

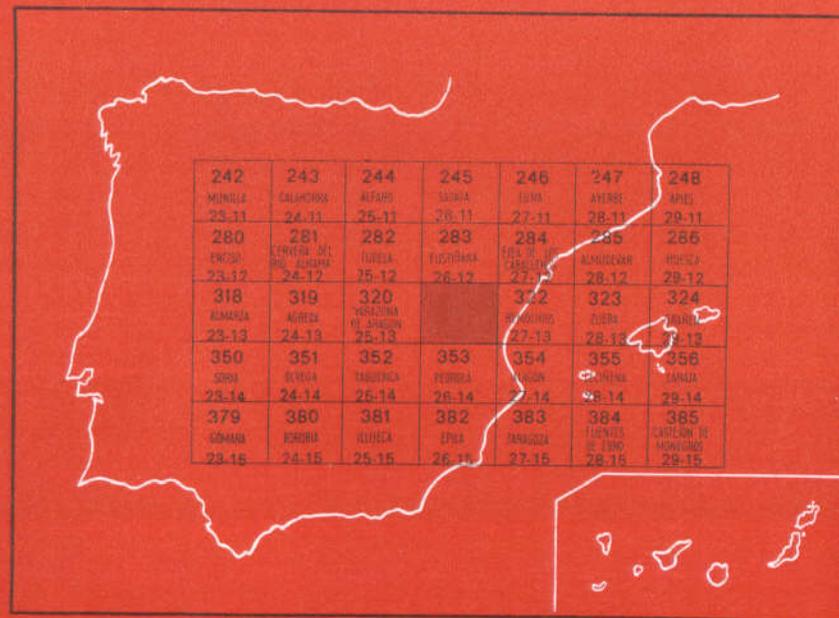
MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

TAUSTE

Segunda serie - Primera edición

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

20321

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

TAUSTE

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 D. Javier Castiella Muruzábal, Licenciado en Ciencias Geológicas, de la Investigación Geológica de Navarra, Diputación Foral de Navarra, que dirige técnicamente D. Joaquín del Valle de Lersundi, Doctor Ingeniero de Minas.

El estudio micropaleontológico ha corrido a cargo del Dr. en Ciencias Geológicas, D. 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 - 43.422 - 1977

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

1 INTRODUCCION

La Hoja de Tauste, enclavada, casi en su totalidad, en la provincia de Zaragoza, comprende en el ángulo NO. una parte de la de Navarra. Corresponde al borde meridional de la Depresión del Ebro.

Los materiales miocenos que la constituyen, de origen continental, son arcillas y limos de tonos rojizos con areniscas y calizas subordinadas, y yesos con frecuentes episodios terrígenos. Representan facies fluviolacustres, lacustres y lacustres evaporíticas de centro de cubeta.

Estos depósitos quedan recubiertos, en gran parte, por el sistema de terrazas del Ebro y afluentes, así como por numerosos glacis.

Desde un punto de vista estructural, la formación miocena se caracteriza por presentar una disposición monoclinal con buzamientos muy suaves, subhorizontales, pudiendo observarse localmente algún pequeño pliegue, muy abierto.

2 ESTRATIGRAFIA

2.1 TERCIARIO

El Terciario continental, que ocupa la totalidad de la Hoja, si exceptuamos el Cuaternario, se caracteriza por la gran escasez de ostrácodos y oogonios de Charáceas, y más aún si consideramos los que tienen un valor estratigráfico claro.

La determinación de los microfósiles característicos viene dificultada por la frecuente resedimentación de los microorganismos, por el mal estado de conservación de las especies, así como por el limitado conocimiento de la dispersión de las mismas, tanto en el tiempo como en el espacio.

La falta de argumentos paleontológicos, por un lado, y la variada distribución de las facies, por otro, dificulta mucho el establecimiento de los límites cronoestratigráficos.

Afortunadamente, en la vecina Hoja de Tarazona (320), se descubrió en 1920 un yacimiento de vertebrados en el término de Monteagudo, que define el Vindoboniense. Además, en la Hoja de Tudela (282) también se sitúan dos yacimientos, uno de los cuales caracteriza el Aquitaniense y el otro el Burdigaliense. Al estar situados relativamente cerca, es posible hacer algunas correlaciones.

A la vista de estos factores, la estratigrafía tiene que apoyarse en el estudio de las facies litológicas, y en las correlaciones, a partir de niveles guías y de líneas fotogeológicas. No obstante, la enorme variabilidad de las facies, unida al gran desarrollo de los depósitos cuaternarios que recubren los materiales terciarios, plantea problemas importantes de correlación. Vemos, pues, que se trata de una labor muy expuesta, siempre sujeta a cambios a medida que se van descubriendo nuevos yacimientos fosilíferos.

También crea problemas, a la hora de establecer correlaciones por medio de niveles guías, la disposición diácrona de las facies. Este fenómeno consiste, como ya apuntó RIBA (1964) en los yesos de Desojo (Hoja de Viana, 171), en un desplazamiento paulatino de las capas en sentido estratigráfico ascendente.

Apyados en la paleontología, especialmente en los vertebrados, así como en la fotogeología, en las observaciones realizadas en el campo, y en el conocimiento de la geología regional, y, salvando las dificultades mencionadas, ha sido realizada la cartografía de la presente Hoja.

2.1.1 AQUITANIENSE-VINDOBONIENSE

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

La Formación Alfaro, propiamente dicha, se extiende formando una amplia franja a lo largo de la margen derecha del Ebro, con la particularidad de que, hacia el NO., a medida que los materiales van siendo cada vez más antiguos, aumenta la proporción de areniscas y, por consiguiente, la influencia fluvial. Así, mientras que en la Hoja de Tudela (282), situada al NO. afloran los términos inferiores constituidos por arcillas, limos y areniscas, de edad Aquitaniense-Burdigaliense, en esta región aparecen los términos superiores básicamente arcillosos y limosos, de edad Vindoboniense y de carácter lacustre con influencia de débiles corrientes.

Por otro lado, en la margen izquierda del Ebro, por debajo del tramo yesífero de la unidad Ty_{c11}^{Bb-Bc} , se desarrolla una importante serie arcillosa y limosa de tonos rojizos y grises, que representa el paso lateral de la mitad inferior de la Formación Tudela, y comprende el Aquitaniense-Burdiga-

liense, y la base del Vindoboniense. Dicha serie se ha asociado, en base a sus características litológicas, a la Formación Alfaro. No obstante, si atendemos a las condiciones de sedimentación, estas facies presentan un carácter lacustre más acentuado que las consideradas en la orilla derecha del Ebro, estratigráficamente superiores.

Dada la peculiar distribución de estos depósitos, así como sus notables cambios de facies, la potencia varía según el lugar que se considere. En el perfil de Sancho Abarca, que representa únicamente el tramo inferior, referido en el párrafo anterior, se tiene un espesor de 170 m. Dicho tramo, hacia el Oeste queda reducido a 30 m. Por otra parte, el tramo superior, reflejado en el perfil de Mallén, alcanza unos 150 a 160 m.

Desde un punto de vista litológico, esta formación se caracteriza por estar constituida por arcillas y limos, más o menos calcáreos, de tonos rojizos y grises, con esporádicas intercalaciones de areniscas y de limolitas.

Las areniscas, de grano fino, están muy poco cementadas y contienen abundante yeso, tanto en forma de fracción detrítica como de cemento, así como una gran proporción de granos de cuarzo (52 por 100). Por lo general, se disponen en capas extensas de 5 a 50 cm. de espesor, con óndulas de corriente.

Las arcillas y limos presentan finas hiladas de yeso fibroso interestratificado, o bien rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

Las muestras recogidas en los afloramientos de la margen derecha del Ebro han dado los siguientes microorganismos:

Candona cf. recta DICKINSON y SWAIN

Candona praecox STRAUB

Sypridopsis kinkelini LIENENKL.

Elkocythereis sp.

Asociación faunística que caracteriza el Aquitaniense-Burdigaliense. Esto no concuerda con los yacimientos de vertebrados de la región, ya que la Formación Alfaro que aflora en la Hoja se sitúa muy por encima del yacimiento Tudela II (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966), de edad Burdigaliense, e inmediatamente debajo del yacimiento de Monteagudo, datado como Vindoboniense Superior. Por tanto, creemos que se puede atribuir claramente al Vindoboniense.

Sin embargo, las muestras recogidas en los afloramientos de la margen izquierda son totalmente azoicas. Por la posición estratigráfica, corresponden fundamentalmente al Burdigaliense, y quizá lleguen hasta el Vindoboniense.

2.1.1.2 Yesos de Remolinos. Unidad Ty_{c11}^{Ba-Bc}

Afloran en el extremo oriental de la Hoja. Corresponden a facies centrales de cuenca y representan el paso lateral de los términos inferiores de

la Formación Tudela y de la Formación Alfaro, en facies de marcado carácter lacustre.

La potencia de este tramo es de unos 200 m., teniendo en cuenta que el techo sale fuera de los límites de la zona en cuestión.

Litológicamente consiste en una alternancia de yesos y arcillas y limos, más o menos calcáreos, de tonos pardo rojizos y grises, con predominio de los materiales evaporíticos sobre los terrígenos y viceversa. En ocasiones, se intercalan finas capas de caliza, de grano muy fino, asociadas normalmente a los yesos, así como de areniscas yesíferas. Cabe destacar también la presencia muy aislada de cuerpos arenosos con óndulas y megaóndulas de corriente, que representan depósitos de canal, con espesores hasta de 5 m.

Se han diferenciado yesos sacaroideos blanquecinos en capas normalmente de 10 a 30 cm., y yesos que forman gruesos bancos constituidos por una alternancia de finas pasadas de yeso terroso, yeso fibroso y arcillas yesíferas, que dan al conjunto una estructura hojosa característica.

Las arcillas y limos contienen abundante yeso disperso, así como yeso fibroso rellenando grietas.

Aunque los resultados del estudio micropaleontológico son negativos, ya que la totalidad de las muestras son azoicas, es fácil establecer correlaciones con el yacimiento de vertebrados de Remolinos dado a conocer por R. LLAMAS (1959) (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966), y que caracteriza el Burdigaliense-Vindoboniense Inferior.

2.1.2 AQUITANIENSE-PONTIENSE

2.1.2.1 Formación Tudela. Unidades T_{c11-12}^{Ba} , T_{c11}^{Bb-Bc} y T_{c11-12}^{Bb-Bc}

La diferenciación de la Formación Tudela en tres unidades se ha hecho fundamentalmente en base a un criterio cronoestratigráfico, aunque también existen pequeñas variaciones en cuanto a la composición litológica.

En líneas generales, estas unidades son esencialmente arcilloso-limosas con intercalaciones, más o menos espaciadas, de calizas arcillosas en bancos, normalmente de 0,20 a 1 m., aisladas o apiladas formando gruesos paquetes.

A continuación vamos a definir cada una de estas unidades por separado.

Unidad T_{c11-12}^{Ba}

Aflora en el ángulo NE., en las inmediaciones de Sancho-Abarca, y al NO. también en la orilla izquierda del Ebro, dentro del término de Buñuel. En este último punto los materiales son más modernos, pudiéndose datar con bastante exactitud como Burdigaliense.

Como ya se ha mencionado, cambia de facies con la Formación Alfaro y con los «Yesos de Remolinos». Por ese motivo la potencia varía considerablemente de un lugar a otro. Aunque la potencia total no es visible en el marco de la Hoja, ya que la base no aparece, se han medido en la Hoja de Tudela unos 320 m.

Está formada por arcillas calcáreas de tonos rojizos y gris blanquecinos, con calizas interestratificadas. Existe un claro predominio de las arcillas, aunque localmente puede aumentar considerablemente la densidad de las capas calcáreas. El espesor de las mismas varía, por lo general, entre 0,10 y 1 m., aunque, a veces, se apilan en gruesos paquetes de más de 2 m.

A simple vista, se pueden diferenciar dos tipos de calizas. Unas son algo arcillosas, puras, compactas y de color gris blanquecino. Otras tienen un color gris más oscuro y son más arcillosas, por lo que suelen erosionarse con más facilidad.

Esta unidad se caracteriza por la presencia de:

Elkocythereis aff. minutidontis DICKINS. y SWAIN

Elkocythereis aff. bramletti DICKINS. y SWAIN

Cypridopsis kinkelini LIENENKL.

Haplocytheridea aff. helvetica

Chara ?

Asociación que define el Aquitaniense-Burdigaliense.

Unidad T^{Bb-Bc}_{c11}

Aflora casi en su totalidad al NE. del Ebro, excepto unos niveles basales que atraviesan el río y se extienden por las inmediaciones de Gallur. Descansa directamente sobre el tramo yesífero que integra la unidad Ty^{Bb-Bc}_{c11}.

Representa el paso lateral de los términos superiores de la Formación Alfaro, desarrollados en la margen derecha del Ebro.

La potencia total no se conoce, ya que el techo sale fuera de los límites de la Hoja. No obstante, la potencia de los materiales depositados en esta región es de unos 110 m.

Consta de arcillas calcáreas y limos de tonos rojizos y grises con frecuentes intercalaciones de calizas, de la misma naturaleza que las de la unidad anterior. Hay que señalar también la presencia de capas de arenisca, más o menos espaciadas, así como de esporádicas capas de yeso.

Las areniscas, normalmente se disponen en capas de 0,50 a 1 m. de potencia, aunque a veces pueden sobrepasar los 3 m. Estos cuerpos arenosos corresponden, por lo general, a depósitos de canal con estratificación gradada, y con óndulas y megaóndulas de corriente.

Los terrígenos que las componen son principalmente granos de cuarzo

(40 por 100) y de feldespato (20 por 100), la matriz es caliza (35 por 100) y, en ocasiones, contienen abundante yeso en el cemento.

El estudio micropaleontológico revela la existencia de la *Cypria curvata* LIENENKL, ostrácodo típico de las capas de Hydrobia de Alemania, en la Cuenca del Rhin, que caracteriza el Vindoboniense.

Unidad T_{Cc11-12}^{Bb-Bc}

Ocupa el ángulo SO. de la Hoja. Corresponde a los términos más altos de la Formación Tudela, los cuales presentan una cierta diacronía estratigráfica con respecto a la Formación Alfaro subyacente.

Litológicamente consiste en arcillas calcáreas y limos, de tonalidades pardo rojizas y grises, con intercalaciones de caliza arcillosa blanquecina en capas de 0,20 a 1 m. de espesor, que unas veces se presentan aisladas y otras apiladas en gruesos paquetes. Estos tramos calcáreos, en ocasiones, sobrepasan los 2 m.

La potencia de la unidad referida es bastante constante, estando comprendida entre 110 y 120 m.

Aunque las muestras recogidas han dado también la *Cypria curvata* LIENENKL., que define el Vindoboniense, todavía se puede, por la posición estratigráfica, precisar más en cuanto a la edad. Así, este tramo cambia de facies con los «Yesos de Monteagudo» (Hoja de Tarazona, 320), datados por vertebrados fósiles como Vindoboniense Superior, por lo que se le puede atribuir la misma edad. Incluso, creemos que los niveles más altos pueden llegar al Pontiense.

2.1.3 VINDOBONIENSE

2.1.3.1 Unidad Ty_{c11}^{Bb-Bc}

Esta unidad, predominantemente yesífera, constituye la base de la unidad T_{c11}^{Bb-Bc} de la Formación Tudela, como ya indicamos. Con ella se inicia la sedimentación de la serie Vindoboniense que culmina en esta zona con un tramo calizo suprayacente a la Formación Tudela, que da un marcado relieve en la Hoja de Fustiñana (283), y en cuya vertiente Sur se emplaza la ermita de Sancho Abarca.

Tiene tan sólo unos 10 m. de potencia, y su extensión lateral es bastante reducida, ya que, nada más salir fuera de los límites de la Hoja, cambia de facies con la Formación Tudela y hacia el Sur, hace lo mismo con la Formación Alfaro.

Los bancos de yeso presentan una estructura hojosa, que consiste en una alternancia fina de yesos terrosos, yesos fibrosos y arcillas yesíferas, en capas bien estratificadas de alrededor de 1 cm. Esporádicamente esta

rítmica secuencia queda interrumpida por niveles yesíferos más potentes, muy bien definidos, con espesores del orden de 10 a 40 cm. Son yesos de tipo sacaroideo, alabastrinos, de color blanquecino.

Frecuentemente se intercalan entre los yesos niveles de arcilla calcárea de tonos rojizos, grises y pardo-amarillentos, con abundante yeso disperso.

No existe ninguna evidencia paleontológica; no obstante, por la posición estratigráfica puede atribuirse al Vindoboniense basal.

2.1.4 VINDOBONIENSE-PONTIENSE

2.1.4.1 Unidad T_{c11-12}^{Bb-Bc}

Aflora en el ángulo suroeste de la Hoja, donde sólo son visibles los niveles inferiores. El resto está muy bien desarrollado en la Hoja de Tarazona (320), situada al oeste.

Litológicamente estos niveles consisten en una alternancia de arcillas calcáreas, yesos sacaroideos blancos y yesos terrosos de la misma naturaleza que los de la unidad anterior.

Las arcillas calcáreas contienen abundante yeso disperso, así como finas hiladas de yeso fibroso interestratificadas, o bien, rellenando grietas oblicuas a la estratificación.

Las muestras recogidas han dado resultados negativos en cuanto a la edad, ya que son azoicas. No obstante, por la posición estratigráfica, de acuerdo con lo expuesto en la Hoja de Tarazona (320), podemos afirmar con bastante exactitud que esta unidad pertenece al Vindoboniense terminal y al Pontiense.

2.2 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios alcanzan una gran extensión, recubriendo de una manera discontinua el 50 por 100 de la superficie total de la Hoja.

Cabe destacar el sistema de terrazas del Ebro, especialmente desarrollado en la margen derecha del río, así como numerosos glacis, algunos de los cuales enlazan con los niveles de terrazas formando un mismo conjunto morfológico.

Por otro lado, hay que señalar los depósitos dados como fondo aluvial o relleno de valle creados por los afluentes y pequeños arroyos que drenan los valles, y que guardan una estrecha relación con las terrazas bajas del Ebro.

Existen también otras acumulaciones cuaternarias que tienen una importancia secundaria en el paisaje, tales como los «conos de deyección».

Se han cartografiado en esta región, a lo largo del Ebro, con el actual, seis niveles de terrazas, los cuales se han agrupado de una manera, más

o menos convencional, de acuerdo con los caracteres litológicos, morfológicos y, sobre todo, con la altitud relativa con respecto al Ebro. A la vista de estos factores, se han dividido de la siguiente forma:

- Terrazas altas: Niveles Q_1^{T1} (90/100 m.) y Q_1^{TG2} (60/80 m.).
- Terrazas medias: Niveles Q_1^{TG3} (20/30 m.) y Q_1^{TG4} (10/20 m.).
- Terrazas bajas: Niveles Q_2^{TG} (5/10 m.) y Q_2^{Al} (0/5 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 de modo relativo estos depósitos cuaternarios dentro del ámbito general de este período.

Las terrazas altas y las terrazas medias se han incluido dentro del Pleistoceno, y 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, les hemos dado como comprensivos.

2.2.1 PLEISTOCENO

2.2.1.1 Terrazas altas. Niveles Q_1^{T1} y Q_1^{TG2}

Agrupamos en este apartado los niveles más altos de las terrazas del Ebro representados en la Hoja, que corresponden a terrazas suspendidas. El nivel Q_1^{T1} está a una altura sobre el nivel actual del río de 90 a 100 m. y el nivel Q_1^{TG2} comprende indistintamente los niveles de altitud relativa de 60 a 70 m. y de 70 a 80 m., los cuales se han cartografiado conjuntamente. Ambos enlazan con glaciares, sin solución de continuidad.

Estas terrazas están formadas por gravas con cantos muy heterométricos, subredondeados y redondeados, englobados en un cemento bastante coherente. Entre las gravas se encuentran lentejones de limos y arenas.

Por lo general, presentan en el techo una costra calcárea (caliche) que, a veces, alcanza 1 m. de espesor.

2.2.1.2 Terrazas medias. Niveles Q_1^{TG3} y Q_1^{TG4}

Entre las terrazas medias incluimos los niveles Q_1^{TG3} , de altitud entre 20 y 30 m., y Q_1^{TG4} entre 10 y 20 m., que también corresponden a terrazas colgadas asociadas a glaciares, con las que forman una misma unidad morfológica muy difícil de separar.

Constan casi exclusivamente de gravas, poco cementadas, compuestas por cantos subredondeados, relativamente homométricos, de calizas secundarias y eocenas, y de cuarcitas y de areniscas permotriásicas. En algunas

zonas se observan lentejones de arenas con cantos englobados, así como lechos arenosos ricos en materia orgánica, y niveles de caliche.

2.2.2 HOLOCENO

2.2.2.1 Terrazas bajas. Niveles Q_2^{TG} y Q_2^{Al}

Estos niveles corresponden a la terraza de inundación actual o llanura aluvial y a la terraza inmediatamente superior, con altitudes relativas de 0 a 5 m. (Q_2^{Al}) y de 5 a 10 m. (Q_2^{TG}) respectivamente. A diferencia de las anteriores, son encajadas.

La terraza superior en la zona de los afluentes se confunde con el aluvial de los mismos. Igualmente ocurre con el relleno de valle, depositado por los arroyos que drenan la región.

Estos últimos revestimientos cuaternarios tienen poco espesor, máximo 5 m., y se componen fundamentalmente de arcillas y limos, que engloban cantos en su interior.

Las terrazas bajas, por lo general, están formadas por dos tramos bien definidos. Uno inferior de gravas, con cantos rodados de caliza, arenisca y cuarcita, muy poco cementados. Frecuentemente se observan lentejones de arenas interstratificadas. Otro tramo superior, de arcillas y limos, que localmente enmascara cantos.

El río Ebro presenta muestras de una gran actividad, variando su curso constantemente, y dejando sobre su llanura de inundación numerosos meandros abandonados.

2.2.2.2 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) aportados por el río en las grandes crecidas.

Dada la importancia que estos meandros adquieren en el Ebro, hemos creído oportuno diferenciarlos a partir de la fotografía aérea.

2.2.2.3 Barras de acreción lateral actual. Q_2^B

Son depósitos que se están sedimentando actualmente en los meandros funcionales, y van creciendo lateralmente por efectos de la mecánica fluvial en esos tramos del río.

Fundamentalmente están formados por gravas, arenas y limos.

2.2.2.4 Islas fluviales. Q_2^1

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

2.2.2.5 Conos de deyección. Q_2^{cd}

Se extienden, en el ángulo sureste de la Hoja, sobre una de las terrazas bajas del Ebro.

Los materiales acumulados son arcillas y limos, con abundante yeso disperso. Estos depósitos provienen de zonas muy próximas, fácilmente derrubiables (yesos y arcillas de la unidad T_{c11}^{Ba-Bc}).

2.2.3 PLEISTOCENO-HOLOCENO

2.2.3.1 Glacis. Q_{1-2}^G

Los glacis se asientan normalmente sobre las arcillas y limos de la Formación Alfaro (T_{c11}^{Ba-Bc}).

Su desarrollo se ve favorecido por las inmejorables condiciones de los materiales terciarios a ser erosionados y por la presencia de conglomerados en el borde meridional de la Depresión, capaces de suministrar los aportes.

Por su litología, pueden diferenciarse dos tipos de glacis. Unos, formados esencialmente por cantos de caliza y arenisca, bastante homométricos, subredondeados, englobados en una matriz arenosa poco coherente. Otros, compuestos en su totalidad por arcillas y limos procedentes de las vertientes modeladas en los materiales terciarios.

3 TECTONICA

La Hoja de Tauste está caracterizada, desde un punto de vista estructural, porque los materiales terciarios que la integran se presentan, en líneas generales, formando una serie monoclinial con buzamientos muy suaves de 2 a 3° hacia el Sur.

Entre las pequeñas estructuras de carácter local observadas en la zona, hay que señalar un suave sinclinal situado al norte del Ebro, en la parte central de la Hoja, cuyo eje está arrumbado de N. a S. Los flancos de dicho accidente tienen un buzamiento de 2 a 3°.

La falta de materiales evaporíticos oligocenos y la enorme masa de sedimentos miocenos acumulados, hacen que los efectos halocinéticos de las sales, causantes de los pliegues centrales de la Depresión del Ebro, queden en esta región prácticamente amortiguados. Es posible que los Yesos de

Remolinos (Unidad T_{c11}^{Ba-Bc}), puedan dar lugar a fenómenos meramente locales, de poca importancia, que tengan como respuesta la formación de pequeños pliegues como el que acabamos de mencionar.

Todos los contactos entre las unidades son por cambios de facies, con la particularidad de que en ellos se manifiesta, generalmente, una notable diacronía estratigráfica. Este fenómeno consiste en que la sedimentación se va desplazando, capa a capa, de un lugar a otro, en sentido estratigráfico ascendente.

4 HISTORIA GEOLOGICA

En líneas generales, la sedimentación en la cubeta terciaria del Ebro viene condicionada por una continua y lenta traslación del surco sedimentario hacia el Sur, desde el Eoceno Superior al Ponticense. Este fenómeno es correlativo al levantamiento de los Pirineos.

Por tanto, los depósitos miocenos representados en esta región, que ocupan una posición claramente desplazada hacia el Sur, dentro del conjunto estratigráfico de la Depresión del Ebro, reflejan la migración meridional del surco sedimentario.

Este hecho viene corroborado por la distribución de las facies yesíferas, que corresponden a las facies centrales de cuenca. Así, los yesos más antiguos (yesos de Puente la Reina o Undiano) aparecen en la parte más septentrional, mientras que hacia el Sur se depositan los yesos más modernos, tales como los que afloran en la Hoja (Yesos de Remolinos) y más aún los que se desarrollan en la Hoja contigua de Tarazona (320), denominados Yesos de Monteagudo. Vemos, pues, que su distribución, y en general, la de todas las facies, es netamente diácrona.

Los cambios de facies durante el Mioceno, en el borde meridional, se ajustan al esquema general de la cubeta del Ebro. Es decir, los conglomerados y areniscas marginales pasan lateralmente a arcillas y calizas y éstas, a su vez, pasan a yesos de centro de cuenca. Todos estos cambios se reflejan en la presente Hoja, si exceptuamos el paso a las facies conglomeráticas de borde, que quedan más alejadas (Hoja de Tarazona, 320).

Tras la sedimentación evaporítica durante el Oligoceno Superior y Aquitaniense Inferior (Formación Lerín, Hoja de Tudela, 282), después de la primera fase de la orogenia alpina, se producen principalmente en la parte central de la Depresión, debido a los movimientos halocinéticos de los yesos infrayacentes, un buen número de cubetas sedimentarias, subsidentes, con un desarrollo en cierto modo autónomo. Por el contrario, hacia el Sur, concretamente en la zona que nos ocupa, los efectos halocinéticos de los yesos se amortiguan, y, en consecuencia, se establece un área de sedimen-

tación más continua, donde las facies litológicas guardan una estrecha relación.

En el Aquitaniense-Burdigaliense se produce en esta región una sedimentación, de marcado carácter lacustre, básicamente arcillosa (términos inferiores de la Formación Alfaro) y en ciertas zonas con intercalaciones calcáreas (Formación Tudela).

Hacia el Este, estas facies pasan a depósitos evaporíticos de centro de cubeta, representados por los Yesos de Remolinos, que continúan hasta el Vindoboniense Inferior.

Durante el Vindoboniense y quizá Pontiense basal, prosigue la deposición de las facies arcillosas y carbonatadas de la Formación Tudela, en la que esporádicamente se intercalan en los términos inferiores paleocanales que indican una clara influencia fluvial dentro del ámbito lacustre. Dichos términos pasan lateralmente a las facies fluviolacustres de la Formación Alfaro, propiamente dicha, mientras que los términos superiores la recubren.

El Pontiense se inicia en esta zona por una sedimentación evaporítica con frecuencia episodios terrígenos, y termina con las calizas de algas de la Muela de Borja (Hoja de Tarazona, 320).

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

Actualmente son objeto de explotación a cielo abierto los bancos de caliza arcillosa, de color gris claro y de 1 a 1,5 m. de potencia, que se intercalan en la serie arcillosa rojiza de la Formación Tudela. La zona canteable está situada en las inmediaciones de Sancho Abarca.

La Formación Alfaro también presenta tramos arcillosos de tonos rojizos que se explotan para la fabricación de ladrillos. Las canteras son especialmente importantes junto a Mallén.

Por último, cabe señalar las explotaciones de áridos que se llevan a cabo en las terrazas del Ebro, y, concretamente en el glacis desarrollado en la orilla izquierda del río Arba, al norte de Tauste.

5.2 HIDROGEOLOGIA

Desde un punto de vista hidrogeológico, las zonas que ofrecen mayor interés son las correspondientes a las terrazas bajas del Ebro y afluentes, en especial la llanura aluvial. Dichas terrazas poseen permeabilidades muy altas y se presentan encajadas.

Aunque constituyen muy buenos acuíferos, su explotación es prácticamente nula, ya que se utiliza para todos los usos el agua de tres importan-

tes canales que recorren la región. Estos son el Canal Imperial de Aragón, el Canal de Tauste y el Canal de Lodosa.

Por otro lado, las potentes formaciones terciarias, tienen una permeabilidad muy baja, por lo que pueden considerarse a efectos prácticos impermeables.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1954).—«Las formaciones del Terciario Continental entre Egea de los Caballeros y Tauste». *N. y C. del IGME*, núm. 33, pp. 71-78, Madrid, 1954.
- (1958).—«Nota sobre la estratigrafía de las Bárdenas en su extremo meridional». *N. y C. del IGME*, núm. 50, fasc. 2.º, Madrid, 1958.
- 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». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona (inédita).
- (1972).—«Memoria explicativa a la Hoja 282, Tudela, del Mapa 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona (inédita).
- BOMER, B., y RIBA, O. (1965).—«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra». Com. C. 6-3 del Tomo V de las publicaciones del «I Coloquio Intern. sobre las obras públicas en terrenos yesíferos». Madrid, 1965.
- CARBAYO, A., CASTIELLA, J., y SOLE, J. (1974 a).—«Memoria explicativa a la Hoja 172, Allo, escala 1:25.000». *Diputación Foral de Navarra*. Pamplona (inédita).
- (1974 b).—«Memoria explicativa a 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 Geológica Hispánica*, tomo 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. del IGME*, núm. 90, pp. 53-76.
- FLORISTAN SAMANES, A. (1951).—«La Ribera Tudelana de Navarra». *Diputación F. de Navarra e Inst. J. S. Elcano, C. S. I. C.*, 316 pp., 40 fig., 63 lám., Zaragoza.

- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1947).—«Rasgos fisiográficos y geológicos del Suroeste y Este de las tierras navarras». *Príncipe de Viana*, tomo 8, número 26, pp. 73-86. Pamplona.
- (1949).—«Las Bárdenas Reales. Rasgos fisiográficos y geológicos». *Rev. «Príncipe de Viana»*, año 10, núm. 37, pp. 440-472, 9 lám., fig. 3, 1 mapa.
- MALDONADO, A. (1971).—«Memoria explicativa a 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. IGME, núm. 4, pp. 140-142.
- MENSUA, S. (1960).—«La Navarra media oriental. Estudio Geográfico». *Inst. «Príncipe de Viana», D.º Geol. Aplic. Zaragoza, Ser. Reg. 8*, p. 186, 40 fig., 25 láminas.
- 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 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. Próxima 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, 1 fig. Stuttgart.
- (1964).—«Estructura sedimentaria del Terciario continental de la depresión del Ebro en su parte riojana y Navarra». *Aportación española al XX Congr. Geogr. Int. Reino Unido*, pp. 127-138, fig. 4. Zaragoza.
- RIBA, O., y BOMER, B. (1957).—«Les terrasses et glacis du bassin de l'Ebre dans la Ribera de Navarra et la Rioja Baja». *Livr. Guide exc. núm. 3, Villafanchien de Villarroya. INQUA, Congr. Int. Madrid-Barcelona*, pp. 7-10, mapa 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*, pp. 201-222, Madrid 1961 (publ. 1962).
- ROJAS, B. J. DE; LATORRE, F., y FERNANDEZ VARGAS, E. A. (1971).—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos Meso-

- Alpinos en las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca». *Congreso de Geol. Económica Hispano-Luso-Americano*. Madrid.
- RUIZ DE GAONA, M., VILLALTA COMELLA, y CRUSAFONT-PAIRO, M. (1946). «El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)». *N. y C. IGME*, núm. 16, pp. 159-182. Madrid.
- SOLE SABARIS, L. (1953).—«Terrazas cuaternarias deformadas en la cuenca del Ebro». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, t. 31, núm. 7, pp. 239-258, 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 Mués: Litofacies y procesos sedimentarios». Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. 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. (1933).—«Memoria explicativa de la Hoja 282, Tudela». 29 pp., 7 fot. *IGME*.
- (1935).—«Memoria explicativa de la Hoja 244, Alfaro». 22 pp., 12 fig. *IGME*.
- VALLE, A. DEL; MENDIZABAL, J., y PASTOR, M. (1941).—«Memoria explicativa de la Hoja 245, Sádaba». Mapa Geol. España a escala 1:50.000. *IGME*, 25 pp.
- WALKER, R. (1963).—«Distinctive types of ripple-drift cross-lamination». *Sedimentology* 2, pp. 173-188.