



IGME

204

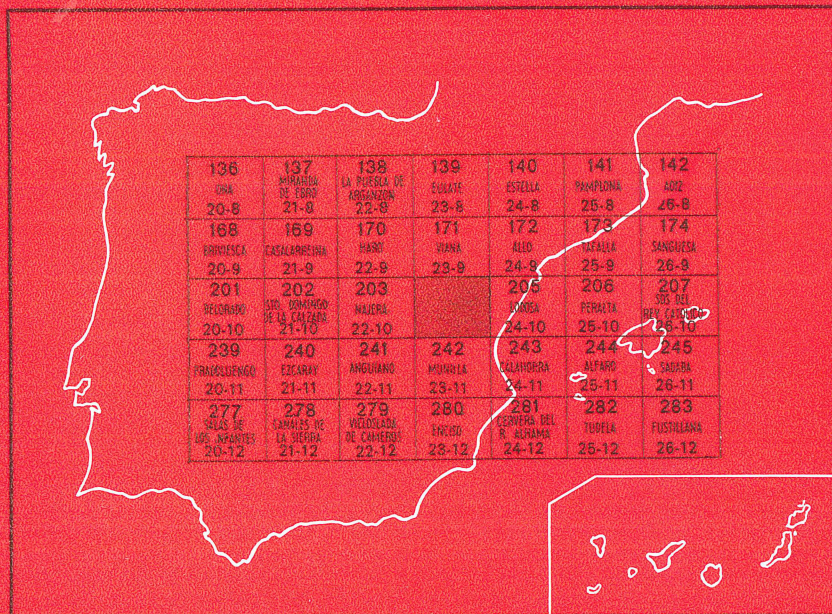
23-10

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

LOGROÑO

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E: 1:50.000

LOGROÑO

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, habiendo intervenido en las mismas los siguientes técnicos superiores: Javier Castiella Muruzábal, Licenciado en Ciencias Geológicas. 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 por 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-39.622-1976

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

1 INTRODUCCION

La Hoja de Logroño está enclavada, en su mayor parte, en la provincia que le da el nombre, comprendiendo por el N., hasta la margen izquierda del río Ebro, las provincias de Alava y Navarra, excepto un entrante al norte de la ciudad de Logroño.

Corresponde al borde sur de la Depresión del Ebro. Los materiales que la constituyen son de origen continental, y sus edades oscilan entre el Oligoceno terminal y Mioceno, si exceptuamos al Sur una zona perteneciente a la Cordillera Ibérica, integrada por materiales diapíricos del Keuper y por retazos del Infralías y del Wealdico en sentido lato («facies Purbeck»).

Entre los depósitos del Terciario Continental destacan, en el Oligo-Mioceno, los yesos y las arcillas, que pasan lateralmente a facies más marginales, básicamente arcillosas, con intercalaciones calcáreas, y, en el Mioceno, arcillas rojas y areniscas subordinadas que, hacia el Sur, pasan a conglomerados de borde. Dentro de estas facies típicamente lacustres conviene señalar la presencia de un episodio evaporítico.

Desde el punto de vista estructural, esta región está afectada por pliegues muy abiertos, por lo que generalmente las capas presentan un buzamiento muy suave. Las relaciones del Terciario del valle del Ebro con las alineaciones montañosas de la Cordillera Ibérica (Sierra de Cameros), son unas veces mediante falla, vertical o inversa, y otras mediante una discordancia neta.

2 ESTRATIGRAFIA

2.1 SECUNDARIO

2.1.1 Keuper (T_{G31-32})

El Keuper se presenta en esta Hoja con las facies características de todo el N. de España; es decir, en facies germánica, y, como tal, está constituido por yesos y arcillas «abigarradas», generalmente de vivos colores, rojizos, violáceos y verdosos. Los yesos, con textura fibrosa y sacaroidea, son de color rojo y gris oscuro.

Dado su carácter diapírico, no hay afloramientos que permitan establecer un corte completo, ni un cálculo de potencia.

Posiblemente existan bloques de dolomía dentro de la serie del Keuper, pero al no presentar ninguna evidencia paleontológica, los hemos considerado como retazos procedentes del Infralías, arrastrados por el Keuper.

2.1.2 Rhetiense-Hettanglense (Infralías) (T_{A33}-J₁₁)

Atribuimos a esta edad, de una forma totalmente arbitraria, las inclusiones alóctonas ya mencionadas, que se observan con mucha frecuencia entre los materiales diapíricos del Keuper. Se encuentran formando grandes bloques aislados, irregularmente distribuidos, que, por lo general, destacan en el relieve por efecto de la erosión diferencial.

Los materiales que integran estos retazos infralíasicos son los siguientes:

Calizas dolomíticas celulares («carníolas») de color amarillo pardo. A veces, se aprecian grandes cristales de dolomía y calcita entre una matriz sericitica-caolinítica. Contienen también óxidos de hierro.

Calizas y dolomías puras y compactas, y calizas algo dolomíticas grises, bastante bien estratificadas, que quizá puedan pertenecer ya al Sinemuense Inferior.

2.1.3 Malm (Facies «Purbeck») (J_{F3})

Esta formación, que aflora únicamente en las proximidades de Clavijo, corresponde al flanco norte de un anticlinal, cuya charnela habría sido rota por el Keuper diapírico.

Desde el punto de vista estratigráfico, pertenece al Jurásico terminal en facies «Purbeck», formada por sedimentos continentales de ambiente deltaico. Están representados por una serie de conglomerados y areniscas de grano fino en alternancia densa con limolitas y arcillas cuarzoarenitosas finas de color rojo.

Los conglomerados se caracterizan por estar formados por cantos heterométricos (1 a 10 cm.), subredondeados, de cuarzo, cuarcita, arenisca y caliza, muy cementados.

Las areniscas, de color rojo, están compuestas por granos de cuarzo (18 por 100 y feldespato (18 por 100), unidas por un cemento calcárea muy coherente.

Los conglomerados y las areniscas se disponen en bancos más o menos lenticulares de 0,5 a 3 m.

Esta unidad comprende, de los cinco grupos propuestos por G. TISCHER y A. BEUTHER (1966), el grupo 1 o grupo de Tera, y el grupo 3 o grupo de Urbión.

En Clavijo se ha medido una potencia de 550 m., sin contar con la base, ya que no aparece por estar dicha unidad en contacto tectónico con el Keuper.

La edad es muy discutida, por falta de argumentos paleontológicos y por falta de uniformidad en los criterios de la misma.

F. KNEUPER (1966) determinó para el grupo Urbión, mediante Ostrácodos, una edad Portlandiense. El grupo Tera, de base, es totalmente azoico.

2.1.4 Portlandiense o Berriasiense (Facies «Purbeck») (J_{P3} - C_{P11})

Descansa aparentemente en contacto normal sobre la unidad anterior, aunque es muy probable que la separación de ambas unidades sea diácrona.

Aparece formada por calizas micríticas, más o menos arenosas. Por lo general, contienen granos de cuarzo (5 por 100) y arcilla (10 por 100). Presentan una estratificación oscura.

Dicha formación corresponde al grupo 4 o grupo de Enciso, de G. TISCHER y A. BEUTHER (1966). El máximo espesor que se ha podido medir es de unos 20 m., ya que el techo no aparece por quedar recubierto por los materiales terciarios de la Depresión del Ebro.

Esta unidad ha sido datada como Portlandiense o Berriasiense (Facies «Purbeck»), a partir de las muestras recogidas, en las que se observa una asociación constituida por oogonios de Charáceas referibles a *Clavator*, además *Girvarella* sp. y *Cayeuxia* sp., y, por último, secciones de Ostrácodos referibles a *Cypridea*.

2.2 Terciario

Como se ha hecho constar en otras Hojas, el estudio del Terciario Continental de la Depresión del Ebro encierra serios problemas.

El primer problema es el establecimiento de los límites cronoestratigráficos, lo cual viene dificultado por los siguientes factores:

1. La escasez de restos vertebrados fósiles. Además los yacimientos

hallados están muy alejados, por lo que la correlación es prácticamente imposible.

2. Los pocos Gasterópodos encontrados no tienen un valor estratigráfico claro.
3. El valor estratigráfico de gran parte de los microorganismos recogidos (oogonios de Charáceas y Ostrácodos) es incierto, debido a múltiples causas, como la frecuente resedimentación de los mismos, la difícil identificación de las especies, el limitado conocimiento de la dispersión de los individuos, tanto en el tiempo como en el espacio.
4. El gran número de muestras azolcas.

Esta circunstancia hace que dispongamos de muy pocos puntos de apoyo paleontológicos. Entonces, la cartografía tiene que basarse en el estudio de las facies litológicas y de sus correlaciones a partir de los niveles guías y de las líneas fotogeológicas. La variada distribución de los depósitos continentales, a veces plantea problemas de correlación. Vemos, pues, que se trata de una labor muy expuesta.

También crea problemas, a la hora de establecer correlaciones por medio de niveles guías, la disposición diácrona de las facies. Este fenómeno fue comprobado ya por RIBA (1964) en los yesos de Desojo, en las vecinas Hojas de Viana (171) y Allo (172). En una investigación preliminar, el mismo autor las habría considerado como un nivel guía. En la presente Hoja, se observa un fenómeno análogo en el paso lateral de los yesos del Oligo-Mioceno a las arcillas y calizas, que constituyen la base de la Formación Tudela.

La única diferencia estriba en que, lo que se desplaza paulatinamente de SO. a NE., en sentido estratigráfico ascendente, no son capas, sino potentes tramos.

Apoyados en la micropaleontología, asimismo en la fotogeología, en las observaciones de campo, y en el conocimiento de la geología regional, y, salvando las dificultades mencionadas, ha sido realizada la presente Hoja.

2.2.1 Chatlense-Aquitaniense

2.2.1.1 Formación Lerín (Unidades T_{c33-11}^{A-Ba} , Ta_{c33-11}^{A-Ba} y Tay_{c33-11}^{A-Ba})

La Formación Lerín, que ocupa el ángulo NE. de la Hoja, está integrada por dos unidades básicamente yesíferas, y otra, intermedia, esencialmente arcillosa. Las características litológicas de las unidades T_{c33-11}^{A-Ba} y Tay_{c33-11}^{A-Ba} , en las que predominan los materiales evaporíticos, son muy similares, por lo que serán estudiadas en conjunto. En la vecina Hoja de Lodosa (205) se puede observar cómo ambas unidades se convierten en un mismo tramo litológico, a medida que la unidad arcillosa intermedia Ta_{c33-11}^{A-Ba} va pasando

lateralmente a facies de marcado carácter yesífero. En esta región se han diferenciado las unidades referidas porque no se dan las circunstancias de la Hoja limitrofe, y las correlaciones, debido al recubrimiento cuaternario del Ebro, no son claras.

La potencia total es imposible de conocer. Únicamente están representados unos 270 a 280 m. de la parte superior de la formación, la cual coincide, más o menos, con los «Yesos de Los Arcos», nivel R. de RIBA (1964) y CRUSAFONT et al. (1966), que dichos autores tomaban como separación del Oligoceno y Mioceno.

Las unidades T_{c33-11}^{A-Ba} y Ta_{c33-11}^{A-Ba} litológicamente consisten en una serie de tramos yesíferos con niveles arcillosos, de espesor variable, interestratificados. Están constituidos por finas pasadas (1 cm.) de yesos terrosos, grisáceos, yesos fibrosos y arcillas yesíferas, que le dan al conjunto una estructura hojosa característica. Esporádicamente, esta sucesión de finas capas de yeso queda interrumpida por alguna capa de 10 a 40 cm. de yeso blanco sacaróideo, alabastrino, con disyunción en bolos. También puede encontrarse asociado al yeso, algún nivel de glauberita, sulfato calcosódico, de 0,5 a 1 m. de espesor, y de yeso con nódulos de halita. Entre estos depósitos salinos, existen frecuentes intercalaciones de arcillas, más o menos calcáreas, con abundante yeso disperso. En ellas se observan pequeñas hiladas de yeso fibroso secundario, que, normalmente, rellena grietas oblicuas a la estratificación.

En ocasiones, sobre la superficie de los bancos de yeso, se desarrolla una especie de costra en la que crecen unos cristales de yeso que recuerdan a los agregados conocidos como «rosas del desierto».

La unidad Ta_{c33-11}^{A-Ba} consta de arcillas, más o menos calcáreas, de colores rojizos y grises, con esporádicas intercalaciones de capas, normalmente de 10 a 30 cm., de areniscas con óndulas de corriente y de yeso.

Las areniscas, generalmente de grano medio a fino, unas veces forman capas extensas de poco espesor, con óndulas de corriente de tipo «climbing», y otras representan paleocanales de reducidas dimensiones.

Esta formación ha sido datada como Chatiense-Aquitaniense, a partir de la siguiente asociación de microorganismos, obtenida en la Hoja de Lodosa (205):

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

2.2.1.2 Unidad Ty_{c33-11}^{A-Ba}

Los materiales arcillosos, con frecuentes episodios evaporíticos que

constituyen esta unidad, representan una facies de transición entre los yesos y arcillas de la Formación Lerín y las arcillas y calizas de la Formación Tudela, que será descrita a continuación.

El espesor es muy variable, debido a los constantes cambios laterales de facies. No obstante, se conoce una potencia mínima de 75 m.

Está formada por arcillas, más o menos calcáreas, de color predominantemente rojizo, con frecuentes intercalaciones de bancos de yeso, generalmente de 0,5 a 2 m. de potencia, y con alguna capa esporádica de 10 a 30 cm. de arenisca, con óndulas de corriente y de caliza arcillosa gris blanquecina.

Los bancos de yeso presentan, como en la formación anterior, estructura hojosa, que consiste en una alternancia fina y rítmica de capas bien estratificadas, de unos 10 a 15 mm., de yesos terrosos, yesos fibrosos y arcillas yesíferas, con unas tonalidades pardo-amarillentas y grises. Intercalándose en esta rítmica secuencia aparecen niveles más potentes, entre 10 y 40 cm., de yesos blancos sacaroides, alabastrinos.

Las muestras estudiadas han dado la siguiente asociación, que sitúa exactamente la unidad en el Chatiense-Aquitaniense:

Chara gr. *tornata*, MADLER, y
Sphaerochara cf. *ulmensis*, STRAUB.

2.2.2 Chatiense-Burdigaliense

2.2.2.1 Formación Tudela (Unidad T_{CS3-12}^{A-Ba})

La base de la Formación Tudela representa el paso lateral hacia el SO. de las facies evaporíticas de la Formación Lerín, las cuales pueden considerarse como depósitos típicos de centro de cubeta.

La potencia total de la unidad referida no se conoce, pues no tenemos el techo de la misma, y además las potencias parciales obtenidas experimentan notables variaciones, debido a los cambios de facies, y son muy poco significativas. El espesor mínimo obtenido es de unos 100 m.

Los materiales que la integran son arcillas calcáreas, más o menos limosas, de colores rojos y grises. Presentan intercalaciones de calizas arcillosas gris azuladas, a veces algo arenosas, calizas con nódulos de sílex y de areniscas con óndulas de corriente.

Las calizas, que corresponden a biomicritas con algo de arcilla y, a veces, con pellets y escasos granos de cuarzo, se disponen en capas, normalmente de 10 a 30 cm. de espesor, aisladas o apiladas formando paquetes que pueden alcanzar el metro y medio de potencia. En ocasiones, muestran una intensa bioturbación.

Las areniscas con granos de cuarzo, unas veces constituyen depósitos de canal, por lo general de 0,30 a 1 m. de espesor, y otras se disponen en

bancos extensos de 10 a 30 cm., con óndulas de corriente del tipo «climbing» que indican una baja energía. Las intercalaciones de arenisca son mucho más espaciadas que las de calizas.

La base de esta formación, que aflora en la margen derecha del Ebro, pertenece al Chatiense-Aquitaniense, como lo indica la asociación compuesta por los microorganismos:

Chara cf. cylindrica, MADLER, y
Chara tornata, MADLER.

Sin embargo, en la margen izquierda del Ebro afloran tramos más altos que sin duda corresponden, por la posición estratigráfica, al Aquitaniense-Burdigaliense, incluso en algunas zonas fuera de los límites de la Hoja, pueden llegar hasta el Vindoboniense.

2.2.3 Aquitaniense-Vindoboniense

2.2.3.1 Formación Alfaro (Unidades T_{c11}^{Ba-Bc} y T_{c11-12}^{Ba})

La Formación Alfaro, propiamente dicha, la constituyen los sedimentos de carácter detrítico de la unidad T_{c11}^{Ba-Bc} , que se extienden, a lo largo de toda la Hoja, prácticamente desde el Ebro hasta el sistema montañoso de Cameros (Cordillera Ibérica). Precisamente en las inmediaciones de la alineación montañosa referida, las facies detríticas rojas de la unidad T_{c11}^{Ba-Bc} pasan lateralmente a facies de marcado carácter evaporítico, que ocupan una zona muy limitada.

Probablemente en la cuenca fluvio-lacustre que dio lugar a los depósitos detríticos, de intenso color rojo, se formó una zona restringida en la que se depositaron yesos, a medida que en el resto de la región se iban sedimentando importantes depósitos de arcillas y areniscas. Estos materiales de origen lacustre evaporítico constituyen la unidad (T_{c11-12}^{Ba}), que hemos creído conveniente incluirla dentro de la Formación Alfaro.

La formación referida representa el paso lateral, hacia el SO., de la Formación Tudela.

No se conoce la potencia total, pero los niveles medidos sobrepasan los 400 m., y quizá, en algún punto de la parte occidental de la Hoja, esta unidad alcance una mayor potencia.

Litológicamente está integrada por arcillas calcáreas rojas, más o menos limosas, con frecuentes intercalaciones de bancos de areniscas, cuyo espesor está en función de la naturaleza de los mismos.

Existen dos tipos de areniscas. Unas que se disponen en bancos extensos, normalmente de 0,20 a 1 m., son de grano fino y cemento calizo (50 a 60 por 100), con proporciones de un 20 a 25 por 100 de cuarzo y de un 15 por 100 de fragmentos de rocas. Las otras, que constituyen «cuerpos»

de 1 a 3 m. de espesor, son de grano variable, matriz calcárea, muy poco cementadas, y tienen mayor proporción de granos de cuarzo que las anteriores, pudiendo llegar hasta un 60 por 100. Por lo general, representan depósitos de canal.

Tanto en unas como en otras se observan estructuras de corriente que indican que los aportes proceden del SO.

De forma muy esporádica aparecen interestratificados bancos de yeso terroso y sacaroideo, de 0,10 a 1 m. de espesor.

La unidad T_{ci11-12}^{Ba} se caracteriza por ser esencialmente yesífera. Presenta niveles de arcillas calcáreas intercalados, con abundante yeso disperso.

Los bancos de yeso son similares a los descritos en las otras unidades; es decir, están formados por una alternancia fina de yesos terrosos, yesos fibroso y arcillas yesíferas, en capas bien estratificadas de alrededor de 1 cm. Esporádicamente se intercalan en la secuencia niveles de yesos, de 10 a 40 cm., de tonos blanquecinos y de textura sacaroidea o alabastrina, a menudo muy replegados.

Estas capas yacen subhorizontales, en contacto mecánico con el Keuper y con el Infralías.

La Formación Alfaro ha sido datada como Aquitaniense-Burdigaliense a partir de la asociación:

Cypridopsis kinkelini, LIENENKLAUS, y
Sphaerochara minutissima, MADLER.

Incluso tenemos la certeza de que el techo puede llegar hasta el Vin-dobontense.

2.2.3.2 Unidad Ts_{ci11}^{Ba-Bc}

Los materiales de esta unidad afloran en el ángulo NO. de la Hoja. Corresponden a las facies marginales noroccidentales de las arcillas y calizas de la Formación Tudela. Por el Sur, tienen su equivalente en la Formación Alfaro.

La potencia del tramo que representa la unidad referida dentro de los límites de la Hoja es de unos 200 m.

En lo que a la litología se refiere, cabe señalar que está constituida por arcillas de tonalidades beige, amarillentas y rojizas, con frecuentes intercalaciones de areniscas calcáreas a calizas arenosas compuestas principalmente por granos de cuarzo (10 a 20 por 100) y de feldspato (5 a 7 por 100), pellets (3 a 10 por 100) y micrita o cemento calcáreo (55 a 70 por 100).

Las areniscas, generalmente representan paleocanales con óndulas y mega-óndulas de corriente. En ocasiones, se erosionan y solapan, constituyendo cuerpos arenosos de una potencia máxima de 2 m.

Por la posición estratigráfica puede considerarse como Aquitaniense-Burdigaliense, lo cual viene corroborado por la presencia en las muestras recogidas de la *Sphaerochara minutissima*, MADLER.

Es muy posible que esta unidad llegue hasta el Vindoboniense.

2.2.3.3 Unidad Tcg_{c11}^{Ba-Bc}

Aflora en las inmediaciones de Clavijo, en contacto discordante con los materiales diapíricos del Keuper y con los retazos del Infralías y Wealdico. Constituyen facies típicas de borde de cubeta, en paso lateral con las facies rojas, detríticas, de la Formación Alfaro.

Su potencia y extensión a lo largo de la Depresión del Ebro es muy importante.

Litológicamente, consta de conglomerados formados por bloques y cantos poligénicos, entre los que abundan las calizas mesozoicas, y las cuarcitas y demás elementos paleozoicos, cuya proporción aumenta hacia las capas más modernas.

Los cantos, de tamaño variable, son angulosos y subredondeados, y por lo general se presentan bien cementados por una matriz arcillosa arenosa de color rojo. Hacia la parte superior de la serie el cemento es menos coherente.

No se tiene ninguna evidencia paleontológica, pero por la posición estratigráfica puede datarse como Aquitaniense-Vindoboniense.

2.3 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios, que recubren de una manera discontinua la región y que constituyen el asiento físico de la actividad agrícola regional, podemos clasificarlos en diferentes tipos.

Unos son de origen fluvial, y forman las terrazas del río Ebro, y de sus afluentes Iregua, Leza, Jubera y Mayor, las cuales están formadas por una acumulación de cantos autóctonos 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 los afluentes y arroyos que drenan los valles, y que se han dado como fondo aluvial o relleno de valle; otros tienen importancia secundaria en el paisaje, se trata de «derrumbios de ladera» y de «conos de deyección».

Frecuentemente las terrazas van asociadas a su correspondiente glacis, formando un único conjunto morfológico sin solución de continuidad.

En ocasiones, resulta prácticamente imposible la diferenciación de los depósitos cuaternarios mencionados, por lo que hemos creído conveniente darlos como cuaternario indiferenciado.

Se han cartografiado a lo largo del Ebro, con el actual, diez niveles de

terrazas, los cuales se han agrupado de un modo más o menos arbitrario, basado en los caracteres litológicos, morfológicos y en la altitud relativa con respecto al Ebro. A la vista de estos factores, han sido clasificados de la siguiente manera:

1. Terrazas altas: Niveles Q_1^{T1} (170/180 m.), Q_1^{T2} (150/160 m.), Q_1^{T3} (110/120 m.), Q_1^{T4} (90/100 m.), Q_1^{T5} (70/80 m.) y Q_1^{T6} (60/70 m.).
2. Terrazas medias: Niveles Q_1^{T7} (20/30 m.) y $Q_1^{T8.G}$ (10/20 m.).
3. Terrazas bajas: Niveles Q_2^{T9} (5/10 m.) y Q_2^{A1} (0/5 m.).

Algunas de estas terrazas se encuentran también sobre los afluentes del Ebro. Nos hemos limitado a cartografiarlas como una misma unidad, sin diferenciar niveles. No obstante, cabe señalar que están representados, de manera discontinua, los niveles inferiores al de 90/100 m.

No existe ninguna evidencia paleontológica para datar las terrazas. Por eso, es necesario acudir a criterios morfológicos para establecer una cronología que, al menos, sitúe relativamente estos depósitos cuaternarios dentro del ámbito general de este período.

Las terrazas altas y las terrazas medias se han incluido dentro del Pleistoceno; las terrazas bajas, en el Holoceno.

Los criterios empleados en la separación cronológica de las terrazas no podemos aplicarlos a los glaciares. Por ese motivo, los hemos dado como indiferenciados.

2.3.1 Pleistoceno

2.3.1.1 Terrazas altas (Niveles Q_1^{T1} , Q_1^{T2} , Q_1^{T3} , Q_1^{T4} , Q_1^{T5} y Q_1^{T6})

Las alturas relativas de estos niveles de terrazas, de más antiguos a más modernos, son las siguientes: 170/180 m., 150/160 m., 110/120 m., 90/100 m., 70/80 m. y 60/70 m. Existe una disimetría en el perfil transversal del Ebro, ya que los niveles más altos sólo figuran en la margen derecha.

Están constituidas por gravas poligénicas con cantos muy heterométricos, subredondeados y redondeados, entre las que predominan los de caliza mesozoica y eocena, y los de arenisca y cuarcita permotriásica. Las terrazas superiores están muy consolidadas y presentan en el techo una costra calcárea (caliche) que, a veces, alcanza 1 m. de espesor. Las terrazas inferiores tienen un cemento menos coherente y con frecuencia se intercalan en ellas lentejones de arenas, limos y arcillas ricos en materia orgánica.

Las terrazas en cuestión son colgadas o suspendidas.

2.3.1.2 Terrazas medias (Niveles Q_1^{T7} y $Q_1^{T8.G}$)

Se encuentran a una altura sobre el nivel actual del río de 20/30 y 10/20 m. Son, como las anteriormente descritas, terrazas colgadas.

La terraza de nivel comprendido entre 10 y 20 m. está muy desarrollada a lo largo de la margen izquierda del Ebro, y se caracteriza por estar asociada a un glacis, con el que forma una misma unidad morfológica prácticamente imposible de separar.

Constan casi exclusivamente de gravas poligénicas, poco trabadas, compuestas por cantos, subredondeados y redondeados, relativamente homométricos, de calizas secundarias y eocenas, y de cuarcitas y de areniscas permotriásicas. En algunas series se observan lentejones de arenas blanco-amarillentas con cantos englobados, así como lechos arenosos ricos en materia orgánica y niveles de caliche.

2.3.2 Holoceno

2.3.2.1 Terrazas bajas (Niveles Q_2^{T9} y Q_2^{A1})

A diferencia de las anteriores, la terraza de inundación actual o llanura aluvial y la terraza inmediatamente superior, con niveles de 0/5 y 5/10 m., respectivamente, son encajadas.

Hemos relacionado con la llanura de inundación del río Ebro el fondo aluvial o relleno de valle depositado por los afluentes y pequeños arroyos, así como los depósitos de carácter endorreico (lagunas). Estos revestimientos cuaternarios, excepto los que recubren los lechos de los afluentes, tienen poco espesor, máximo 5 m., y se componen de arcillas y limos que engloban cantos en su interior. Por el contrario, el lecho mayor de los afluentes Iregua, Leza y Jubera, cuyo trazado es rectilíneo y anastomosado, está ocupado por materiales rodados y poco enmascarados.

Las terrazas bajas, por lo general, se componen de dos tramos bien definidos. Uno inferior de gravas, con cantos rodados de caliza, arenisca y cuarcita, muy poco cementados. Frecuentemente se observan lentejones de arena interestratificados. Otro tramo superior de naturaleza arcillosa y limosa, que localmente engloba cantos, y sobre el cual se asientan la mayoría de los campos de cultivo.

Dentro del complejo sistema de terrazas del Ebro, las terrazas bajas tienen un espesor total de unos 25 m. Este dato ha sido obtenido a partir de los pozos realizados para aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

El río Ebro, aguas abajo de Logroño, presenta muestras de una gran actividad, variando su curso constantemente, y dejando sobre su llanura de inundación numerosos meandros abandonados. Sin embargo, aguas arriba de la ciudad referida, se encuentra encajado, lo cual supone que la llanura aluvial es muy reducida o no existe.

Meandros abandonados (Q_2^M)

A medida que los meandros de llanura aluvial evolucionan, su curvatura

se va acentuando hasta llegar a estrangularse. Entonces se crean una serie de brazos muertos conocidos por meandros abandonados. Posteriormente se colmatan de aluviones finos (arcillas y limos).

Dada la importancia que estos meandros adquieren en el Ebro, hemos creído oportuno diferenciarlos, apoyados en la foto aérea.

2.3.2.2 *Derrubios de ladera* (Q_2^L)

Se extienden, formando un talud continuo, al pie de la alineación montañosa constituida por los conglomerados miocenos y por los materiales clásticos y calizas del Wealdense.

Al SE. de Ribaforada se observan unos depósitos de gravas y bloques poligénicos, no muy rodados, enmascarados por un cemento poco coherente de arenas algo arcillosas. No presentan estratificación aparente. Posiblemente correspondan a conglomerados marginales, relacionados con abanicos aluviales, al igual que los de Cabi-Monteros y Yerga, los cuales, según una nota redactada por O. RIBA (1955), tienen una edad miocena superior (Vindobonense-Pontienne). La edad de estos materiales es muy difícil de precisar, pudiendo tratarse de depósitos cuaternarios o quizá del Mioceno Superior.

2.3.2.3 *Cono de deyección* (Q_2^{cd})

Se extiende al SE. de Arrúbal, sobre una de las terrazas inferiores del Ebro. Los materiales depositados son arcillas y limos de color pardo, con abundante yeso disperso. Estos sedimentos provienen de zonas muy próximas, fácilmente derruibles (arcillas y yesos).

2.3.3 **Pleistoceno-Holoceno**

2.3.3.1 *Terraza media y baja* (Nivel Q_{1-2}^T)

Corresponde a una terraza desarrollada en la margen derecha del Ebro que comprende indistintamente los niveles de terraza de 10/20 y de 5/10 m., los cuales no ha sido posible diferenciar. Por tanto, participa de las características litológicas de una u otra terraza, según los casos.

2.3.3.2 *Terrazas de los afluentes* (Q_{1-2}^{T-G})

En los ríos Iregua, Leza y Jubera, afluentes del Ebro por la orilla derecha, y Mayor por la izquierda, se encuentran algunos de los niveles descritos, todos inferiores al de 90/100 m. Nos hemos limitado a cartografiarlos como una misma formación. Por lo general, enlazan con glaciales, con los cuales forman una misma unidad morfológica.

Cabe señalar que las terrazas de los ríos Iregua y Mayor son medias o bajas, mientras que las de los ríos Leza y Jubera son altas, medias o bajas.

2.3.3.3 *Glacis* (Q_{1-2}^o)

Los glacis se asientan normalmente sobre las arcillas calcáreas rojas y las areniscas de la Formación Alfaro (T_{c11}^{Ba-Bc}) del borde sur de la cuenca, en contacto con la Cordillera Ibérica. Su desarrollo está favorecido por las inmejorables condiciones de los materiales terciarios a ser erosionados, y por la presencia de conglomerados oligo-miocenos en el borde sur de la depresión, fácilmente derruibles.

En ocasiones, los glacis también pueden ser originados a expensas de los materiales que constituyen las terrazas suspendidas.

Por su litología, pueden diferenciarse dos tipos de glacis. Unos, formados esencialmente por cantos de caliza y arenisca, muy heterométricos, y poco rodados, unidos por un cemento poco coherente de arcillas calcáreas. Otros, menos frecuentes, compuestos en su totalidad por arcillas y limos.

2.3.3.4 *Cuaternario Indiferenciado* (Q_{1-2})

Se encuentra bastante repartido por toda la Hoja, ocupando en total una extensión considerable.

Comprende una serie de terrazas, normalmente medias y bajas, fondos aluviales o rellenos de valle y glacis, todos ellos asociados sin solución de continuidad, por lo que resulta muy difícil diferenciarlos.

3 TECTONICA

El apartado de tectónica puede dividirse en dos partes. Una, sobre el borde meridional de la Depresión del Ebro; otra, sobre las estructuras presentes en el Terciario Continental de la Cuenca del Ebro.

Tectónica del borde meridional de la Depresión del Ebro

Las relaciones de los conglomerados, areniscas, arcillas y yesos del Terciario de la Depresión del Ebro, con el Mesozoico, son unas veces mediante discordancia neta, como la que se observa en Clavijo, y otras mediante cobijaduras locales (Ribaflecha, Lagunilla de Jubera, Ventas Blancas), que corresponderían a derrames superficiales de los materiales diapíricos del Keuper, ligados a fallas, en profundidad, más o menos verticales.

Esto puede explicarse porque la reactivación fini-miocena de las fallas maestras existentes, como consecuencia del progresivo aumento de carga

litostática en los surcos sinclinales miocenos de origen halocinético, no se produce en todos los puntos con la misma intensidad. Por ese motivo, en unos lugares se producen cabalgamientos o cobijaduras, mientras que en otros, los sedimentos terciarios permanecen inalterables, fosilizando los accidentes tectónicos alpinos.

Como elementos estructurales, cabe señalar la serie Weáldica en Clavijo y otro pequeño retazo weáldico que aflora al SO., los cuales corresponden al flanco norte de un anticlinal, cuya charnela ha sido rota por el Keuper diapírico. El flanco meridional, que sale fuera de los límites de la Hoja, lo constituye la serie marina completa del Jurásico y parte de la serie Weáldica.

El accidente tectónico en cuestión fue producido en la primera fase de la orogénesis alpina, como respuesta a los empujes originados por el levantamiento del zócalo, facilitado por un sistema de fracturas (fallas maestras). En la zona referida se cruzarían dos de estas fallas a nivel de zócalo, una que pasaría por Torrecilla de Cameros de dirección NE-SO., y otra, por Villarroya con dirección NO-SE. Esta circunstancia ha provocado un fuerte diapirismo, que ha causado la rotura de la charnela del anticlinal.

Estructuras presentes en el Terciario Continental

Los sedimentos terciarios se caracterizan, desde un punto de vista estructural, por estar afectados por un sistema de suaves pliegues con ejes arrumbados de ONO. a ESE., tal como se observa en el ángulo NE., y en el resto de la Hoja. Todo el borde meridional corresponde a un amplio surco sinclinal relleno de sedimentos detríticos miocenos.

Estos pliegues, iniciados en el Aquitaniense, son, como ya se ha mencionado, de origen halocinético. El proceso de migración de las sales (halocinesis) viene condicionado por movimientos del substrato de los yesos, de tipo pliegue o falla y por la carga litostática de las series suprayacentes.

4 HISTORIA GEOLOGICA

1. 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 levantamiento del zócalo de la Demanda y de la región de Cameros. La respuesta a los empujes del zócalo ha sido, en esta zona, el anticlinal cuyo flanco norte estaría hundido en la Depresión del Ebro, y que tiene como testigo la serie Weáldica de Clavijo. La charnela del anticlinal ha sido rota por el fuerte diapirismo provocado por la intersección de dos de estas fallas.

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 un régimen lacustre salino (Formación Lerín). Periódicamente la sedimentación evaporítica se iba interrumpiendo para dar paso a las avenidas intermitentes de aportes terrígenos de procedencia Sur, como lo testifican las estructuras de corriente que presentan los depósitos de canal.

Al sur de la fosa tectónica seguían depositándose conglomerados, concretamente entre Arnedo, Turruncún, Villarroya y Grávalos. Estos conglomerados se depositaron discordantes unas veces sobre el Jurásico plegado, y otras sobre los conglomerados del Terciario preorogénico, igualmente plegados.

Entre los conglomerados marginales y los yesos de centro de cubeta se sedimentaron unas facies de marcado carácter lacustre, constituidas por arcillas rojas y calizas esencialmente, con algunas capas de arenisca subordinada de clara influencia fluvial (Formación Tudela).

2. En el Aquitaniense, y resto de Mioceno tiene lugar una serie de movimientos continuos de origen halocinético, que tienen como respuesta la formación de pliegues sinclinales que actúan como importantes áreas de sedimentación. En dichos surcos se sigue depositando durante el Mioceno arcillas y calizas con areniscas subordinadas (Formación Tudela). Estas facies lacustres con algo de influencia fluvial, pasan tanto al Sur (Formación Alfaro) como al Norte (Unidad T_{c11}^{Ba-Bc}) a facies fluvio-lacustres típicas, las primeras constituidas por materiales detríticos de color rojo y de procedencia sur, y las segundas integradas por sedimentos terrígenos de color pardo-amarillento y de procedencia norte. Tanto en unas como en otras se producen indentaciones.

En el borde meridional prosigue la sedimentación conglomerática, a la vez que va quedando una pequeña zona de ambiente restringido ocupada por aguas saladas remansadas, que dan lugar a depósitos de evaporitas.

3. 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 Demandá y Cameros.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

En la Memoria explicativa de la Hoja de Logroño, estudiada y redactada por ALVARADO, M. et al. (1960), se hace mención de una antigua explota-

ción de dos capas de glauberita, de 0,5 y 1 m. de espesor, y de una capa de yeso con algunos nódulos de sal gema, interestratificadas en la serie yesífera del Chatienense-Aquitaniense (Formación Lerín). La explotación, radicante en términos de Agoncillo y Alcanadre, frente a la estación de Mendavía, se realizaba por medio de galerías, según la dirección y pendiente de las capas.

Por otra parte, las explotaciones a cielo abierto son numerosas. Existen canteras en los yesos triásicos, sobre todo en el término municipal de Ribaflecha.

También se explotan las arcillas calcáreas de la unidad Ts_{c11}^{Ba-Bc} , que afloran al NO. de Logroño, así como las arcillas calcáreas rojas pertenecientes a la Formación Alfaro. Estos materiales se utilizan para la industria de cerámica.

Las canteras se sitúan, por lo general, entre Logroño, Villamediana, Murillo de Río Leza y Agoncillo.

Existen, igualmente, explotaciones a cielo abierto en las terrazas medias del Ebro, de las cuales se extraen los áridos de una gran calidad. Las más importantes se encuentran en las inmediaciones de Logroño y Mendavía.

5.2. HIDROGEOLOGIA

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales que más posibilidades tienen son las gravas, muy poco cementadas, de las terrazas bajas (llanura de inundación y terraza inmediatamente superior). Además de que el sistema posee una permeabilidad por porosidad muy alta, tiene también un espesor considerable debido a que las terrazas se presentan encajadas. La potencia máxima conocida es del orden de 20 a 25 m.

El resto de los depósitos cuaternarios, y en especial los derrubios de ladera, también conviene tenerlos en cuenta para abastecimientos locales.

Respecto al Terciario y Mesozoico, es posible que los conglomerados y las calizas reúnan condiciones de permeabilidad, pero dadas las características geológicas de la zona, la explotación sería muy dificultosa.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1958).—«Nota sobre la estratigrafía de Las Bardenas en su extremo meridional». *N. y C., 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 núm. 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». *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». Documentación interna. Pamplona (Inédita).
- (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja núm. 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 núm. 172, Allo, escala 1:25.000». Diputación Foral de Navarra (Inédita).
- (1974 b).—«Memoria explicativa de la Hoja núm. 171, Viana, del Mapa de Navarra a escala 1:25.000». Diputación Foral de Navarra (Inédita).
- CRUSAFONT-PAIRO, M., y GOLPE-POSSE, J. M. (1974).—«Nuevos yacimientos del Terciario Continental del NE. de España». *Acta Geol. Hisp.*, t. IX, núm. 3, pp. 81-83.
- CRUSAFONT-PAIRO, M.; TRUYOLS SANTOJA, J. y RIBA ARDERIU, O. (1966).—«Contribución al estudio de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. N. y C., I. G. M. E., núm. 90, pp. 53-76.
- 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, número 26, pp. 73-86, Pamplona.
- (1949).—«Las Bardenas 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 a la Hoja núm. 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., I. G. M. E.*, núm. 4, pp. 140-142.
- MENSUA, S. (1960).—«La Navarra Media oriental. Estudio Geográfico». *Inst. Príncipe de Viana, Dep. Geol. Aplic. Zaragoza, Serv. Reg. 8*, 186 págs., 40 figs., 25 láms.

- 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 a la Hoja núm. 206, Peralta, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*, Pamplona. (Inédita.)
- (1972).—«Memoria explicativa a la Hoja núm. 173, Tafalla, Mapa 1:25.000». *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.
- (1975).—«La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca». Tesis leída en la Facultad de Ciencias de Barcelona. (Próx. publicación en Pirineos.)
- RIBA, O. (1955).—«Sur le type de sédimentation du Tertiaire continental de la part ouest du Bassin de l'Ebre». *Geol. Rundschau*, 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, Villafrañchlen 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 número 3, Canal de Lodosa-Presa de Alloz». *I Coloquio Internacional sobre Obras Públicas en terrenos yesíferos. R. S. E. H.ª Nat.*, pp. 335, Madrid.
- RIBA, O., y PEREZ-MATEOS, J. (1962).—«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*, 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 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-PAIRO, M. (1946).—«El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)». *N. y C., 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. Arts. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-258, 2 figs.
- (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 a).—«Formación de Mues: Litofacias y procesos sedimentarios». *Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona.* (Inédita.)
- (1972 b).—«Memoria explicativa de la Hoja núm. 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 núm. 244, Alfaro». *I. G. M. E.*, 22 págs., 12 figs.