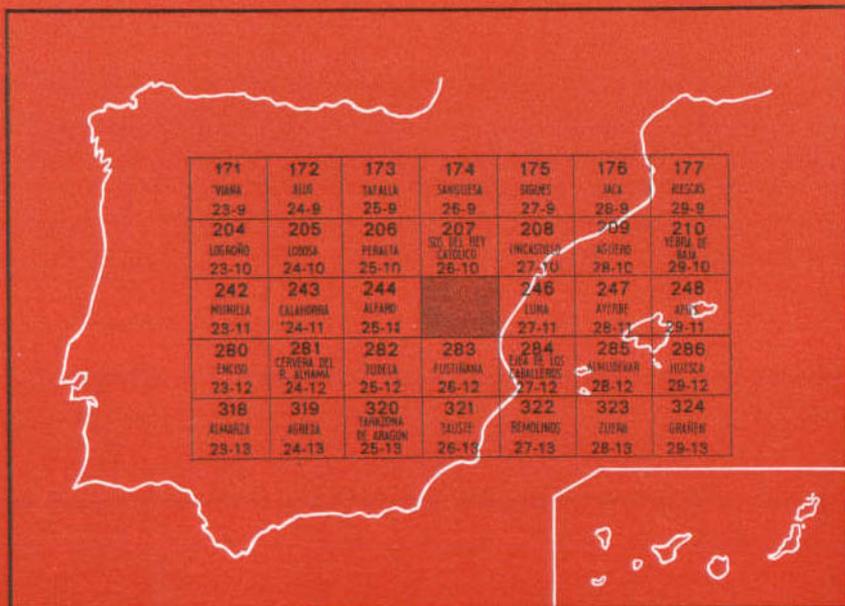
26-11

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

SADABA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

SADABA

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por la Excm. Diputación Foral de Navarra, bajo normas, dirección y supervisión del IGME.

La geología de campo y la redacción de la Memoria han sido efectuadas por Jaime Solé Sedó, Licenciado en Ciencias Geológicas, de la Investigación Geológica de Navarra, que dirige técnicamente el doctor Ingeniero Joaquín del Valle de Lersundi, y lleva a cabo la Dirección de Obras Públicas de la Excm. Diputación Foral de Navarra.

Las dataciones cronoestratigráficas están basadas en los Informes de José Ramírez del Pozo, Doctor en Ciencias Geológicas, CIEPSA, Vitoria, Consultor de la Investigación Geológica de Navarra.

Los análisis químicos han sido efectuados por el Laboratorio Químico de la Excm. Diputación Foral de Navarra.

Los estudios sedimentológicos, de areniscas, por los Laboratorios de ADARO.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M-39.623-1976

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

1 INTRODUCCION

La Hoja de Sádaba está situada en la Cuenca del Ebro. Los materiales que en ella están representados pertenecen todos al Terciario Continental y al Cuaternario, que está muy desarrollado.

Los depósitos del Terciario Continental son fundamental arcillosos, con yesos, calizas y areniscas, variando en la escala cronológica desde el Chattiense-Aquitaniense Inferior hasta el Vindoboniense.

En la parte occidental de la Hoja estos materiales están afectados por un sistema de pliegues de dirección ONO.-ESE. de origen halocinético que aquí se amortigua hasta desaparecer.

La parte oriental de la Hoja no está afectada por la tectónica, y además está prácticamente cubierta por Cuaternario.

2 ESTRATIGRAFIA

2.1 TERCIARIO

Al realizar el estudio de la presente Hoja se nos ha presentado como dificultad principal el paso de la litoestratigrafía, realizada a partir del trabajo de campo, a la cronoestratigrafía.

El problema reside en la dificultad de datación de las facies continentales, y muy especialmente de las del Terciario Continental de la Cubeta del Ebro.

Los yacimientos de mamíferos que se han encontrado y estudiado hasta la fecha son muy escasos, con lo cual la correlación pierde seguridad al alejarnos de los yacimientos. Por otro lado, los microorganismos que se encuentran, como los oogonios de charáceas y ostrácodos, en muchos casos no son determinativos, tanto por la variación en su dispersión vertical como por la facilidad con que se producen resedimentaciones, y en cualquier caso por la escasez de los mismos.

Por todo esto se ha hecho un Mapa litoestratigráfico, en el que las edades asignadas a cada una de las unidades queda justificada por los datos obtenidos del estudio micropaleontológico realizado por el Doctor don José Ramírez del Pozo, tanto en las muestras recogidas para esta Hoja como en las limítrofes del Mapa 1:25.000 de Navarra de la Diputación Foral de Navarra (y del conocimiento de las formaciones del Terciario Continental de esta zona).

Las unidades que hemos diferenciado en la cartografía son las siguientes:

2.1.1 Chattiense-Aquitaniense Inferior

Unidad T_{C33-11}^{A-Ba}. Formación de Lerín.

Esta es la unidad más antigua de las que se presenta en la Hoja. Está formada por capas de yeso y arcillas de tonalidades grises y pardo-amarillas, alternando.

El yeso se presenta en capas de dos tipos diferentes, unas muy finas, de yeso fibroso formando una alternancia muy espesa con niveles, también delgados, de arcillas; y otros más gruesos de yeso sacaroideo, en capas que no suelen llegar a los 50 cm. de espesor.

Esta unidad aflora solamente al oeste de la Hoja, en la terminación de los anticlinales de Falces y Arguedas, que aquí quedan totalmente amortiguados. Al oeste de El Bercho, en la parte suroccidental y en el valle de Eguaras, puede observarse la sucesión litológica que representa la parte más alta de la Formación de Lerín, que aflora en su totalidad en la Hoja vecina de Alfaro. Aquí, en la presente Hoja, junto al Castillo de Eguaras, el espesor que se puede medir no llega a los 100 m., pero en la zona de Caparroso esta formación supera los 1.000. (BEROIZ, 1972: «Memoria de la Hoja núm. 244, Alfaro». Inédita.)

Hacia el Este, los yesos van pasando lateralmente a arcillas, y sólo persisten algunas capas aisladas. El cambio lateral se puede observar muy bien en el escarpe formado por la terraza suspendida del río Aragón, al norte de Eguaras.

Este tramo lo hemos datado como Chattiense-Aquitaniense Inferior. Seguramente se podría precisar más diciendo solamente Aquitaniense Inferior, puesto que es la parte más alta del tramo, pero como por los microorganismos es muy difícil separar el Chattiense del Aquitaniense Inferior y la Unidad Formación de Lerín se data así, preferimos dejarle a su parte alta la edad correspondiente a todo el tramo.

Este tramo terminal de la Formación de Lerín corresponde al nivel R de los yesos de Los Arcos (RIBA, 1964, y CRUSAFONT et al., 1966), que RIBA utilizó como nivel guía para la datación del Terciario Continental de esta zona, considerándolo como la separación entre el Oligoceno y el Mioceno.

C. BEROIZ («Memoria de la Hoja núm. 244, Alfaro», 1972. Inédita) sitúa este nivel 140 m. por debajo del yacimiento de mamíferos Tudela I, datado como Aquitaniense (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).

En las muestras recogidas en la Formación de Lerín en el resto de Navarra, los microorganismos existentes han sido datados en este tramo comprensivo que abarca del Chattiense al Aquitaniense Inferior, por lo que creemos que su posición estratigráfica queda perfectamente justificada, mientras no se puedan hacer dataciones más precisas.

2.1.2 Aquitaniense-Burdigaliense

En estos pisos incluimos las tres unidades que vienen por encima de la anterior, o bien que son cambio lateral de su parte más alta.

2.1.2.1 Unidad T_{c11-12}^{Ba}

Es la unidad con menos entidad propia, puesto que en ella hemos incluido los materiales que representan la zona de cambio de facies entre el tramo anteriormente descrito y la Formación de Tudela [T_{c11-12}^{Ba}] y la de Ujué [T_{s11-12}^{Ba}].

Los yesos de la unidad anterior van pasando hacia el Este a arcillas, quedando solamente algunas capas aisladas.

A la vez se van sedimentando algunas capas delgadas de caliza y de arenisca.

Este es, pues, un tramo fundamentalmente arcilloso, en el que se intercalan las citadas capas de yesos, caliza y arenisca.

Las areniscas suelen presentarse en capas de poco espesor, de 10 a 30 cm., de color gris a pardo, y casi siempre están formadas por un apilamiento de óndulas de corriente del tipo «climbing-ripples».

Hay niveles más potentes, de hasta dos metros, que se acuñan rápidamente y que lateralmente pueden dar lugar a los anteriores. Tienen la base erosiva y son depósitos de canal, presentan estratificación cruzada de re-

lleno de canal y muchas veces mega-óndulas de amplitud variable y de altura generalmente inferior a los 30 cm.

Al microscopio se comprueba que el cemento es carbonato cálcico, y los granos de cuarzo y fragmentos de roca (incluidos los feldespatos) no superan el 50 por 100, aunque normalmente están alrededor del 30 por 100.

Las capas de caliza de este tramo son de muy poco espesor, pues no superan los 20 cm. Son micritas arcillosas, con restos de oogonios de charáceas. Lateralmente, estas capas tienen una continuidad lateral bastante superior a la de las areniscas.

Las muestras recogidas en dos cortes efectuados en este tramo, La Estroza y El Bercho, han proporcionado una asociación que J. RAMIREZ DEL POZO ha datado como Aquitaniense-Burdigaliense:

Cypridopsis kinke!ini, LIENENKL,
Haplocitheridea aff. helvética,
Sphaerochara aff. ulmensis (STRAUB),
Sphaerochara aff. mimutissima (MADLER),
Chara cylindrica, MADLER,
Chara microcera, GRAMB. Y PAUL,
Psilochara acuta, GRAMB. Y PAUL,
Tectochara cf. meriani, L. y N. GRAMB.,
Limmocythere sp.,
Candona sp.,
Darwinula sp., y
Planorbis sp.

De toda esta asociación posiblemente sólo sean determinativas las dos primeras. Las demás datan, en su base, tramos más antiguos, pero aparecen aquí debido a su dispersión vertical y, en algunos casos, quizá a la resedimentación.

2.1.2.2 Unidad Ts_{c11-12}^{Ba}. Formación de Ujué

Esta es la unidad más ampliamente representada en la Hoja, pues ocupa aproximadamente las dos terceras partes de los afloramientos, en la parte oriental de la Hoja.

Litológicamente constituye un tramo arcilloso con presencia de areniscas, que se van haciendo cada vez más abundantes hacia el techo y hacia el Noreste.

Los niveles de arenisca están relacionados con paleocanales. Normalmente tienen la base erosiva y presentan gradación en el tamaño de grano, grueso en la base, con presencia de cantos blandos de arcilla y pasando hacia arriba a medio y fino.

El canal propiamente dicho se acuña con rapidez, pero los depósitos directamente relacionados con él (como los «levées» y depósitos de la llanura de inundación) se extienden lateralmente mucho más.

Dentro del nivel de canal se observa estratificación cruzada en forma de relleno y también mega-óndulas, de amplitud variable (de 40 cm. a varios metros).

En algunos puntos se observan afloramientos con depósitos relacionados al canal, que seguramente representan rellenos de meandros por acreción lateral (depósitos de «point-bar»), aunque aquí ya no se presentan los ejemplos tan claramente como al norte del río Aragón (PUIGDEFABREGAS, 1973).

En los niveles delgados de arenisca se puede comprobar que la mayoría están contruidos casi completamente por óndulas de corriente que se erosionan mutuamente y se apilan una encima de otra. Son «climbing-ripples» como los descritos por WALKER (1963) como tipo 1 de «climbing-ripples» y como tipo A (a veces B) posteriormente por JOPLING y WALKER (1968) y ALLEN (1970). También hay laminación paralela.

Las areniscas están formadas por cemento de carbonato cálcico, y los granos son básicamente de cuarzo, aunque la proporción de fragmentos (incluyendo feldespatos) puede ser en algunos casos igual o superior. Entre los minerales accesorios están presentes constantemente los óxidos de hierro, y es frecuente también la glauconita.

Entre las arcillas es frecuente encontrar láminas de yeso fibroso secundario, que en algunas zonas son muy abundantes.

2.1.3 Aquitaniense Superior-Vindoboniense

Unidad T_{c11}^{Ba-Bc} . Formación Tudela

(C. BEROIZ, 1972: «Memorias de las Hojas núm. 282, Tudela, y núm. 244, Alfaro». Inéditas.)

Geográficamente esta formación se encuentra representada en el suroeste de la Hoja, rellenando el sinclinal que queda enmarcado entre las dos terminaciones anticlinales de Falces y Arguedas.

Litológicamente es una formación arcilloso-calcárea, caracterizada principalmente por la gran predominancia de arcillas, que son muy carbonatadas, con capas de caliza y esporádicamente intercalaciones de areniscas de cemento calcáreo de grano fino a medio.

Las arcillas toman coloraciones muy variadas que dan un aspecto bandeado a los afloramientos, desde el color blanco hasta el rojo, pasando por grises, amarillos y pardos, aunque predominen las tonalidades rosáceas.

Las calizas son micritas arcillosas, que contienen restos de oogonios de charáceas, ostrácodos y pequeños gasterópodos. Son de color gris y normalmente se presentan en bancos de poco espesor, entre 5 y 30 cm.,

aunque a veces pueden llegar a los 2 m. Hacia el Oeste y Sur aumenta la proporción y potencia de estas calizas.

Cuando hay bancos de caliza potentes (Las Cortinas) se producen unos relieves tabulares muy típicos en esta zona.

Las areniscas son del mismo tipo que las de la unidad anterior, muy carbonatadas y con pocos terrígenos. Normalmente están formadas por «ripple-marks».

Dada su posición por encima del tramo de los yesos de Lerín, que hemos datado como Chattiense-Aquitaniense Inferior, así como las dataciones en el área vecina, de las Hojas de Alfaro y Tudela, podemos considerar este tramo como Aquitaniense-Burdigaliense.

La fauna y flora encontradas en el corte de Las Cortinas no parecen ser representativas y, por tanto, no nos podemos apoyar en ellas para la datación.

2.2 CUATERNARIO

En esta Hoja los depósitos cuaternarios tienen gran importancia, tanto por su extensión, porque ocupan casi las dos quintas partes de la extensión total, como por la morfología a la que dan lugar, así como su condicionamiento a la agricultura de la zona.

Hemos dividido el Cuaternario en Holoceno y Pleistoceno, incluyendo en este último los depósitos más antiguos, como son las terrazas suspendidas y los grandes glacis que dan superficies morfológicas muy claras.

En el Holoceno hemos incluido los depósitos de fondos aluviales y de valle que son todavía funcionales, y los depósitos de grava que se desarrollan a partir de los glacis más antiguos.

2.2.1 Glacis

2.2.1.1 *Glacis antiguos* (Q₁G)

Estos glacis tienen una gran extensión. El de Miraflores y el de Miralobueno, separados por el valle del río Riquel, representan superficies superiores a los 20 y 50 Km², respectivamente.

La pendiente de estos glacis es bastante suave, entre 1.º y 4.º, siendo la dirección de la pendiente constante hacia el Sur en todos ellos.

Litológicamente, están formados por cantos, angulosos algunos y redondeados en su mayoría, puesto que proceden de los conglomerados terciarios que hay más al Norte, en la zona de Gallipienzo, Peña y Sos del Rey Católico. Los cantos están englobados en una abundante matriz arcillosa y a veces se desarrollan tramos de arcillas y limos intercalados en las gravas.

Aisladamente las gravas pueden estar cementadas formando pequeños bancos de conglomerados.

En la Hoja se pueden observar distintos niveles de glacis, aunque litológicamente sean muy similares.

2.2.1.2 *Glacis modernos* (Q₂G)

Consideramos como tales a las acumulaciones de gravas con mucha matriz arcillosa y de poca potencia (no suelen superar los 50 cm.), que se sitúan al pie de los escarpes formados por las terrazas suspendidas y de los glacis antiguos, a expensas de cuyos materiales se han formado.

En el mapa se reflejan algunos de ellos, aunque no todos, pues los hay muy pequeños y, por tanto, difícilmente cartografiables.

2.2.2 **Terrazas** (Q₁)

Este nivel corresponde a la terraza suspendida más alta del río Aragón, ya citado por FLORISTAN (1951). Se encuentra a una altura de 120 a 130 m. sobre el nivel del cauce actual del río y quizá pueda correlacionarse con el nivel V de MENSUA (1960) en la zona de Sangüesa.

Geográficamente se sitúa al noroeste de la Hoja, formando la meseta de El Plano, con el alto de Chirimildia, que ha quedado aislado al E. de la misma, por efectos de la erosión.

Litológicamente está formada principalmente por gravas, alcanzando un espesor de hasta 10 m. Localmente se observan los cantos con una orientación predominante, imbricados. Hay niveles de gravas completamente cementados y consolidados.

Entre estos depósitos se intercalan lentejones de arenas sueltas y limos en los que se observan horizontes ricos en materia orgánica.

Es de destacar la presencia de una costra calcárea que puede llegar a tener más de un metro de espesor y que es bastante constante en toda la terraza.

2.2.3 **Fondo aluvial y del valle** (Q₂l)

Estos son los depósitos más modernos dentro del Cuaternario, puesto que son todavía funcionales. Están formados por arcillas y limos, con presencia de cantos dispersos, o formando pequeños lentejones, en la parte occidental. Al Este, en el valle del Riquel, los cantos aumentan en proporción, pudiendo formar niveles más o menos continuos.

En la cubeta central de Las Bardenas, estos depósitos arcillosos y limosos pueden ser muy potentes.

3 TECTONICA

Esta Hoja está situada en una zona en la que los accidentes tectónicos son mínimos y los buzamientos muy suaves. Estudiando la tectónica en el marco geográfico restringido de la Hoja, poco puede dar de sí, ya que no tenemos una visión regional suficientemente amplia, que es la que puede llevarnos a interpretaciones tanto del proceso que los ha originado como de la edad en que se han producido.

La parte oriental de la Hoja es completamente tranquila, sin pliegues ni fallas y con las capas en disposición horizontal.

Por la parte oeste entran dos anticlinales que acaban periclinalmente en una distancia bastante corta, lo mismo que los dos suaves sinclinales, paralelos a ellos.

Los anticlinales, que son los de Arguedas y Falces, se extienden por toda la parte sur de Navarra en dirección ONO.-ESE. a lo largo de más de 60 Km. de longitud.

RIBA, en 1964, apuntaba la posibilidad de que fuesen anticlinales de fondo plano y de origen halocinético, formados por acumulación de grandes espesores de yeso. Más tarde, en 1966, CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA confirmaban la opinión anterior comprobada por sísmica.

La intumescencia sería formada principalmente por los yesos de Falces, que, como se observa en los afloramientos a lo largo de la carretera de Pamplona-Zaragoza a su paso por las Bardenas (Hoja núm. 244, Alfaro), están completamente plegados.

Encima de esta formación se dispone otra yesífera-arcillosa (Formación de Lerín) que se adapta a la forma producida por los yesos más antiguos, plegándose y formando los flancos de los anticlinales. En el núcleo afloran los más antiguos, rompiendo las capas más modernas.

Los anticlinales terminan tanto por el Noroeste (Hojas núms. 171 y 204, Viana y Logroño) como por el Sureste, en la presente Hoja, cuando se acaban los yesos, que lateralmente deben ir pasando a materiales de origen terrígeno, arcillas, limos y areniscas.

El sinclinal de Peralta, que queda entre los dos anticlinales anteriormente descritos, está relleno por sedimentos básicamente arcillosos, si bien en la parte suroriental, que es la que corresponde a la presente Hoja y a la contigua de Alfaro, empiezan a encontrarse calizas alternando con las arcillas. Es la Formación de Tudela que hemos descrito en el apartado de Estratigrafía.

El sinclinal que se encuentra más al Norte, que es la prolongación del de Miranda de Arga, está relleno aquí por la facies de arcillas y areniscas

en paleocanales, que RIBA (1964) llamó facies normal oligocena, aunque cronológicamente sube mucho más.

En el surco sinclinal, hacia el Noroeste, esta facies pasa primeramente a un tramo completamente arcilloso en la zona de Olite, después a las margas y calizas de Miranda de Arga.

El movimiento de los yesos ha sido seguramente continuo desde su inicio hasta la actualidad. Diversos autores, SOLE SABARIS (1953), RIBA y BOMER (1952-55) y RIBA (1962 y sucesivos) han puesto de manifiesto las deformaciones cuaternarias en esta zona, debidas al movimiento de los yesos.

El momento en que se iniciaron estos movimientos coincide con la segunda fase tectónica de RIBA (1964) para esta zona, que viene marcada por las discordancias progresivas y fenómenos anejos que ya considera dicho autor como efectos de origen halocinético.

El movimiento se iniciaría durante el Aquitaniense Medio de una manera uniforme, y continuaría durante el Aquitaniense Superior-Burdigaliense.

Por otro lado, tal como hechos dicho antes, el movimiento de los yesos existe todavía, como lo demuestran las deformaciones cuaternarias.

4 HISTORIA GEOLOGICA

Como hemos visto en el apartado de Estratigrafía, los materiales más antiguos, de los que afloran, los hemos considerado incluidos en el tramo Chattiense-Aquitaniense Inferior, a pesar que seguramente representan solamente el techo de dicho tramo, para encuadrarlo dentro del marco paleogeográfico.

Durante el Chattiense-Aquitaniense Inferior se desarrolló, en toda la parte sur de Navarra, una cuenca en la que la sedimentación fue claramente evaporítica y arcillosa. Con deposición de paquetes de yeso y niveles finos de halita intercalados con arcillas. Hay tramos en que la sedimentación yesífera desaparece y se depositan **solamente arcillas, formando así** unos mega-ritmos de tramos yesíferos y tramos arcillosos que se observan muy bien en la zona de Caparros. (D. F. N. «Memorias de las Hojas números 206 y 244, Peralta y Alfaro», 1972. Inéditas.)

En esta cuenca alargada en dirección ONO.-ESE. se depositaron más de 1.500 m. de espesor de materiales, bajo este régimen.

Hacia el SE. (igual que al NO.), como se puede ver en la presente Hoja, en las capas más altas de este tramo los yesos van pasando a arcillas, entre las que se intercalan niveles de arenisca, que se pueden relacionar a un sistema fluvial de muy baja energía y a capas finas de caliza, depositadas en pequeños lagos que se producen esporádicamente en la cuenca.

Durante el Aquitaniense y el Burdigaliense, por los procesos halocinéticos ya descritos, se concentran los materiales salinos formando varias intumescencias y creando unos surcos sinclinales por la migración de los materiales hacia los núcleos anticlinales.

Este es el caso de los anticlinales de Falces y de Arguedas, que se pueden seguir hasta esta Hoja, ya muy amortiguados.

En el surco que queda entre ellos se produce la deposición de las arcillas y calizas de la Formación de Tudela; sin embargo, hacia el Este, estas facies cambian, desaparecen las calizas, que por otro lado están presentes más al Sur, y la fracción terrígena se va haciendo cada vez más importante. Es una sedimentación fluvio-lacustre, en la cual la influencia fluvial se va haciendo más importante hacia el Norte.

La dirección de aportes es hacia el Sur y Suroeste.

Desde la zona de Ujué hasta aquí puede observarse la gradual disminución en la proporción de las areniscas con respecto a las arcillas y limos.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

En la presente Hoja no existe ninguna explotación minera y tampoco ninguna cantera. Por las características litológicas que se presentan en ella, creemos que solamente podrían ser explotadas algunas arcillas para su uso en tejería.

Por otro lado, las fuentes existentes se limitan a la terraza alta del río Aragón y a algunas de muy poca importancia en los grandes glacis de la parte suroriental, en donde hay un espesor considerable de gravas. Los materiales terciarios son totalmente impermeables.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1954).—«Las formaciones del Terciario Continental entre Ejea de los Caballeros y Tauste». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, núm. 33, pp. 71-78, Madrid.
- (1958).—«Nota sobre la estratigrafía de Las Bardenas en su extremo meridional». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, núm. 50, fasc. 2.º, Madrid.
- ALLEN, J. R. L. (1965).—«The sedimentation and Paleogeography of the Old Red Sandstone of Anglesey, North-Wales». *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 35 (8), pp. 139-185.
- BEROIZ, C. (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja núm. 244, Alfaro, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona. (Inédita.)

- «Memoria explicativa de la Hoja núm. 282, Tudela, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona. [Inédita.]
- BOMER, B., y RIBA, O. (1965).—«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra». *Com. C. 6-3 del Tomo V de las publicaciones del «I Coloquio Intern. sobre las obras públicas en terrenos yesíferos»*. Madrid.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J., y RIBA, O. (1966).—«Contribución al estudio de la estratigrafía del Terciario Continental de Navarra y Rioja». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, núm. 90, pp. 53-76.
- FLORISTAN SAMANES, A. (1951).—«La ribera tudelana de Navarra». *Dip. F. de Navarra e Inst. J. S. Elcano, C. S. I. C.*, p. 316, fig. 40, lám. 63, Zaragoza.
- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1947).—«Rasgos fisiográficos y geológicos del suroeste y este de las tierras navarras». *Rev. Príncipe de Viana*, t. 8, núm. 26, pp. 73-86, Pamplona.
- (1949).—«Las Bardenas Reales. Rasgos fisiográficos y geológicos». *Rev. Príncipe de Viana*, año 10, núm. 37, pp. 472-440, lám. 9, fig. 3, 1 mapa.
- JOPLING, A., y WALKER, R. (1968).—«Morphology and origin of ripple-drift cross-lamination, with examples from the Pleistocene of Massachusetts». *Jor. Sedimentary Petrol.*, v. 38, núm. 34, pp. 971-984.
- MALDONADO, A. (1971).—«Memoria explicativa a la Hoja núm. 283, Fustiñana, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona. [Inédita.]
- MENDIZABAL y CINCUNEGUI, M. (1932).—«Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra». Información de carácter geológico. 2.ª Región. *Not. y Com. del I. G. M. E.*, núm. 4, pp. 140-142.
- MENSUA, S. (1960).—«La Navarra media oriental. Estudio Geográfico». *Inst. Príncipe de Viana, D.º Geol. Aplic. Zaragoza, Ser. Reg.*, 8, p. 186, fig. 40, lám. 25.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1972).—«Memoria explicativa a la Hoja núm. 206, Peralta, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona. [Inédita.]
- (1973).—«Miocene point-bar deposits in the Ebro basin. Northern Spain». *Sedimentology*, v. 20, núm. 1, pp. 133-144.
- RIBA, O. (1955).—«Sur le type de sédimentation du Tertiaire continental de la part ouest du Bassin de l'Ebre». *Geol. Rundeschan*, t. 43, núm. 2, pp. 363-371, 1 fig. Stuttgart.
- (1964).—«Estructura sedimentaria del Terciario Continental de la Depresión del Ebro en su parte riojana y Navarra». *Aportación española al XX Congr. Geogr. Int., Reino Unido*, pp. 127-138, fig. 4, Zaragoza.
- RIBA, O., y BOMER, B. (1957).—«Les terrasses et glacis du bassin de l'Ebre dans la Ribera de Navarre et la Rioja Baja». *Livr. Guide, Exc. núm. 3*.

- Villafranchien de Villarroya. INQUA, Congr. Int. Madrid-Barcelona*, pp. 7-10, mapa 1, fig. 1. Barcelona.
- RIBA, O., y PEREZ-MATEOS, J. (1961).—«Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la cuenca terciaria del Ebro». *II Reunión de Sedimentología. Sevilla, 1961. C. S. I. C. Inst. de Edafología*, pp. 201-222, Madrid, 1961 (publ. en 1962).
- ROJAS, B. J. de; LATORRE, F., y FERNANDEZ-VARGAS, E. A. (1971).—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos meso-alpinos en las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca». *Congreso de Geol. Económica Hispano-Luso-Americano*. Madrid.
- RUIZ DE GAONA, M.; VILLALTA COMELLA, y CRUSAFONT, M. (1946).—«El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)». *Not. y Com. del I. G. M. E.*, núm. 16, pp. 159-182, Madrid.
- SOLE SABARIS, L. (1953).—«Terrazas cuaternarias deformadas en la cuenca del Ebro». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-259, fig. 2.
- (1954).—«Sobre la estratigrafía de Las Bardenas y los límites del Oligoceno y del Mioceno en el sector occidental de la Depresión del Ebro». *Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo extr. *Hernández Pacheco*, pp. 637-658.
- SOLE SEDO, J. (1972).—«Memoria explicativa a la Hoja núm. 207, Sos del Rey Católico, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona. (Inédita.)
- SOLER, M., y PUIGDEFABREGAS, C. (1970).—«Líneas generales de la Geología del Alto Aragón occidental». *Pirineos*, 96, pp. 5-20.
- VALLE, A. del; MENDIZABAL, J., y CINCUNEGUI, M. (1935).—«Memoria explicativa de la Hoja núm. 244, Alfaro». p. 22, 12 figs.
- VALLE, A. del; MENDIZABAL, J. y PASTOR, M. (1941).—«Memoria Explicativa de la Hoja núm. 245, Sádaba». Mapa Geol. España a escala 1:50.000, *I. G. M. E.*, p. 25.
- WALKER, R. (1963).—«Distinctive types of ripple-drift cross-lamination». *Sedimentology*, 2, pp. 173-188.

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA