



# IGME

282

25-12

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

# TUDELA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**E. 1:50.000**

**TUDELA**

**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 la cartografía del Mapa Carlos Beroiz PI y Jaime Solé Sedó, Licenciados en Ciencias Geológicas. La redacción de la Memoria la ha realizado 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 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. 9.016-1977

Imprime: Gráficas URPE, S. A. - Rufino González, 14 - 28037 Madrid

## **1 INTRODUCCION**

La Hoja de Tudela está situada en el Valle del Ebro y geológicamente pertenece a la cuenca del mismo nombre.

Los materiales que están representados en esta Hoja pertenecen todos al Terciario Continental y al Cuaternario, que aquí está muy bien desarrollado.

Los materiales del Terciario Continental presentan todo el paso de depósitos de borde, formados por conglomerados y areniscas, hasta los de centro de cubeta, constituidos por arcillas con calizas y con yesos pasando por las facies fluviales y fluviolacustres intermedias de arcillas y limos y canales de arenisca y conglomeráticos.

En lo que afecta a la tectónica, esta Hoja es completamente tranquila, con buzamientos muy suaves y en algunos puntos casi subhorizontales.

## **2 ESTRATIGRAFIA**

### **2.1 TERCIARIO**

Si dejamos aparte el Cuaternario, todos los materiales que están representados en esta Hoja pertenecen al Terciario y son de origen continental.

Como ya hemos advertido en las Memorias de algunas Hojas de esta zona de la cuenca del Ebro, el principal problema que se presenta en su

estudio es el de la datación cronológica de las distintas unidades litológicas.

Esta es una Hoja que podríamos llamar privilegiada en cuanto a la riqueza macropaleontológica, puesto que en ella están enclavados dos yacimientos de vertebrados: Tudela I, situado en el barranco de Valdeacelte, al este de la carretera de Tudela a Pamplona, y Tudela II, junto a la misma población. Además, el yacimiento de Monteagudo, que está en la Hoja de Tazona, al Sur, está relativamente cerca y es posible hacer algunas correlaciones.

También hemos podido recoger varias muestras de gasterópodos en la parte oriental de la Hoja, aunque realmente las dataciones no concuerdan mucho con el resto de los estudios.

Como en el resto de las Hojas de la zona, se ha realizado también un estudio micropaleontológico de ostrácodos y oogonios de charáceas, del que se ha encargado el doctor J. Ramírez del Pozo. Los resultados obtenidos tampoco representan una solución definitiva para la datación correcta de las distintas unidades, debido principalmente a que hay bastantes muestras azoicas y otras con microorganismos poco determinativos.

Como consecuencia de estas dificultades, el estudio se ha basado principalmente en una cartografía litológica y en una separación de unidades atendiendo a esta litología y al ambiente de deposición de los materiales. Una vez realizado este Mapa se ha tratado de encajar de la mejor manera posible en una escala cronoestratigráfica, teniendo en cuenta tanto las dataciones obtenidas en las muestras como el conocimiento regional adquirido al estudiar todas las Hojas de la zona.

El estudio fotogeológico, tan útil en otras Hojas para la correlación de los distintos niveles, es aquí de menor importancia, debido principalmente a dos motivos: a) que las capas están subhorizontales o presentan una inclinación muy suave de componente sur; b) el gran desarrollo adquirido por el Cuaternario con un conjunto de terrazas que enmascaran y cubren los materiales del Terciario, haciendo muy difícil el trazado de líneas de correlación.

Otro problema que queremos hacer notar es el que se presenta en el momento de hacer la leyenda. Varios de los tramos que hay en el Mapa presentan un espesor de afloramientos que no es real, sino solamente una parte del total, y es prácticamente imposible saber cuál es la dispersión vertical o alcance total de la unidad en la escala cronoestratigráfica. Esto es especialmente visible en los tramos representados al suroeste de la Hoja, de los que tenemos una parte de la sucesión, y para darles una posición concreta en la leyenda debemos valernos de lo que conocemos en otras Hojas, y a veces incluso de conclusiones totalmente subjetivas y, por tanto, poco válidas. Si nos atrevemos a darles aquí es porque pensamos que es lo más cercano a la realidad, de acuerdo con el contexto general

de la cuenca, o por lo menos de los conocimientos que hasta ahora tenemos de ella.

## 2.1.1 Chatiense-Aquitaniense

### 2.1.1.1 Formación de Lerín. Unidad T<sub>c33-11</sub><sup>A-Ba</sup>

La Formación de Lerín aflora en la esquina noreste de la Hoja, y solamente es visible la parte más alta de la sucesión, que está muy bien desarrollada en la Hoja de Alfaro, situada al Norte.

En el corte de Cabezo Moro se han medido unos 50 m. de este tramo, pero ya hemos dicho que solamente cogen la parte más alta. En la vecina Hoja de Alfaro se han medido hasta 600 m. de espesor.

Litológicamente este tramo está constituido aquí por una alternancia de arcillas calcáreas con pasadas limosas y yesos formando niveles bien definidos, que constan a su vez de finas capas (milimétricas y centimétricas) de yeso terroso, y capas más gruesas, de escala decimétrica, de yeso sacaroideo blanco. Esporádicamente se pueden observar bancos de areniscas poco cementadas y bastante yesíferas.

Las muestras recogidas en este tramo no han dado ninguna indicación en cuanto a edad, puesto que son azoicas o bien dan microorganismos resedimentados, si bien podemos decir que pertenecen al Chatiense-Aquitaniense Inferior, de acuerdo a lo expuesto en la Hoja contigua de Alfaro.

El yacimiento de fósiles de Tudela I, definido como Aquitaniense (CRU-SAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966), está situado 130 m. por encima del último nivel de yesos pertenecientes a este tramo, y, por tanto, creemos que la edad que nosotros le atribuimos a la unidad está bastante justificada.

## 2.1.2 Aquitaniense-Vindoboniense

### 2.1.2.1 Formación Tudela. Unidad Tc<sub>c11</sub><sup>Ba-Bc</sup>

La Formación Tudela está representada en la parte oriental de la Hoja, descansando sobre la Formación Lerín descrita anteriormente y cambiando de facies hacia el Oeste y Sur y con la Formación Alfaro.

La potencia total de esta formación no es visible en el marco de la Hoja, pero la que se puede medir aquí es de unos 320 m. aproximadamente, medidos entre los perfiles de Cabezo Moro, Portal y Serralta.

Litológicamente es una formación arcillosa y calcárea, con un predominio claro de las arcillas, que siempre son calcáreas, de color pardoamarillento, rojo y blanquecino en bandas.

Las capas de caliza, que son menos importantes en la base de la unidad,

se van haciendo más potentes y más densas hacia arriba, y aunque lo normal es que varíen de 10 a 50 cm., pueden superar los 2 m.

A simple vista, estas calizas se pueden diferenciar en dos tipos distintos; unas, que son más puras y compactas, de color gris claro y que dan un aspecto mucho más duro en el campo.

Otras tienen un color gris más oscuro, son más arcillosas y suelen erosionarse y meteorizarse con más facilidad, dando una especie de disyunción bolar en las capas de poco espesor. En éstas se suele observar restos de macrofauna, difícilmente clasificable, formada especialmente por gasterópodos. Están bastante bioturbadas.

Intercaladas entre las arcillas se encuentran también algunas capas de arenisca, especialmente abundantes en la parte baja de la formación.

Son areniscas muy calcáreas, con cemento carbonatado y fragmentos de rocas calizas, aparte de los granos de cuarzo, que tienen una proporción variable, pero que podemos promediar en un 30 por 100.

La mayoría de estas areniscas son flojas y se deshacen con facilidad.

En las muestras recogidas en la parte oriental de la Hoja y en esta unidad se han clasificado las siguientes especies:

*Limnaea cf. bouilleti*, MICHAUD;

*Limnaea cucuronensis*, FONTANNES;

*Limnaea cf. navarroi*, ROYO;

*Planorbis (Gyrorbis) cf. rouxi*, NOULET;

*Planorbis (Gyrorbis) cf. mariae*, MICHAUD;

*Planorbis umbilicatus* (?), MÜLLER;

*Planorbis (Anisus) matheroni*, FISCHÉ-TOURNOUER;

*Planorbis (Anisus) matheroni var. sulfurens*, ROYO;

*Hydrobia calderoni* (?), ROYO;

*Pixidium macphersoni* (?), ROYO;

*Succinea primaera* (?), MATHERON;

*Succinea cf. oblonga*, DRAPARNAUD;

*Glandina aquensis*, MATHERSON, y

*Melanopsis sp.*,

y han sido datados como pontienses, aunque esto no concuerda ni con los mamíferos ni con los datos micropaleontológicos.

Aquí, en la Hoja de Tudela, se hallan dos yacimientos de vertebrados fósiles, conocidos como Tudela I y Tudela II (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).

El primero de ellos, situado en el barranco de Valdeaceite, dio un ejemplar de:

*Palaeochoerus meisneri*, MEYER,

lo que, según dichos autores, data el yacimiento como Aquitaniense

El Tudela II, situado junto al mismo pueblo, en la cantera de la Cerámica Iturralde, ha dado:

*Brachyodus onoideus*, DÉPÉRET;  
*¿Dicerorhinus tapicus*, ROMAN, y  
Cocodrilo indeterminado.

asociación característica del Burdigaliense.

El estudio micropaleontológico da la siguiente asociación:

*Elkocythereis cf. minutidontis*, DICKINS y SWAIN;  
*Elkocythereis cf. bramletti*, DICKINS y SWAIN;  
*Cypridopsis kinkelini*, LIENENKL;  
*Candona aff. chasssei*, DICKINS y SWAIN;  
*Cypris*,  
*Chara 6*,  
*Chara 7*, y  
*Chara 3*,

que define un tramo comprensivo Aquitaniense Superior-Burdigaliense, lo que concuerda con los datos de los yacimientos de mamíferos.

Si nosotros consideramos que esta formación sube hasta el Vindoboniense no es porque tengamos una evidencia clara de que así ocurra en el marco de la Hoja, pero sí en otras, como en la vecina de Fustiñana.

Esta formación es un caso especial, y me atrevería a decir que único en el Terciario Continental de esta zona, puesto que tiene una riqueza fosilífera que permite una datación bastante segura, a diferencia de las otras unidades, que son mucho más pobres y con ejemplares menos determinativos.

#### 2.1.2.2 Formación Alfaro. Unidad T<sub>CI1</sub><sup>Ba-Bc</sup>

La Formación Alfaro está ampliamente representada en la Hoja de Tudela, formando una amplia franja diagonal de noroeste a sureste, siendo los materiales cada vez más modernos hacia el Sur.

Aunque es difícil levantar perfiles de más de 50 m. con buenos afloramientos, la potencia total que aflora en la Hoja supera los 350 m.

Lateralmente cambia de facies hacia el Este con la Formación de Tudela ya descrita, y hacia el Suroeste con la Unidad de Cascante.

Esta unidad está formada fundamentalmente por arcillas, limos y areniscas, de colores rojos.

Las areniscas de esta unidad se caracterizan por tener una menor proporción de material calcáreo y una fracción importante de yeso.

En las muestras recogidas en el corte de Corella podemos ver cómo



en alguna la proporción de yeso llega al 55 por 100, mientras que la de cuarzo varía entre el 20 y el 30.

Son areniscas muy friables, y se deshacen fácilmente con un golpe de martillo.

Aunque aquí, en el marco de la Hoja, no se observa, esta formación descansa directamente sobre los yesos de Lerín, en la contigua Hoja de Alfaro.

Siendo así podemos decir que esta formación va desde el Aquitaniense hasta el Vindoboniense, puesto que en la zona de La Catalana, al sur de Fontellas, está por encima de los afloramientos de la Formación de Tudela.

Las muestras recogidas para micropaleontología no han sido muy buenas, puesto que la mayoría han sido negativas, pero, sin embargo, algunas han dado:

*Cypridopsis cf. kinkelini*, LIENENKL;  
*Candona aff. recta*, DICKINSON y SWAIN;  
*Chara cf. media*, GRAMBAST;  
*Chara* 3, y  
*Chara* 7,

que pueden caracterizar un tramo Aquitaniense Superior-Burdigaliense, aunque ya hemos dicho que creemos que puede llegar al Vindoboniense, entre otras cosas teniendo en cuenta la correlación de las capas más altas con el yacimiento de vertebrados de Monteagudo (Hoja de Tarazona), datado como Vindoboniense (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966).

#### 2.1.2.3 *Unidad de Cascante*. Ts<sub>c11</sub><sup>2a-2c</sup>

Esta unidad aflora en la parte suroccidental de la Hoja, entre las poblaciones de Cascante y Cintruénigo.

La potencia total del tramo es muy difícil de saber, puesto que no se ve en ningún momento la base del mismo. Los niveles más bajos que se pueden observar son paso lateral de la Formación Alfaro, pero no se ve hasta dónde llegan por debajo de estos niveles.

Litológicamente esta Unidad está formada por conglomerados, areniscas, areniscas conglomeráticas, arcillas, limos y algunas capas delgadas de caliza.

Los conglomerados están restringidos a canales de tipo anastomosado, en los que hay también areniscas groseras, quedando las arcillas y limos junto con las areniscas finas como sedimentos depositados en las zonas laterales superiores a los canales.

Las delgadas capas de caliza se deben haber depositado en zonas protegidas situadas entre los canales.

Los canales presentan una estratificación cruzada de gran escala muy marcada, y las areniscas finas suelen tener óndulas de corriente.

Los conglomerados están bastante bien clasificados, con cantos procedentes en su mayoría del Jurásico y del Cretácico Inferior en facies Weald situados más al Sur.

Las areniscas son de color grisáceo y presentan un aspecto bastante sucio. Los terrígenos son fundamentalmente cuarzo y fragmentos de rocas, especialmente de caliza. El cemento es calcáreo, aunque algunos presentan bastante yeso.

Las calizas se presentan en capas finas, a veces con formas arrañadas, y son algo limosas.

En la zona de Cascante es de destacar la presencia de niveles de yeso, alguno de ellos con presencia de nódulos de sílex.

En la zona de Molengo la unidad se va haciendo menos grosera, con menor abundancia de conglomerados y con areniscas en bancos más continuos.

Pensamos que esta unidad representaría la parte más distal de un abanico aluvial, con la presencia de los canales de tipo anastomosado, variando de posición y dejando entre sí zonas restringidas en las que se pueden depositar finas capas de caliza y de yeso.

#### 2.1.2.4 Conglomerados de Fitero. Tcg<sup>Ba-Nc</sup><sub>C11</sub>

Esta unidad aflora en la esquina suroccidental y representa en su base un cambio de facies con la unidad de Cascante, descrita anteriormente.

Aunque en los afloramientos de la Hoja la mayoría de las capas son más altas que las de la Unidad de Cascante, en la parte baja hay cambio de facies, y aunque no es posible ver qué ocurre en las capas inferiores, creemos que el cambio de facies baja bastante.

La potencia visible en la Hoja es de algo más de 100 m., pero la potencia real es difícil de predecir.

Litológicamente esta unidad está formada por bancos de conglomerados de cantos de tamaño muy variable, entre 3 y 50 cm., aunque puede haber algunos bloques aislados de mayor diámetro.

Los cantos son fundamentalmente de caliza y cuarcita.

Estos conglomerados presentan intercalaciones de niveles de areniscas y limos rojos en bancos finos.

Como ya hemos apuntado anteriormente, estos conglomerados deben representar una deposición de abanicos aluviales, que da lugar a estos conglomerados dispersos en cuñas orientadas hacia el Norte, que se resuelven en un sistema de ríos anastomosados en la Formación de Cascante.

La edad de estos conglomerados representa un problema, puesto que aquí solamente afloran unos metros, que dentro del contexto general de la Hoja podemos asegurar que son vindobonienses; sin embargo, no sabemos hasta dónde pueden llegar en su parte basal.

Teniendo en cuenta que la cuenca funcionaba de una manera parecida desde el Aquitaniense Superior, los hemos bajado hasta este piso, pero a hacerlo así lo hacemos de una manera totalmente subjetiva.

### 2.1.3 Vindoboniense. Tc<sub>c11</sub><sup>Bb-Bc</sup>

#### 2.1.3.1 Calizas de Peña Abarzón

Este es un nivel de calizas grises muy bien definido, que se puede observar en la zona de Peña Abarzón y que se caracteriza por ser un banco de unos 60 cm. de espesor y por contener grandes nódulos de sílex.

En sección presentan un alto porcentaje de microorganismos.

Por correlación con el nivel de yesos de Monteagudo, que es Vindoboniense (RUIZ DE GAONA et al., 1946, y CRUSAFONT et al., 1966), podemos datar perfectamente estas calizas dentro de este piso.

### 2.1.4 Pontiense. Tc<sub>c12</sub><sup>Bc</sup>

En este piso incluimos unos conglomerados que afloran en el extremo suroccidental de la Hoja y que presentan muy malos afloramientos. Sin embargo, en las Hojas vecinas de Cervera del Río Alhama y Tarazona de Aragón están mejor representados.

Litológicamente la unidad está formada principalmente por conglomerados bastante sueltos, poligénicos y muy heterométricos, con matriz arenosa y limosa.

La edad de estos sedimentos no está perfectamente citada, pero ya BOMER (1954) y RIBA (1955) aportan datos para pensar que corresponden al Mioceno alto y no al Cuaternario, como habían dicho algunos autores (SANCHEZ LOZANO, 1894), aunque apuntan la posibilidad de que la parte más alta pueda corresponder al Cuaternario.

Al no tener nuevos datos sobre esto, creemos oportuno darlos como Pontienses.

## 2.2 CUATERNARIO

El Cuaternario está muy bien desarrollado en esta Hoja de Tudela, cubriendo aproximadamente el 50 por 100 de la superficie total.

Aquí podemos observar un sistema de terrazas muy bien desarrollado, especialmente en la margen derecha del río Ebro, y unos glaciales relacionados con algunos de los niveles de terraza.

Algunas veces nos ha sido difícil separar terrazas de glaciales, y en estos casos los hemos dibujado juntos, dándolos como un nivel único.

Es de destacar también la presencia de unos depósitos finos rellenando los valles de la zona noreste.

### 2.2.1 Pleistoceno

La diferenciación entre el Pleistoceno y el Holoceno la hemos hecho con un criterio totalmente subjetivo, puesto que hasta ahora no tenemos ninguna base sólida de datación.

MENSUA (1960) sitúa el nivel más alto de terraza en el Villafranquiense, y RIBA (1955) apunta que el encajamiento de la red fluvial es anterior al Cuaternario y que es posible que existan terrazas pliocenas. Al no tener una clara evidencia de la edad, nosotros las hemos puesto todas en el Pleistoceno.

#### 2.2.1.1 Terrazas altas. Niveles $Q_1^{T1}$ , $Q_1^{T2}$ , $Q_1^{T3}$ , $Q_1^{T4}$

Agrupamos aquí a los cuatro niveles más altos de terrazas del Ebro (de los representados en la Hoja), que aquí son siempre terrazas suspendidas y están a unas alturas sobre el nivel actual del río de:

$Q_1^{T1}$  : 120 a 140 m.

$Q_1^{T2}$  : 100 a 110 m.

$Q_1^{T3}$  : 90 a 100 m.

$Q_1^{T4}$  : 70 a 80 m.

Las características litológicas de estas terrazas son muy parecidas para todos los niveles. Están formadas por gravas casi siempre completamente cementadas, formando verdaderos conglomerados con potencias que pueden superar los 10 m.

Entre las gravas y conglomerados se encuentran lentejones de limos y arenas.

En la parte alta se ha desarrollado una costra calcárea con un desarrollo superior al metro en muchos puntos.

#### 2.2.1.2 Terrazas medias. Niveles $Q_1^{T05}$ , $Q_1^{T6}$ , $Q_1^{T7}$

Entre las terrazas medias incluimos estos tres niveles, el primero de los cuales está relacionado con un glacis del que no hemos hecho la separación.

Las alturas respectivas sobre el nivel actual del río son las siguientes:

$Q_1^{T05}$  : entre 60 y 70 m.

$Q_1^{T6}$  : entre 30 y 50 m.

$Q_1^{T7}$  : entre 10 y 30 m.

Estos niveles están formados principalmente por gravas, con arenas, limos y arcillas en la parte más alta.

Las gravas están algunas veces consolidadas, especialmente en la  $Q_1^{765}$ .

Precisamente esta terraza adquiere un gran desarrollo en la zona del río Alhama, y hacia el Oeste, en la Hoja de Cervera del Río Alhama, se confunde con los glacis de la zona del Yerga.

### 2.2.1.3 *Glacis* $Q_1^6$

Los glacis de erosión son bastante abundantes en esta Hoja, y se desarrollan tanto a partir de las terrazas aluviales antiguas como a partir de los relieves producidos por los materiales del Terciario Continental, especialmente en el cuarto suroccidental de la Hoja.

Litológicamente están constituidos por gravas, englobadas en arcillas y limos de tonalidades pardas y rojizas.

Normalmente las gravas suelen ser bien rodadas, porque su procedencia son las terrazas altas o bien los conglomerados de la zona suroccidental; sin embargo, en la zona de Las Bárdenas se desarrollan glacis a partir de las calizas de la Formación Tudela, lo que da cantos muy angulosos por tener, además, muy poco recorrido el material.

## 2.2.2 **Holoceno**

### 2.2.2.1 $Q_2^{768}$

Este es el nivel de terraza 8 del Ebro, pero en las zonas de los afluentes Alhama y Queiles esta terraza se confunde sin solución con el aluvial del Queiles y con glacis laterales.

Consta de gravas, arcillas y limos y lentejones de arena, pero la litología varía mucho en los distintos puntos; por ejemplo, en la zona de Cabanillas y concretamente junto al río Ebro, la secuencia es bastante clara de gravas en la base y limos en la parte alta, pero en la zona de Cascante, o bien en Las Foyas, la litología varía.

### 2.2.2.2 *Llanura aluvial*. $Q_2^{Al}$

La llanura aluvial del Ebro está muy bien desarrollada, especialmente en su margen izquierda, sobre todo en la zona de Las Bárdenas.

El río Ebro se caracteriza por un desarrollo fluvial meandriforme, con el curso fluvial divagando por la llanura aluvial.

Los materiales que forman esta llanura aluvial son gravas y limos, especialmente en la parte más alta, también hay lentejones de arena.

### 2.2.2.3 *Relleno de valle.* $Q_2^1$

En este apartado incluimos los sedimentos que rellenan los valles de los barrancos que drenan la depresión de Las Bárdenas. Esta está formada fundamentalmente por materiales finos (arcillas y limos), que son los que encontramos luego rellenoando estos fondos del valle. Se encuentran también niveles de arenas y gravas, pero siempre envueltos en una matriz mucho más fina.

### 2.2.2.4 *Meandros abandonados.* $Q_2^M$

Esta diferenciación se ha hecho a partir de la fotografía aérea, en la que se pueden distinguir las trazas de los meandros antiguos dentro de la llanura aluvial.

Desde el punto de vista litológico, estos meandros suelen estar rellenos de sedimentos más finos que el resto de la llanura aluvial, debido a que la deposición se efectúa una vez abandonado el cauce, y se realiza en aguas tranquilas con aportes producidos durante las crecidas.

### 2.2.2.5 *Barras de acreción lateral actual.* $Q_2^B$

Aquí incluimos los depósitos que se están sedimentando actualmente por acreción lateral en los meandros funcionales del río.

Fundamentalmente están formados por gravas, arenas y limos.

### 2.2.2.6 *Islas fluviales.* $Q_2$

Son las islas que hay en el cauce del río, que tienen un origen y una litología similar al de las barras.

## 3 TECTONICA

Desde el punto de vista tectónico, la Hoja de Tudela es poco interesante. El Terciario Continental forma una serie monoclinical con buzamientos muy suaves que varían desde unos  $10^\circ$  en la parte nororiental, donde afloran los terrenos antiguos, hasta prácticamente la horizontalidad.

La tectónica que afecta al Terciario Continental de toda la zona en general es de dos tipos: la que puede observarse en los bordes de la cuenca, tanto en el Sur como en el Norte, y la que se puede observar en las partes centrales de la cubeta, que es de origen diapírico.

Aquí, por estar en el centro de la cubeta, la primera no es visible, y la

segunda tampoco, porque en esta Hoja ya no hay yesos y, por tanto, los pliegues halocinéticos quedan totalmente amortiguados; solamente en la parte nororiental afloran parte de los yesos de la Formación de Lerín, formando el flanco sur del Anticlinal de Arguedas.

Todos los tramos de la Hoja están, además, en contacto normal o de facies entre sí, a excepción de los conglomerados Pontienenses (?) del borde suroccidental, que están discordantes sobre el tramo inmediatamente inferior de los Conglomerados de Fitero.

Estos conglomerados, que se pueden observar mejor en las Hojas vecinas, se encuentran siempre discordantes sobre los tramos inferiores, y están formando afloramientos discontinuos en forma de casquetes encima de los materiales más antiguos.

#### 4 HISTORIA GEOLOGICA

Como se puede ver en la Hoja de Alfaro, situada al Norte, durante el Oligoceno Superior y el Aquitaniense Inferior la zona central de la cuenca estaba dominada por una sedimentación evaporítica, representada por la Formación de Lerín, que en el marco de la presente Hoja sólo aflora en la esquina nororiental. Aunque pensamos que hacia el Sur esta formación debe presentar un cambio lateral de facies hacia depósitos más de borde, por la disposición de materiales y afloramientos, esto no puede saberse con exactitud.

A partir del Aquitaniense Superior hasta el Vindoboniense, la sedimentación del centro de la cubeta es arcillosa y carbonatada, representada por la Formación de Tudela, y alcanza su máxima potencia en la vecina Hoja de Fustiñana. Es una sedimentación lacustre de aguas someras, con sedimentación arcillosa y episodios de deposición de calizas, bastante bioturbadas y con presencia a veces de marcas de desecación.

Hacia el Suroeste, o sea, hacia el borde meridional de la cuenca, va pasando a unas facies más terrígenas de arcillas y limos rojos y capas de arenisca con óndulas de corriente y algunos canales que se van haciendo más importantes y densos hacia el Sur y el Oeste. Son las facies fluviolacustres de la Formación Alfaro, con paleocorrientes bastante claras hacia el centro de cubeta (dirección al NE.).

Todavía más al Suroeste nos encontramos con unas facies fluviales, representadas por unos canales conglomeráticos de ríos no meandriformes, con depósitos de menor energía en las zonas entre los canales, donde pueden depositarse calizas y yesos en pequeñas cuencas laterales y confinadas.

En una de estas pequeñas cuencas se deben haber sedimentado las calizas de Peña Abarzón, que se caracterizan por contener grandes nódulos de sílex.

Estas facies de la Unidad de Cascante representan la parte más distal de los abanicos aluviales del borde de la cuenca, Conglomerados de Fitero, que se pueden observar en la zona más suroccidental de la Hoja.

Creemos que este esquema borde-centro de cubeta, que podemos resumir así:

1. Abanicos aluviales (conglomerados),
2. Red fluvial anastomosada (conglomerados, areniscas, limos, arcillas con niveles de caliza y yeso),
3. Depósitos fluvio-lacustres (arcillas, limos y areniscas) y
4. Depósitos lacustres (arcillas, caliza y esporádicamente areniscas),

es el que tenemos en esta Hoja claramente representado en franjas NO.-SE. y evolucionando en dirección noreste.

Por efectos de resistencia a la erosión, los afloramientos que vemos en la Hoja son cada vez más modernos hacia el Suroeste, por lo que los cambios de facies sólo pueden verse en muy pocos metros de serie, pero creemos que en general el proceso es el descrito.

Posteriormente al final del Mioceno, o quizá en el Plioceno, se ha producido la sedimentación de los conglomerados que forman el manchón de la esquina sureste de la Hoja y que representa un momento de una fuerte erosión y desmantelamiento de las zonas situadas más al Sur, seguramente al producirse una apertura de la cuenca hacia el Suroeste, con un principio de modelación de la cuenca exorreica del Valle del Ebro.

## **5 GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1 MINERIA Y CANTERAS**

Las explotaciones que se realizan en esta Hoja se limitan a alguna cantera de áridos que explota las terrazas del Ebro y otras canteras que explotan las arcillas de las Formaciones de Tudela y Alfaro para cerámica. Estas explotaciones son especialmente importantes junto a Tudela.

### **5.2 HIDROGEOLOGIA**

Desde el punto de vista de la hidrogeología, son muy interesantes las terrazas más bajas del Ebro, Alhama y Queíles, y muy especialmente la llanura aluvial.

Las terrazas superiores presentan pocas posibilidades, debido a que las gravas suelen estar cementadas, y, además, la presencia de una costra calcárea en la parte alta dificulta la infiltración, aparte de que al quedar colgadas pierden el agua acumulada con relativa rapidez.



## 6 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1954).—«Las formaciones del Terciario Continental entre Egea de los Caballeros y Tauste». *N. y C. del I.G.M.E.*, núm. 33, pp. 71-78, Madrid, 1954.
- (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.
- ALLEN, J. R. L. (1963).—«The classification of cross-stratified units with notes on their origin». *Sedimentology*, 2, pp. 93-114.
- (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 244, Alfaro, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona (Inédita).
- (1972).—«Memoria explicativa de la Hoja 282, Tudela, del Mapa 1:25.000 de la Diputación Foral de Navarra». Pamplona (Inédita).
- BOMER, B., y RIBA, O. (1965).—«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra». *Com. C. 6-3 del tomo V de las 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*. Pamplona. (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 yacimientos 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.
- 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. Principio 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, 1 mapa.
- MALDONADO, A. (1971).—«Memoria explicativa de la Hoja 283, Fustiñana, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona. (Inédita.)
- MENDIZABAL, y CINCUÑEGUI, 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.
- 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).
- 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. Gulde Ex. núm. 3, Villafanchlen 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 Edatología*, 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.
- 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 202, 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.
- WALKER, R. (1963).—«Distinctive types of ripple-drift cross-lamination». *Sedimentology* 2, pp. 173-188.
- VALLE, A. del; MENDIZABAL, J., y CINCUNEGUI, M. (1933).—«Memoria explicativa Hoja 282, Tudela». 29 págs., 7 fots. *I. G. M. E.*
- (1935).—«Memoria explicativa Hoja 244, Alfaro». 22 págs., 12 figs. *I. G. M. E.*
- VALLE, A. del; MENDIZABAL, J., y PASTOR, M. (1941).—«Memoria explicativa Hoja 245, Sábada». Mapa Geol. España a escala 1:50.000. *I. G. M. E.*, 25 págs.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA