IGME

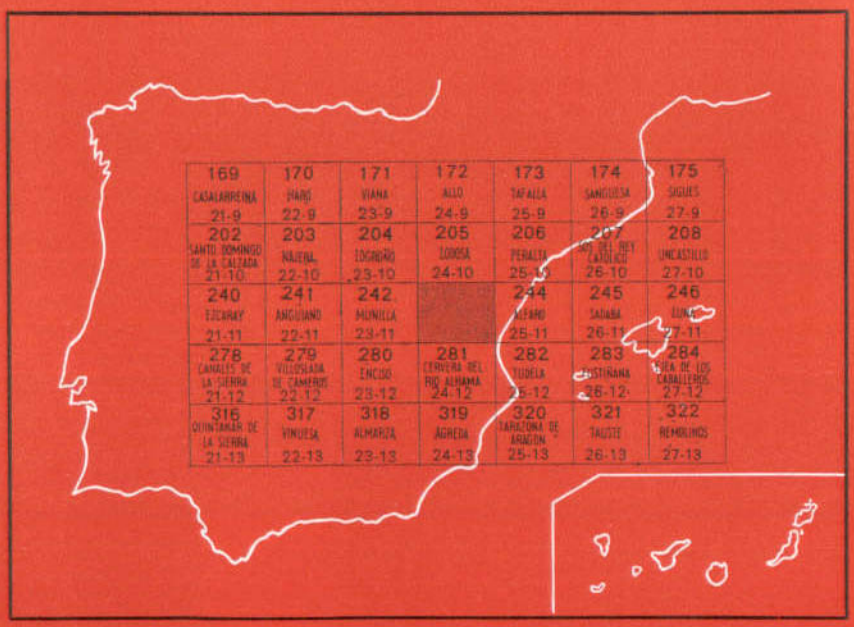
243
24-11

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CALAHORRA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CALAHORRA

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

La cartografía del Mapa de esta Hoja la han llevado a cabo Javier Castiella Muruzábal, Jaime Solé Sedó y Lorenzo Villalobos Vilches, Licenciados en Ciencias Geológicas. La redacción de la presente Memoria la han realizado Javier Castiella Muruzábal y Jaime Solé Sedó. Dirección técnica: Joaquín del Valle de Lersundi, Doctor Ingeniero de Minas.

El estudio micropaleontológico ha corrido a cargo del Doctor en Ciencias Geológicas don José Ramírez del Pozo.

La Sedimentología ha sido estudiada en el Laboratorio de ENADIMSA.

Los análisis químicos se han realizado en el Laboratorio Químico de la Diputación Foral de Navarra.

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 - 9.017 - 1977

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

1 INTRODUCCION

La Hoja de Calahorra está enclavada casi en su totalidad en la provincia de Logroño, comprende en el ángulo NE. parte de la de Navarra, separadas ambas por una línea que sigue el trazado del Ebro.

Corresponde al borde meridional de la Depresión del Ebro, y, dentro de su perímetro, se encuentran representados, en casi su totalidad, materiales terciarios de origen continental oligocenos y miocenos, y, sólo en el ángulo SO. aparecen depósitos pertenecientes al Infralías, Jurásico marino y Jurásico terminal y Cretácico Inferior en facies Purbeck y Weald. Estos materiales mesozoicos constituyen las alineaciones montañosas de la región de Cameros.

El Terciario Continental se presenta, al norte de la Hoja durante el Oligo-Mioceno, en facies esencialmente evaporíticas, mientras que al sur, en facies terrígenas formadas por conglomerados, areniscas, limos y arcillas. En el Mioceno propiamente dicho hay un predominio total de las facies detríticas rojas.

Estos sedimentos mesozoicos y terciarios están recubiertos en gran parte por una serie de depósitos cuaternarios discontinuos (terrazas, glacis, etc.).

2 ESTRATIGRAFIA

Como hemos reseñado en la Introducción, los depósitos más antiguos representados en esta Hoja corresponden al Infralías (Rhetiense) y Jurásico,

y están formados por una serie de dolomías, calizas, margocalizas y margas que en la parte más alta pasan a areniscas calcáreas.

En discordancia sobre este Jurásico de facies marina, tenemos unos materiales depositados en ambientes más continentales, que corresponden al Jurásico terminal y Cretácico Inferior en facies Purbeck y Weald.

Todo este conjunto aflora solamente en la esquina suroccidental de la Hoja, cabalgando sobre el Albiense (Formación Utrillas), que a su vez entra también en contacto mecánico con los depósitos del Terciario Continental.

Las facies continentales del Terciario de la Cuenca del Ebro ocupan casi la totalidad de la Hoja, aunque en muchas zonas están recubiertas por sedimentos cuaternarios, muy especialmente por los que forman el sistema de terrazas del río Ebro, que están muy desarrolladas.

2.1 SECUNDARIO

Los afloramientos correspondientes al Jurásico y Cretácico están limitados a una pequeña mancha de unos 3 Km^2 al sur de Préjano, en el borde suroccidental de la Hoja. Teniendo en cuenta que son hasta ocho los tramos cartográficos que se han separado y que todos están afectados por la tectónica del borde sur de la Cubeta del Ebro, se puede comprender que es imposible hacer columnas completas, así como hacerse una idea válida tanto de la litología y estratigrafía como de la tectónica y la paleogeografía.

Es por esto que mezclaremos aquí, junto a lo visto en la Hoja, observaciones nuestras, en los mismos niveles, recogidas en la vecina Hoja de Cervera del Río Alhama, así como opiniones de otros autores que han trabajado en la zona, pero con una visión más amplia al estudiar toda la cuenca (MENSINK y TISCHER) o parte de ella (JEREZ y ESNAOLA).

Concretamente en esta Hoja hemos levantado dos cortes; uno de ellos, el de Préjano, coge los tres primeros niveles del Triásico-Jurásico marino y parte del Weald en contacto mecánico sobre él. El segundo, Camino de Vadillo, recoge unos metros de la Formación Utrillas (Albiense) a efectos de ver la sucesión litológica o las posibles secuencias.

2.1.1 Rhetiense-Hettangiense. Nivel T_{A33}-J_{11}

Este es un tramo basal de la serie secundaria que podemos ver en la Sierra de Préjano cabalgando sobre la Formación Utrillas, aunque hacia la parte más oriental se acuña en el frente de cabalgamiento y no llega a aflorar.

La potencia medida por nosotros es de 44 m., pero es muy variable en los distintos afloramientos. JEREZ y ESNAOLA (inéd.) le atribuyen una variación entre 10 y 60 m.

En el corte de Préjano se puede observar en la base la presencia de

una brecha masiva dolomítica con cantos y bloques de «carniolas». Encima se encuentran unas dolomías y calizas dolomíticas de estratificación difusa, de color gris, algo «rubanées», especialmente en la parte inferior. Es fácil observar niveles bastante irregulares de dolomías celulares pasando lateralmente a las dolomías calcáreas, que podríamos llamar normales. Hacia la parte más alta del tramo se observan capas de dolomías grises y rosáceas, en parte brechoides, con niveles de dolomías celulares y presencia de muchos estilolitos en las capas.

Este tramo, normalmente llamado Infralías, suele presentarse en contacto mecánico con el Keuper, pero en la presente Hoja este último no llega a aflorar.

El paso de este nivel al inmediatamente superior es completamente gradual y, siguiendo a JEREZ y ESNAOLA, ponemos el contacto en el punto donde desaparecen ya las «carniolas».

En este nivel no hemos encontrado fósiles, aunque MENSINK (1965) cita precisamente en esta zona de Préjano la presencia de algunos fósiles indeterminables.

Hasta ahora la asignación de estos materiales al Rhetiense se hace exclusivamente siguiendo a otros autores que así lo consideraron por comparaciones litofaciales con otras regiones mediterráneas (MENSINK, 1965). Sin embargo, el techo queda bien definido, por el nivel inmediatamente superior.

2.1.2 **Hettangiense-Sinemuriense Medio. Nivel J^{0-2}_{11-12}**

En el corte de Préjano hemos medido en este nivel 45 m. de dolomías grises y algo rosáceas en bancos gruesos algo brechosos en la parte basal, calizas dolomíticas «rubanées», calizas algo oolíticas y, en la parte alta, calizas bien estratificadas con finas láminas de margas en las juntas. Estas calizas presentan secciones de fósiles.

Las muestras recogidas aquí han dado restos de crinoideos, ostreidos, ostrácodos y gasterópodos, además de:

Textularia sp.,
Ammobaculites sp.,
Atarophragmiidae y
Thaumothoporella parvovesiculifera,

que según J. RAMIREZ DEL POZO datan un Sinemuriense Inferior, aproximadamente en la mitad del tramo. Desgraciadamente las muestras de la base y techo han resultado azoicas y con fauna indeterminable, respectivamente.

2.1.3 **Sinemuriense Medio-Bajociense Medio. Nivel J^{3-2}_{12-22}**

En el corte realizado por nosotros en Préjano solamente hemos podido

coger los 20 m. basales de este nivel, quedando el resto recubierto discordantemente por la facies Weald. En el flanco norte de la Peña Isasa aflora el tramo completo, pero no hemos medido la potencia total. Según JEREZ y ESNAOLA (inéd.) el espesor del tramo varía entre 110 y 130 m.

Los 20 m. del corte de Préjano están formados por una alternancia de calizas grises algo arcillosas en bancos cada vez más finos hacia el techo y margas grises muy fosilíferas y algo piritosas.

El estudio micropaleontológico de este tramo ha dado:

Lingulina gr. pupa y
Lenticulina sp.,

así como restos de lamelibranquios, gasterópodos, crinoideos, ostrácodos y ostreidos, que datan un Sinemuriense Superior-Pliensbachiense.

En dos muestras de macropaleontología recogidas más al E. y dentro del mismo tramo cartográfico se han encontrado:

Muestra LV 101:

Dactylioceras cf. circumactum, DAGIS;
Dactylioceras cf. absimile;
Dactylioceras ernsti, LEHMANN;
Belemnites sp.
y moldes de Lamelibranquios.
— Toarciense Inferior.

Muestra LV 103:

Hildaites sp.;
Hildaites gr. levisoni, SIMPSON;
Hildoceras sublevisoni, FUCINI,
Hildoceras bifrons (BRUGIERE).
— Toarciense Inferior y Medio.

Este tramo alcanza su mayor proporción margosa precisamente en el Toarciense, volviéndose cada vez más calcáreo hacia el techo.

2.1.4 **Bajociense Superior-Bathoniense. Nivel J^{3-0}_{22-23}**

Este es un tramo que no está representado totalmente en la Hoja, formado básicamente por calizas arcillosas en la parte basal con juntas margosas, pasando en la parte alta a calizas masivas.

2.1.5 **Bathoniense-Calloviense. Nivel J_{23-24}**

Este nivel aparece en la Hoja exclusivamente en un punto, laminado entre dos fallas, de manera que es imposible saber el espesor del tramo.

Por lo visto en el afloramiento, los materiales son areniscas calcáreas y conglomerados de grano fino de cantos de cuarzo y cemento por lo general calcáreo.

2.1.6 **Malm-Valanginiense. Nivel** J_{P3}-C_{P12}

El Jurásico terminal y la base del Cretácico se presentan en facies variadas, depositados en medios continentales o restringidos, conocidos como facies Purbeck.

Los materiales de esta facies entran en contacto por falla con los del Jurásico marino en el corte de Préjano, donde podemos ver unos metros de alternancia de capas de areniscas calcáreas con algunos conglomerados en la parte más baja.

Hacia arriba se presentan también capas de calizas, margas y limolitas.

Según el estudio micropaleontológico de una muestra situada en la base del tramo, éste empieza en el Malm, habiéndose clasificado:

Pseudocyclammina lituus,
Trocholina sp. y
Ammobaculites sp.,

además de ostreidos, gasterópodos y restos de crinoideos.

En una muestra aislada cogida en la parte más alta del tramo, casi en el contacto con el nivel siguiente, la microfauna hallada ha sido:

Darwinula leguminella,
Fabanella polita polita,
Cypridea dunkeri y
Cypris cf. henfieldensis,

que J. RAMIREZ DEL POZO ha atribuido a un Berriasiense-Valanginiense.

BEUTHER, KNEUPER-HAACK y TISCHER (1966) diferenciaron lo que ellos llamaban «Wealdense» de esta zona en cinco grupos:

1. Grupo Tera,
2. Grupo Oncala,
3. Grupo Urbión,
4. Grupo Enciso y
5. Grupo Oliván,

y en cada uno de ellos hacían una serie de diferenciaciones litológicas a la vez que los atribuían al Jurásico, a excepción del último grupo, que es azoico, y que según dichos autores podía representar al Cretácico Inferior.

Posteriormente JEREZ y ESNAOLA siguen el mismo criterio en cuanto a las edades.

En la parte norte de la Sierra de Cameros, concretamente desde la zona de Clavijo hasta esta de Préjano, la posición de los tres primeros grupos es algo confusa, por esto JEREZ y ESNAOLA agruparon estos materiales en un tramo comprensivo de los tres primeros: Tera, Oncala y Urbión.

Sin embargo, ya hemos dicho que una muestra cogida en la parte alta de este tramo ha dado una edad Berriasiense-Valanginiense, y por estudios hechos en la vecina Hoja de Cervera del Río Alhama vemos que los niveles más bajos del grupo Urbión, representados por las capas de Cabretón, son ya Valanginiense-Hauteriviense, por lo que esto nos hace pensar que estos depósitos en cualquier caso no llegan a pertenecer al grupo Urbión.

De todas maneras esto no puede darse como una afirmación categórica, teniendo en cuenta que este tipo de sedimentos, por las características de su deposición, suelen presentar siempre un marcado carácter diácrono.

2.1.7 Hauteriviense-Barremiense. Nivel C_{W13-14}

Este tramo, con una litología muy típica, formada por una alternancia de margas grises oscuras, calizas en bancos finos, limolita, arcilla y areniscas delgadas, corresponde a una de las facies del grupo Enciso (TISCHER, 1966).

En la Hoja aparece solamente en la misma esquina suroccidental de la Hoja y, aunque no se observa perfectamente, parece estar dispuesto encima del nivel anterior en discordancia.

Aunque hemos cogido alguna muestra, especialmente de unas calizas lumaquélicas, con ostrácodos, gasterópodos y lamelibranquios, no se han podido datar claramente; sin embargo, en muestras recogidas en la vecina Hoja 25-11 las dataciones son Hauteriviense-Barremiense, edad que aplicamos aquí.

2.1.8 Albiense. Nivel C_{16}

Este nivel aflora entre el cabalgamiento del Jurásico y el Terciario Continental, unas veces en contacto mecánico con este último y otras recubierto por él en discordancia.

Litológicamente está formado por una sucesión de secuencias a veces incompletas, que empiezan por unas areniscas rojas de base erosiva, de forma lenticular, con estratificación cruzada y algo conglomeráticas en la base; siguen areniscas grises en bancos de poco espesor, menos compactas y con «mega-ripples» y «ripples». La parte superior consta de areniscas y limolitas grises, pasando a limos arcillosos y a arcillas oscuras con lechos de lignito de hasta 1 m. de espesor.

Cada una de estas secuencias no suele sobrepasar los 10 m. de potencia, por lo menos en esta zona.

Las muestras recogidas para micropaleontología no han dado ningún resultado, y atribuimos al Albiense el nivel, como se ha venido haciendo hasta ahora.

Muestras recogidas por nosotros en la vecina Hoja de Cervera del Río Alhama han datado un Cenomaniense, al igual que hicieran JEREZ y ESNAOLA, pero son niveles calcáreos más altos que los aquí reflejados.

2.2 TERCIARIO

Los materiales del Terciario Continental representados en esta Hoja tienen un gran interés desde el punto de vista de distribución de facies, dentro de la cubeta sedimentaria del Ebro. Se da la especial circunstancia de que en esta región y más al Sur, en la vecina Hoja de Cervera del Río Alhama (281), concretamente entre Arnedo, Turruncún, Villarroya y Grávalos, se distribuyen las facies marginales (conglomerados, areniscas, limos y arcillas) más antiguas del borde meridional de la Depresión del Ebro. Son inferiores al «nivel R», definido por RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966), de los «Yesos de Los Arcos» (Hoja de Viana, 171), y que dichos autores utilizan para separar al Oligoceno del Mioceno. Nosotros lo hemos tomado como separación del Chatiense-Aquitaniense Inferior del resto del Mioceno. Debido a la falta de argumentos paleontológicos, es imposible precisar más en lo que respecta a la edad.

El nivel que se ha considerado como «nivel R» aparece al norte de Arnedo, sigue el cierre periclinal noreste del abombamiento de Arnedo, y hacia el Sur se pierde, pasando lateralmente a conglomerados, areniscas y limos. Litológicamente se asemeja al de Los Arcos, que en la presente Hoja se extiende por el ángulo NE., y también por la posición estratigráfica es equivalente al mismo.

La serie terrígena referida del Oligoceno y base del Mioceno, se puede dividir, entre Arnedo y Villarroya (Hoja de Cervera del Río Alhama, 281), en dos subseries, por el hecho de presentarse separada entre sí por una discordancia angular visible únicamente al NE. del último pueblo. Así, deducimos que la subserie de Turruncún y Villarroya es más antigua que la de Arnedo (Formación Arnedo), y que la primera, que al menos en esta zona de la Hoja no aparece, es preorogénica.

Sin embargo, entre Préjano y Arnedo la serie, suavemente plegada, no presenta discordancia aparente. Por consiguiente, no sabemos si sólo está representada la subserie superior de Arnedo o, por el contrario, están representadas ambas en secuencia aparentemente continua, lo cual nos parece menos probable.

A la vista de lo expuesto, llegamos a la conclusión de que la subserie de Arnedo integrada, de arriba a abajo, por las unidades $Tc^{A\text{-}Ba}_{c33\text{-}11}$, $Tcg^{A\text{-}Ba}_{c33\text{-}11}$ y

T_{c33}^{A}, corresponde al Chatiense-Aquitaniense, y quizá, en parte, al Stampiense, y de que representa el paso lateral de las facies centrales evaporíticas, que constituyen la formación Lerín (T_{c33-11}^{A-Ba}) y la unidad T_{c32}^{A}. Ahora bien, los niveles superiores de la subserie de Arnedo, concretamente los que integran la Unidad Tc_{c33-11}^{A-Ba}, podrían pertenecer, por el contrario, al Aquitaniense-Burdigaliense. En ellos se ha encontrado el *Cypridopsis kinkelini*, LIENENKL., ostrácodo que hasta el momento definía esta edad. No obstante, el valor estratigráfico de los microorganismos de la Depresión del Ebro, como se ha demostrado en muchísimas ocasiones, es muy limitado. Dado que esta posibilidad se basa en un criterio muy poco consistente, optamos por la primera hipótesis.

Cabe señalar también el hecho de que esta zona, caracterizada por ser la única del borde meridional con sedimentos conglomeráticos claramente oligocenos, sea, por el contrario, la única que no presenta conglomerados marginales aquitano-vindobonienses, los cuales, sin embargo, se extienden a lo largo del borde, pasando a las facices rojas fluviolacustres de la Formación Alfaro (T_{c11}^{Ba-Bc}).

Por último, sobre el Mesozoico y las facies terrígenas del Terciario descansan en discordancia, indistintamente, unos conglomerados formados por gravas y bloques poligénicos envueltos en un cemento arenoso-limoso poco coherente. Antiguamente se atribuían al Cuaternario, pero se ha podido confirmar que son de edad miocena (Vindoboniense-Pontiense), tal como lo indicó RIBA (1955) anteriormente, basándose, a falta de argumentos paleontológicos, en consideraciones tectónicas y geomorfológicas.

2.2.1 **Stampiense**

2.2.1.1 *Unidad* T_{c32}^{A}

Aflora en el ángulo NE. de la Hoja, recubierta en gran parte por una terraza deformada del Ebro. Dado que la serie se encuentra incompleta, bastante replegada y afectada por numerosas fallas locales, es imposible realizar un corte significativo y calcular la potencia. No obstante, teniendo en cuenta estas dificultades y que la base no aparece, la potencia aparente es 350 m.

Fundamentalmente esta unidad está constituida por una sucesión de tramos yesíferos y arcillosos de espesor variable. En la vecina Hoja de Alfaro (244) se define, mediante un cambio de facies en los yesos, un tramo superior predominantemente arcilloso, mientras que el inferior continúa siendo básicamente yesífero. Ambos integran en dicha Hoja la Formación Cárcar.

Los bancos de yeso, de espesor variable, están constituidos por una

alternancia de finas pasadas, de alrededor de 1 cm., de yesos terrosos, yesos fibrosos y arcillas yesíferas, que confieren al conjunto una estructura hojosa característica. Presentan tonalidades grises y pardo-amarillentas. Esporádicamente esta rítmica secuencia queda interrumpida por alguna capa, de 10 a 40 cm., de yeso blanco alabastrino, con textura sacaroidea, generalmente replegada.

Con frecuencia se intercalan, entre los yesos, tramos de arcilla calcárea, de tonos rojizos, grises y pardo-amarillentos, con abundante yeso disperso y con finas hiladas de yeso fibroso rellenando grietas oblicuas a la estratificación. Además aparecen, entre las arcillas, más o menos espaciadas, delgadas capas de arenisca, más o menos calcárea, de caliza y de yeso. Las areniscas, a veces, representan depósitos de canal.

No existen evidencias paleontológicas, ya que todas las muestras recogidas son azoicas, pero por la posición estratigráfica puede atribuirse al Stampiense.

2.2.2 **Chatiense-Aquitaniense**

2.2.2.1 *Formación Lerín. Unidad* $T^{A\text{-}Ba}_{c33\text{-}11}$

Aflora, como la anterior, en el ángulo NE. de la Hoja. Coincide exactamente con la terminación periclinal del sinclinal de Lodosa (Hoja de Lodosa, 205), y vuelve a repetirse tanto al NE. como al SO de dicho accidente, en pequeños afloramientos aislados entre las terrazas del Ebro. Por la posición estratigráfica, la parte superior equivale aproximadamente al «nivel R» de RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966).

Dado que la serie se encuentra parcialmente cubierta, es imposible conocer con exactitud la potencia total; no obstante, le damos de una manera estimativa una potencia de unos 600 m.

Litológicamente es similar a la unidad anterior, es decir, está constituida básicamente por tramos yesíferos con niveles de arcillas interestratificadas, de espesor variable.

Los bancos de yeso están formados por una secuencia rítmica de finas capas, de alrededor de 1 cm., de yeso terroso, yeso fibroso y arcillas yesíferas, que dan al conjunto una estructura hojosa característica. De una forma espaciada se intercalan bancos de yeso blanco sacaroideo, de 10 a 40 cm. de espesor, con disyunción en bolos. También se asocian a los yesos finas capitas de calizas, de grano muy fino, pardo amarillentas, de marcado carácter lacustre. En ocasiones, sobre la superficie de los bancos se desarrolla una especie de costra en la que crecen unas eflorescencias yesíferas, que recuerdan a los agregados conocidos como «rosa del desierto».

Los niveles arcillosos tienen un espesor que, normalmente, es del orden de 1 a 10 m., pero en determinados lugares, como Lerín, Caparroso, etc.,

adquieren, por cambio de facies con los yesos, un gran desarrollo, pudiendo sobrepasar los 100 m.

Se caracterizan por presentar intercalaciones de capas, por lo general de 10 a 30 cm., de areniscas con óndulas de corriente, de calizas y de yesos. Las capas de arenisca, a veces, forman paleocanales de reducidas dimensiones.

Las muestras recogidas son azoicas, por eso tenemos que remitirnos a los resultados micropaleontológicos obtenidos en la Hoja de Lodosa (205), los cuales han dado la siguiente asociación:

Gyrogona cf. medicaginula, LAMARCK;
Chara cf. cylindrica, MADLER, y
Elkocythereis aff. bramletti,

que definen claramente la unidad como Chatiense-Aquitaniense.

2.2.2.2 *Formación Arnedo. Unidades* T^{A}_{c33}, Tcg^{A-Ba}_{c33-11} y Tc^{A-Ba}_{c33-11}

Los materiales de las unidades que integran la Formación Arnedo corresponden a las facies marginales oligocenas, en sentido lato, del borde meridional de la cubeta sedimentaria del Ebro. Representan el paso lateral de las facies centrales evaporíticas con episodios terrígenos que acabamos de describir.

Afloran en el ángulo SO. de la Hoja, constituyendo una estructura «domiforme» muy peculiar (JEREZ y ESNAOLA, inédito). Desde un punto de vista sedimentológico, se caracterizan por presentar notables cambios laterales de facies que implican grandes variaciones de potencia en las unidades referidas.

La Formación Arnedo litológicamente consiste en tres tramos bien definidos, que corresponden a las unidades, de abajo a arriba: T^{A}_{c33}, Tcg^{A-Ba}_{c33-11} y Tc^{A-Ba}_{c33-11}.

Unidad T^{A}_{c33}. La secuencia litológica está formada por una alternancia de conglomerados, areniscas y limos arcillosos, de color rojo ladrillo, en la que unas veces predominan los conglomerados y otras las areniscas. Los bancos tienen una potencia normalmente comprendida entre 5 y 3 m.

Frecuentemente las areniscas, con un cemento muy poco coherente, pasan lateralmente a conglomerados y viceversa. También las areniscas engloban cantos sueltos y pequeños lentejones de conglomerados, y, a su vez, los conglomerados presentan capas lenticulares de areniscas interestratificadas. No obstante, hay una tendencia a predominar los cantos más gruesos en un banco y los más finos en otros; por ese motivo la estratificación es clara, a pesar de la heterometría de los componentes de los bancos.

La fracción detrítica de los conglomerados y de las arcillas es fundamentalmente caliza, aunque a veces está formada por cantos y granos de cuarzarenitas y areniscas procedentes de la erosión de la serie Weáldica.

La potencia mínima de esta unidad, en la que la base no aparece, es de unos 1.000 m.

Es totalmente azoica y muy difícil de correlacionar. Probablemente sea Chatiense-Aquitaniense, aunque quizá baje hasta el Stampiense. Con los medios que poseemos es imposible precisar más la edad.

Unidad Tcg^{A-Ba}_{c33-11}. Predominan los conglomerados sobre las areniscas y los limos arcillosos rojos. La estratificación masiva sólo se ve interrumpida muy espaciadamente por algún lentejón de limos arcillosos rojos. Los conglomerados están constituidos por cantos de caliza, arenisca, cuarzo y cuarcita, muy heterométricos, de tamaño de arena a bloques de casi medio metro, poco rodados.

La potencia es variable, según el lugar donde se considere. En el perfil de Arnedo se han medido unos 200 m.; en el de Autol, alrededor de 350 m., y hacia el Sur la potencia aumenta considerablemente.

Es un tramo azoico, que por la posición estratigráfica puede atribuirse al Chatiense-Aquitaniense.

Unidad Tc^{A-Ba}_{c33-11}. Predominan, por lo general, los elementos finos, limos y arcillas, aunque localmente hay tramos en los que alternan conglomerados, areniscas y limos arcillosos rojos, con la misma disposición que los de la unidad de base (T^{A}_{c33})

Las arcillas y limos, de tonalidades rojizas y gris-blanquecinas, contienen frecuentes intercalaciones de areniscas rojas, a veces yesíferas, calizas arcillosas blanquecinas, en ocasiones con nódulos de sílex, calizas arenosas grises, yeso terroso y yeso blanco sacaroideo.

Las calizas arcillosas corresponden a micritas con un 10 por 100 de arcilla aproximadamente.

Las calizas arenosas se componen de granos de cuarzo (10-20 por 100), de feldespato (4-10 por 100) y micrita (60-75 por 100).

El espesor medio de los bancos es de 30 cm. La potencia total del tramo, en el perfil de Arnedo, es de 1.200 m., y en el de Autol, de unos 600 m.

Como ya se ha mencionado en el apartado de consideraciones generales sobre el Terciario, se ha encontrado en esta unidad la asociación constituida por *Candona praecox*, STRAUB, y *Cypridopsis kinkelini*, LIENENKL., la cual define el Aquitaniense-Burdigaliense. No obstante, al ser claramente inferior al nivel de «Yesos de Autol», nivel representativo del «nivel R», nos inclinamos a considerarla como Chatiense-Aquitaniense.

2.2.2.3 *Yesos de Autol. Unidad* T_{c11}^{Ea}

Los «Yesos de Autol» afloran al norte del pueblo que les da el nombre y siguen el cierre periclinal N. y NE. del abombamiento de Arnedo, en cuyos extremos cambia de facies con la unidad anteriormente considerada. Son, por la posición estratigráfica, aproximadamente equivalentes del «nivel R», o nivel de «Yesos de Los Arcos», que, a su vez, se extiende por el ángulo NE. de la Hoja (Formación Lerín). RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966) lo propusieron para separar el Oligoceno del Mioceno. Nosotros lo utilizamos para separar el Chatiense-Aquitaniense del resto del Mioceno.

Aunque es imposible hacer una correlación exhaustiva de estos yesos con los yesos del «nivel R», dada la estructura geológica de la zona, puede estimarse que si ambos niveles no son exactamente equivalentes, el error de correlación no sería exagerado.

Esta unidad es bastante similar a la Formación Lerín. Presenta bancos de yeso terroso con la típica estructura hojosa que caracteriza los yesos de la Depresión del Ebro, alternando con arcillas limosas rojizas, con abundante yeso disperso. Entre los yesos terrosos se intercala algún banco de más espesor, de yeso blanco sacaroideo, a veces con nódulos de sílex.

La potencia máxima, calculada a partir del perfil de Autol, es de alrededor de 100 m.

En una de las muestras recogidas aparece la *chara cf. tornata,* MADLER, representativa del Chatiense-Aquitaniense, lo cual apoya nuestro punto de vista respecto a la posición estratigráfica.

2.2.3 Aquitaniense-Vindoboniense

2.2.3.1 *Formación Alfaro. Unidad* T_{c11}^{Ba-Bc}

Esta unidad, que se extiende de NO. a SE. ocupando una gran parte de la Hoja, es esencialmente arcilloso-limosa, de tonos rojizos. Presenta esporádicamente capas, por lo general de 10 a 30 cm., de areniscas, unas veces de grano fino y con abundante yeso en el cemento, y otras, algo más potentes, de grano medio y cemento poco coherente, que también contienen yeso. Estos representan depósitos de canal. En la base se intercala también algún banco de yeso blanco sacaroideo.

Hay que destacar la gran abundancia de yeso disperso en las arcillas, así como de yeso fibroso en finas hiladas interestratificadas o rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

La potencia mínima calculada en este tramo, ya que la total no se puede conocer por no estar representado el techo, es de alrededor de 300 m.

A la vista de los resultados micropaleontológicos, a pesar de que hay

una fuerte resedimentación y teniendo en cuenta la posición estratigráfica, podemos asegurar que esta unidad representa el Aquitaniense-Burdigaliense.

En las muestras recogidas aparece el *Cypridopsis kinkelini*, LIENENKL, que define esta edad. Posiblemente este tramo llegue hasta el Vindoboniense.

2.2.4 **Pontiense**

2.2.4.1 *Unidad* T_{c12}^{Bc}

Esta unidad está separada del Mesozoico y de las facies terrígenas del Terciario por una discordancia angular muy tenue, no observándose más que un suave contraste morfológico entre las capas inferiores y superiores, que se manifiesta solamente a cierta distancia.

Litológicamente consiste en un tramo de conglomerados, constituidos por gravas y bloques muy heterométricos y poco rodados, formados de cuarcitas y pizarras paleozoicas, y de calizas y de areniscas mesozoicas. Los cantos están unidos por un cemento arenoso-limoso poco coherente, y se presentan de una forma más o menos caótica.

Dichos conglomerados antiguamente eran considerados como depósitos cuaternarios de diferentes tipos, tales como morrenas glaciares, depósitos de ladera, terrazas y conos de deyección. Posteriormente se ha comprobado que esto no es posible y que, por consiguiente, dichos depósitos no pertenecen al Cuaternario. Así, pues, RIBA (1955), en una nota sobre la edad de los conglomerados, atribuye a los mismos una edad Vindoboniense-Pontiense, basándose en una serie de consideraciones tectónicas y geomorfológicas.

Nuestra opinión al respecto es que están en discordancia sobre los conglomerados marginales aquitano-vindobonienses, y que pueden ser equivalentes en edad a las calizas de algas de La Muela de Borja (Hoja de Tarazona de Aragón, 320), que se han datado como Pontiense.

2.3 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios están ampliamente representados en esta Hoja. Los hay de varios tipos. Unos son de origen fluvial y forman las terrazas de los ríos Ebro y Cidacos, constituidas por una acumulación de cantos de procedencia longitudinal; otros, de origen lateral, que dan lugar a los glacis; otros, relacionados con la terraza inferior actual o llanura de inundación del Ebro, depositados por el Cidacos y por los pequeños arroyos que drenan los valles, y que han sido considerados como fondo aluvial o relleno de valle; otros de menor importancia, como son los «derrubios de ladera» o los «conos de deyección».

En ocasiones resulta imposible la diferenciación de estos depósitos cua-

ternarios, por lo que se ha creído conveniente darles como Cuaternario indiferenciado.

Sólo se han podido separar, con el actual, tres niveles de terrazas, cuyas altitudes relativas son de 0,5 m., 10/20 m. y 10/30 m. No dudamos de que, entre el primero y el segundo exista otro cuya altitud sea de 5/10 m., pero, por no poder separarlo del resto de los depósitos, lo hemos dado como Cuaternario indiferenciado. Quizá exista otro, por la margen derecha, encima del último, del más antiguo de los tres, pero tampoco ha sido posible cartografiarlo, por lo que se ha dado como el anterior. Sin embargo, por la margen izquierda el nivel más antiguo es el de la «terraza deformada».

Siguiendo el mismo punto de partida que en la Hoja de Lodosa (205), situada al norte de ésta, los niveles con altitud de 10/20 m. y 10/30 m. se han considerado como «terrazas medias», y el nivel de 0/5 m. como «terrazas bajas». Estas terrazas se encuentran también sobre el río Cidacos. Nos hemos limitado a cartografiarlas como la misma unidad, sin diferenciar más nivel que el del lecho mayor o llanura aluvial. Dada la falta de argumentos paleontológicos, se han datado las terrazas de una forma convencional. Las «terrazas medias» se han incluido en el Pleistoceno y las «terrazas bajas» en el Holoceno.

2.3.1 **Pleistoceno**

2.3.1.1 *Terrazas medias. Niveles* Q_1^{T1-T2} y Q_1^{T1}

Se encuentran a una altura sobre el nivel actual del río Ebro de 10/30 m. y de 10/20 m. En realidad, la primera es comprensiva de dos niveles: uno, el que ya conocemos de 10/20 m., y otro, superior, de 20/30 m., imposibles de diferenciar en esta zona, cosa que no ocurre en la vecina Hoja de Lodosa.

El nivel Q_1^{T1} (10/20 m.), que se desarrolla en la margen derecha del Ebro, sobre los yesos de la Formación Lerín, parece que está ligeramente deformado.

Litológicamente constan de gravas, con cantos formados esencialmente de calizas secundarias y eocenas, y de cuarcitas y de areniscas permotriásicas, unidas por un cemento poco coherente. En algunas zonas se intercalan lentejones de arenas blanco-amarillentas con cantos englobados, así como lechos arenosos ricos en materia orgánica y niveles de caliche.

Morfológicamente son terrazas colgadas o suspendidas.

2.3.1.2 *Terrazas suspendidas del río Cidacos.* Q_1^{T}

Corresponden a las terrazas medias descritas en el apartado anterior.

Las terrazas desarrolladas en la margen derecha del Cidacos, cuando este río sigue una dirección E.-O., están por lo general relacionadas con

glacis, con los cuales forman una misma unidad morfológica. Se han separado de una manera aproximada.

2.3.1.3 *Terrazas deformadas.* Q_1^{Td}

Han sido ampliamente tratadas por SOLE SABARIS (1953), RIBA y BOMER (1957), RIBA (1964), BOMER y RIBA (1965), por eso poco queda por añadir al estudio realizado por dichos autores.

Ocupan el ángulo NE. de la Hoja, en la margen izquierda del Ebro. Tienen una gran extensión y descansan sobre yesos. Las terrazas de la margen derecha al este de Calahorra están también ligeramente deformadas. Las primeras, las que se han cartografiado como terrazas deformadas, son las más altas de la zona, con un nivel de 110/120 m. sobre el cauce del río.

Las deformaciones son producidas por las migraciones ascendentes de los yesos.

2.3.2 **Holoceno**

2.3.2.1 *Terrazas bajas. Nivel* Q_2^{Al}

El río Ebro presenta, en las terrazas bajas a lo largo de su recorrido, dos niveles. Uno, el que corresponde a la terraza de inundación actual o llanura aluvial Q_2^{Al}, con una altitud de 0,5 m., y otro superior, con una altitud de 5/10 m., que no hemos podido separar de otros depósitos cuaternarios, y que, por lo tanto, se ha dado como Cuaternario indiferenciado. Morfológicamente las correspondientes terrazas se presentan encajadas.

Hemos relacionado con la llanura aluvial del Ebro y del Cidacos el fondo aluvial o relleno de valle depositado por los pequeños arroyos que drenan la zona. Tiene poco espesor, máximo de 5 m., y se compone básicamente de arcillas y de limos, que engloban cantos.

La secuencia litológica de estas terrazas se compone de un tramo inferior de gravas, con cantos de caliza, arenisca y cuarcita, poco trabados, en el que se observa algún lentejón de arenas, y un tramo superior de arcillas y limos, esencialmente.

El curso actual del Ebro tiene una gran actividad, que se pone de manifiesto evolucionando de forma rápida, como se refleja en la gran cantidad de meandros abandonados sobre la llanura aluvial.

La llanura aluvial del Cidacos, por la que discurre el río describiendo un trazado rectilíneo y anastomosado, por el contrario, está recubierta por una gran cantidad de cantos rodados, totalmente sueltos.

2.3.2.2 *Cono de deyección.* Q_2^{cd}

Se trata de un pequeño cono de deyección que se extiende, al SO. de Calahorra, sobre la terraza del Cidacos. Este depósito está constituido por arcillas y limos, que provienen de zonas muy próximas, fácilmente derrubiables.

2.3.3 **Pleistoceno-Holoceno**

2.3.3.1 *Glacis.* Q_{1-2}^{G}

El gran esparcimiento que tienen los glacis por toda la Hoja se debe a la facilidad de los materiales, sobre los que se asientan, a ser erosionados y a la presencia de conglomerados oligo-miocenos, muy frágiles, que suministran los aportes. Estos procesos vienen condicionados por la acción de un clima árido que facilitara la denudación de los materiales.

Como ya se ha indicado, los glacis que recubren la estructura abombada de Arnedo, al sur del Cidacos, por lo general, enlazan con las terrazas de dicho río, formando una misma unidad morfológica muy difícil de separar.

Están formados básicamente por cantos de caliza y arenisca, muy heterométricos, subangulosos, los cuales están unidos por un cemento arcilloso calcáreo poco coherente, por lo que los cantos se encuentran bastante sueltos.

2.3.3.2 *Derrubios de ladera.* Q_{1-2}^{L}

Se extienden al sur de Préjano, formando una serie de abanicos muy desarrollados al pie de la alineación montañosa jurásica, a cuyas expensas se han originado. Por tanto, hay un predominio de cantos y bloques calizos.

2.3.3.3 *Cuaternario indiferenciado.* Q_{1-2}

Comprende, en su mayor parte, las terrazas bajas y medias del Ebro y del Cidacos, con niveles de altitud de 5/10 m., 10,20 m. y 10/30 m. Quizá esté representado también el nivel de terraza inmediatamente superior de altitud 60/70 m., que correspondería al recubrimiento cuaternario sobre el que se asienta una parte de la ciudad de Calahorra.

Estos depósitos cuaternarios enlazan, sin solución de continuidad, con glacis, formando un mismo conjunto morfológico.

3 TECTONICA

Por la situación de la Hoja, podemos dividir este apartado en dos partes. Una sobre la tectónica que afecta al borde de la cuenca, en la que entran en contacto los materiales mesozoicos con los del Terciario Continental, y otra sobre la que afecta exclusivamente a estos últimos, que acupan casi la totalidad de la superficie de la Hoja.

3.1 TECTONICA DEL BORDE MERIDIONAL DE LA DEPRESION DEL EBRO

Es difícil hablar de la Tectónica de un accidente que se prolonga al noroeste y sureste de los afloramientos estudiados por espacio de muchos kilómetros, y es por esto que nos limitaremos aquí a describir someramente la estructura que en el marco de la Hoja estudiada se puede ver.

El contacto entre los materiales mesozoicos de la Sierra de Cameros y los del Terciario Continental de la Cuenca del Ebro se efectúa mediante un cabalgamiento hacia el Norte, de los sedimentos más antiguos sobre los más modernos.

En efecto, las facies terrígenas de la Formación Arnedo son cabalgadas, en las inmediaciones de Préjano, por una cuña Albiense, a su vez cabalgada por el Jurásico marino.

Al norte de la Peña Isasa este contacto queda cicatrizado por los conglomerados discordantes fini-miocenos (Pontienses?), impidiendo de ese modo su visión.

El cabalgamiento del Jurásico sobre el Albiense, visible muy claramente en el camino de Vadillo, es más tendido que el del Albiense sobre el Terciario.

Aparte de este accidente general, más o menos continuo a lo largo del borde meridional de la Depresión, se observa un sistema principal de fallas de desgarre, de carácter local, en dirección predominante NO.-SE., que compartimenta el Mesozoico, ponen en contacto en algún punto la serie Weáldica con el Jurásico y desplaza el cabalgamiento de este último sobre el Albiense.

3.2 ESTRUCTURAS PRESENTES EN EL TERCIARIO CONTINENTAL

Aparte de los clásicos pliegues de origen halocinético, con ejes arrumbados de ONO. a ESE., se observa, al SO. de la Hoja una compleja estructura abombada, que afecta a los materiales de la Formación Arnedo y a los «Yesos de Autol». A dicha estructura, JEREZ y ESNAOLA (inédito) la califi-

caron como «estructura domiforme», denominación muy significativa, por lo mucho que se ajusta a la realidad.

Los sedimentos terciarios, que responden a los movimientos halocinéticos formando pliegues, son los yesos centrales de cubeta (Formación Lerín y Unidad T^{A}_{c32}) y las facies detríticas rojas miocenas (Formación Alfaro). Dichos movimientos se ponen de manifiesto en el Aquitaniense, y continúan hasta el Vindoboniense, o mejor dicho, hasta nuestros días, como se refleja en las terrazas deformadas del Ebro.

En la presente Hoja, las estructuras de tipo pliegue que aparecen en el ángulo NE., afectando a los yesos oligo-miocenos e incluso al Cuaternario, forman parte de las mencionadas en el párrafo anterior. Igualmente, la Formación Alfaro se dispone en amplio y suave sinclinal relacionado con los movimientos migratorios de las sales que, en parte, forman el sustrato.

La estructura «domiforme», que afecta a la Formación Arnedo y a los «Yesos de Autol», puede definirse como un cierre periclinal de un anticlinal cuyos flancos están formados por las unidades superiores, básicamente conglomeráticas, y arcilloso-limosas, de la Formación Arnedo, así como por los «Yesos de Autol».

El núcleo, constituido por los materiales detríticos de la unidad inferior de la Formación referida, estaría cortado por el borde mesozoico en la zona más suroccidental, y presentaría, a su vez, una serie de pequeños pliegues paralelos de dirección ONO.-ESE. Estos pliegues se suceden desde el N. de Préjano hasta el NE. de Arnedo.

Por último, cabe señalar, entre las estructuras del Terciario, una falla de desgarre de dirección NNO.-SSE. que, junto a Quel, pone en contacto las areniscas y limos rojos, bien estratificados, de la unidad inferior (T^{A}_{c33}) con los conglomerados masivos de la unidad media (Tcg^{A-Ba}_{c33-11}), ambas pertenecientes a la Formación Arnedo.

4 HISTORIA GEOLOGICA

Durante el Rhetiense-Hettangiense empezó un proceso transgresivo que duraría hasta el Bajociense Medio. La sedimentación se efectúa en una cuenca marina de aguas someras con alta energía y deposición en algunos puntos de calizas oolíticas.

La transgresión llegó al máximo en el tramo comprendido entre el Sinemuriense Superior y el Bajociense, con un hundimiento progresivo de la cubeta sedimentaria y formación de margas, margocalizas y calizas en bancos.

Durante el Bajociense Superior se depositan calizas masivas en un mar poco profundo, y ya en el Bathoniense se inicia una fuerte regresión.

La elevación de la Meseta Castellana aporta una serie de materiales terrígenos, que van cambiando el tipo de sedimentación.

El progresivo levantamiento de la Meseta crea un sistema fluvial que corre hacia el Noreste y que empieza a formar la gran cuenca deltaica wealdense, en el Calloviense.

Hacia el Norte, el paso de las facies marinas a las restringidas se va produciendo cada vez más alto, de manera que el Jurásico marino tiene sus estratos más modernos en la parte norte.

Describir la paleogeografía del Weald basándonos en los afloramientos de esta Hoja es totalmente absurdo, por lo cual solamente vamos a dar alguna indicación de los materiales aquí representados.

Hay una primera etapa de sedimentación muy terrígena, con formación de conglomerados y cuarzarenitas alternando con limolitas, típica de ambiente fluvial, pero hacia arriba va pasando a facies de ambiente lagunar representadas por calizas oscuras algo arenosas.

En discordancia sobre estos depósitos se disponen los materiales del grupo Enciso, formados por una alternancia de capas de caliza, margas, areniscas y limolitas típica de un ambiente reductor de aguas salobres de transición marino-continental, como así lo indica además la fauna y la presencia de cristales de pirita.

Durante el Albiense se produjo la sedimentación de la Formación Utrillas. Al hablar aquí de la Formación Utrillas, como lo han hecho anteriormente diversos autores, queremos dejar constancia que J. RAMIREZ DEL POZO y M. AGUILAR (1969), AGUILAR (1971) y AGUILAR et al. (1971), indicaron que sería conveniente reservar el nombre de Formación Utrillas para los sedimentos arenosos arkósicos y no extenderlo a los otros depósitos de ambientes más o menos restringidos del Aptiense-Albiense.

Los depósitos que tenemos aquí representados forman una serie de secuencias de tamaño de grano decreciente hacia arriba, o ciclotemas positivos, que cuando están completos tienen cuatro términos:

a. Areniscas rojas lenticulares de base erosiva con estratificación cruzada algo conglomerática en la base.
b. Areniscas grisáceas en bancos poco potentes con ripples y megaripples.
c. Areniscas finas y limolitas grises pasando hacia arriba a limos arcillosos.
d. Arcillas oscuras con presencia de lechos de lignito.

Estas secuencias son muy similares a las descritas por J. RAMIREZ DEL POZO y M. J. AGUILAR en Nograro (Alava) (1969) y deben representar una sedimentación en zona continental costera de influencia fluvial en la base y lagunar en el techo. La repetición de las distintas secuencias se puede

dar como consecuencia, tanto de la subsidencia de la cuenca como de la divagación y cambio de sitio de los distintos cauces fluviales.

En el Cretácico Superior se produjo en la Cuenca Alavesa una transgresión seguida de una regresión, mientras que las regiones de Cameros y la Demanda, y posiblemente también la parte meridional del actual Valle del Ebro, permanecieron emergidas.

Durante el Paleoceno y Eoceno tampoco se tiene referencia de sedimentos marinos en esta región. Parece ser que durante el Eoceno o más probablemente en el Oligoceno Inferior se acentúa más la emersión de las regiones de Cameros y de La Demanda, lo cual condiciona la formación de los conglomerados de la subserie de Turruncún y Villarroya. Mientras tanto, en el centro tiene lugar una sedimentación predominantemente evaporítica (Unidad T^{A}_{c32}).

En el Oligoceno Superior tiene lugar la fase principal de la orogénesis alpina, en la cual se forma un sistema de fallas maestras, que facilitan el rápido levantamiento del zócalo de La Demanda y de Cameros. Los movimientos del zócalo se transmiten a la cobertera, que reacciona, según su espesor y su litología, mediante cabalgamientos y fallas de desgarre, como las que se observan en la zona objeto del estudio, y que ya han sido tratadas en el correspondiente apartado de tectónica.

Después de la primera fase de la orogenia alpina, y durante parte del Aquitaniense (Mioceno Inferior), el Valle del Ebro constituía una gran fosa tectónica, en cuyo centro se fueron depositando importantes espesores de yesos en régimen lacustre salino (Formación Lerín), con intercalaciones de episodios terrígenos de procedencia sur y con una clara influencia fluvial.

En el sur de la fosa tectónica seguían depositándose conglomerados, areniscas, limos y arcillas (Formación Arnedo), con un episodio evaporítico en la parte alta correspondiente a los «Yesos de Autol». Estas facies terrígenas se depositaron discordantes unas veces sobre el Jurásico plegado y otras sobre los conglomerados del Terciario preorogénico, igualmente plegados.

En el Aquitaniense se originó una serie de movimientos del substrato, de tipo pliegue o falla, que se transmiten a la cobertera terciaria, la cual responde con la formación de un abombamiento periclinal con una serie de pequeños pliegues en su interior. A su vez, esos movimientos del substrato, unidos a la gran carga litostática que se va acumulando en las áreas de sedimentación miocenas (Formación Alfaro), condicionan el proceso halocinético, el cual determina la formación del resto de los pliegues, que observamos en la Hoja.

Al final del Mioceno, la enorme carga litostática de estas depresiones internas provoca la reanudación del juego de las fallas maestras y, como

consecuencia, la formación, en la mayoría de los casos, de los cabalgamientos de La Demanda y Cameros.

Por último, viene la cicatrización de este accidente por los conglomerados discordantes del Pontiense.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

Antiguamente se explotaban los lechos, generalmente lentejones bastante persistentes, de lignitos interestratificados en las facies detríticas de elementos finos del Albiense. La mayor parte de los estratos de lignito presentan considerables variaciones de espesor, aunque normalmente no sobrepasan 1 m.; las venas de carbón presentan rasgos estructurales de las rocas sedimentarias.

El lignito, en las proximidades de las fallas, experimenta, mediante un proceso normal de metamorfismo, un enriquecimiento en carbono, lo cual implica una pérdida de agua, oxígeno e hidrógeno.

En cuanto a explotaciones a cielo abierto, poco se puede añadir. Unicamente se explota, en las inmediaciones de Calahorra, alguna gravera correspondiente a las terrazas del Ebro o bien a los glacis.

Por último, cabe señalar que las arcillas rojas de la Formación Alfaro tienen calidad suficiente como para ser utilizadas en la industria de la cerámica.

5.2 HIDROGEOLOGIA

La llanura aluvial o terraza de inundación del Ebro y la terraza inmediatamente superior (5/10 m.), que ha sido dada como Cuaternario indiferenciado, son las que más interés tienen, desde un punto de vista hidrogeológico. Se caracterizan por constituir un mismo acuífero, hecho bastante normal en este tipo de terrazas, que, como ya dijimos, son encajadas. El espesor aproximado es de alrededor de 20 m. En ellas se sitúan todos los pozos de la región.

Para pequeños abastecimientos locales conviene tener en cuenta también el resto de depósitos cuaternarios.

Como zona de interés hidrogeológico en el Terciario Continental, cabe destacar las facies detríticas de la Formación Arnedo, especialmente las areniscas, las cuales presentan buenas condiciones de permeabilidad.

Asimismo, los conglomerados fini-miocenos discordantes, formados por gravas y grandes bloques, con un cemento arenoso-limoso incoherente, pueden considerarse como francamente permeables.

6 BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, M. (1971).—«Consideraciones generales sobre la sedimentación y paleogeografía del Albense de la Cuenca Cantábrica». *Est. Geol.*, V. XXVII, pp. 325-334, agosto 1971. Instituto «Lucas Mallada», C. S. I. C. (España).

AGUILAR, M.; RAMIREZ DEL POZO, J., y RIBA, O. (1971).—«Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico Inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel)». *Est. Geol.*, V. XXVII, pp. 497-512, diciembre 1971. Instituto «Lucas Mallada», C. S. I. C. (España).

ALASTRUE, E. (1958).—«Nota sobre la estratigrafía de Las Bárdenas en su extremo meridional». *N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 50, fasc. 2, Madrid.

ALVARADO, M.; COMBA, J.; OCHOA, J., y RIOS, J. M. (1960).—«Memoria explicativa de la Hoja 204, Logroño». *I. G. M. E.*, 48 págs. 18 figs.

ALLEN, J. R. L. (1965).—«The sedimentation and Paleogeography of the Old Red Sandstone of Anglesey, North-Wales». *Procedings of the Yorkshire Geological Society*, 35 (8), pp. 139-185.

BEROIZ, C. (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 244, Alfaro, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Documentación interna. Pamplona (Inédita).

— (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 282, Tudela, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona (Inédita).

BEUTHER, A.; KNEUPER-HAACK, F.; MENSINK, H., y TISCHER, G. (1966).—«El Jurásico y el Wealdense en el NE. de España». *Instituto Federal de Investigaciones Geológicas y Servicios Geológicos Regionales de la República Federal Alemana.*

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 publ. del I Coloquio Intern. sobre las obras públicas en terrenos yesíferos.* Madrid.

CARBAYO, A.; CASTIELLA, J., y SOLE, J. (1974 a).—«Memoria explicativa de la Hoja 172, Allo, escala 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra.* (Inédita.)

— (1974 b).—«Memoria explicativa de la Hoja 171, Viana, del Mapa de Navarra a escala 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra.* Pamplona. (Inédita.)

CRUSAFONT-PAIRO, M., y GOLPE-POSSE, J. M. (1974).—«Nuevos yacimien-

tos del Terciario Continental del NE. de España». *Acta Geol. Hisp.*, tomo IX, núm. 3, pp. 81-83.

CRUSAFONT-PAIRO, M.; TRUYOLS SANTONJA, J., y RIBA ARDERIU, O. (1966).—«Contribución al estudio de la estratigrafía del Terciario Continental de Navarra y Rioja». *N. y C. del I. G. M. E.*, 90, pp. 53-76.

DEPAPE, G. (1953).—«Sur une flore wealdienne d'Espagne». *C. R. Acad. Sci.*, 236, pp. 732-734, París.

FALLOT, P. (1931).—«Note préliminaire sur le Crétacé de la région de Soria». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 31, 7, 1-7, Barcelona.

— (1934).—«Sur les connexions de la chaîne ibérique». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 33, 8-9, pp. 382-387, Barcelona.

FLORISTAN SAMANES, A. (1951).—«La Ribera Tudelana de Navarra». *Diputación Foral de Navarra e Inst. J. S. Elcano, C. S. I. C.*, 316 págs., 40 figs., 63 láms., 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 Bárdenas Reales. Rasgos fisiográficos y geológicos». *Rev. «Príncipe de Viana»*, año 10, núm. 37, pp. 472-440, 9 láms., fig. 3.

JEREZ, L., y ESNAOLA, J.—«Memoria explicativa al Mapa geológico de la provincia de Logroño». *I. G. M. E.* (Inédito.)

MALDONADO, A. (1971).—«Memoria explicativa de la Hoja 283, Fustiñana, del Mapa 1:25.000». *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. N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 4, pp. 140-142.

MENSUA, S. (1960).—«La Navarra Media oriental. Estudio Geológico». *Instituto «Príncipe de Viana»*, Dep. Geol. Aplic., Zaragoza, Serv. Reg. 8, 186 páginas, 40 figs., 25 láms.

PALACIOS, P., y SANCHEZ LOZANO (1885).—«La Formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, 12, pp. 109-140, Madrid, 1885.

PANZER, W. (1948).—«El desarrollo de los valles y el clima de la época cuaternaria en el NE. de España (1926)». *Trad. Esp. de C. V. en Est. Geogr.*, núm. 30, pp. 79-130, Madrid.

PUIGDEFABREGAS, C. (1971).—«Memoria explicativa de la Hoja 206, Peralta, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra.* Pamplona (inédita).

— (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 173, Tafalla, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra.* Pamplona (Inédita.)

— (1973).—«Miocene point-bar deposits in the Ebro Bassin. Northern Spain». *Sedimentology*, V. 20, núm. 1, pp. 133-144.

— (1975).—«La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca». Tesis leída en la Facultad de Ciencias de Barcelona. (Próx. publicación en Pirineos).

RAT, P. (1959).—«Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne)». Thèse Fac. Sc. Dijon, 525 págs., Dijon.

RAMIREZ DEL POZO, J. (1971).—«Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del norte de España (Región Cantábrica)». *Mem. del I. G. M. E.*, t. 78, Madrid.

RAMIREZ DEL POZO, J., y AGUILAR, M. (1969).—«Ciclotemas en el Aptense Superior y Albense Inferior de Nograro (Alava)». *Acta Geol. Hisp.*, t. IV, núm. 5, pp. 113-118. Instituto Nacional de Geología, C. S. I. C. (España).

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, fig. 1, 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 Navarra et la Rioja Baja». *Livr. Guide Ex. núm. 3, Villafranchien de Villarroya. INQUA, Congr. Int. Madrid-Barcelona*, pp. 7-10, map. 1, fig. 1, Barcelona.

RIBA, O., y LLAMAS, M. (1962).—«Libro-guía del viaje de estudios núm. 3, Canal de Lodosa-Presa de Alloz». *I Coloquio Internacional sobre Obras Públicas en terrenos yesíferos. R. S. E. Hist. Nat.*, p. 335, Madrid.

RIBA, O., y PEREZ-MATEOS, Josefina (1962).—«Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde N. de la cuenca terciaria del Ebro». *II Reunión de Sedimentología, Sevilla, 1961. C. S. I. C. Inst. de Edafología*, Madrid, pp. 201-222.

ROJAS, B. J. de; LATORRE, F., y FERNANDEZ-VARGAS, E. A. (1971).—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos mesoalpinos en las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca». *Congreso de Geol. Económica Hispano-Luso-Americano.* Madrid.

RUIZ DE GAONA, M.; VILLALTA COMELLA, y CRUSAFONT-PAIRO, M. (1946). «El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)». *N. y C. del I. G. M. E.*, núm. 16, pp. 159-182, Madrid.

SANCHEZ LOZANO (1894).—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño». *Mem. Map. Geol. España*, 18, pp. 548, Madrid, 1894.

SOLE SABARIS, L. (1953).—«Terrazas cuaternarias deformadas en la cuenca del Ebro». *Mem. R. Acad. Ciencias Art. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-258, 2 figs.

— (1954).—«Sobre la estratigrafía de Las Bárdenas 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 a).—«Formación de Mues: Litofacies y procesos sedimentarios». Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona (inédita).

— (1972 b).—«Memoria explicativa de la Hoja 207, Sos del Rey Católico, del Mapa 1:25.000». *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 244, Alfaro». *I. G. M. E.,* 22 págs., 12 figs.

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA