



estudio
previo
de
terrenos



autopista
Zaragoza - Vascongadas

TRAMO : TARAZONA - LODOSA

**NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE LOS
“ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO”
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL**

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *“Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras”* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.
- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población ...)
- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.
- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.
- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.
- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía..., disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

M. O. P.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES
DIVISION DE MATERIALES

ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS

AUTOPISTA ZARAGOZA - VASCONGADAS
TRAMO: TARAZONA - LODOSA

Cuadrantes: 1/50.000		1/25.000
320	Tarazona	1
282	Tudela	2, 3 y 4
244	Alfaro	3
243	Calahorra	1, 2 y 4
205	Lodosa	3

Fecha de ejecución: Diciembre 1971

INDICE

	Pág.
Introducción	7
1. ZONAS DE ESTUDIO	9
2. CARACTERES GEOLOGICOS GENERALES	11
2.1. CARACTERES MORFOLOGICOS	11
2.2. UNIDADES MORFOLOGICAS	14
2.2.1. Valle aluvial y terrazas	14
2.2.2. Glacis	17
2.2.3. Relieves intermedios	19
2.2.4. Macizos periféricos	19
2.3. CARACTERES LITOLÓGICOS	20
2.3.1. Conglomerados	20
2.3.2. Areniscas	21
2.3.3. Margas	23
2.3.4. Arcillas	23
2.3.5. Calizas	23
2.3.6. Yesos	23
2.4. SUELOS Y ESTRATIGRAFIA	24
2.4.1. Suelos y recubrimientos	24
2.4.2. Edad de las formaciones	25
2.5. CARACTERES GEOTECNICOS GENERALES	26
3. ZONA DE ABLITAS	29
3.1. GEOMORFOLOGIA	29
3.2. GRUPOS GEOTECNICOS	32
3.3. RESUMEN GEOTECNICO	38

	Pág.
4. ZONA DE TUDELA	39
4.1. GEOMORFOLOGIA	39
4.2. GRUPOS GEOTECNICOS	42
4.3. RESUMEN GEOTECNICO	48
5. ZONA DE ALFARO	49
5.1. GEOMORFOLOGIA	49
5.2. GRUPOS GEOTECNICOS	52
5.3. RESUMEN GEOTECNICO	57
6. ZONA DE CALAHORRA	59
6.1. GEOMORFOLOGIA	59
6.2. GRUPOS GEOTECNICOS	62
6.3. RESUMEN GEOTECNICO	67
7. ZONA DE ALCANADRE	69
7.1. GEOMORFOLOGIA	69
7.2. GRUPOS GEOTECNICOS	72
7.3. RESUMEN GEOTECNICO	77
8. RECOMENDACIONES GENERALES	79
8.1. RECOMENDACIONES GEOTECNICAS	79
8.2. RECOMENDACIONES DE YACIMIENTOS GRANULARES Y CANTERAS	80
9. YACIMIENTOS Y CANTERAS	83
9.1. ZONA DE ABLITAS	85
9.2. ZONA DE TUDELA	87
9.3. ZONA DE ALFARO	91
9.4. ZONA DE CALAHORRA	93
9.5. ZONA DE ALCANADRE	95

INTRODUCCION

El tramo Tarazona-Lodosa de la autopista Zaragoza-Vascongadas comprende los siguientes cuadrantes:

1/50.000	1/25.000
320 Tarazona	1
282 Tudela	2, 3 y 4
244 Alfaro	3
243 Calahorra	1, 2 y 4
205 Lodosa	3

El presente estudio consta de dos planos geológicos-litológicos y estructurales a escala 1/50.000 y una memoria explicativa. Los planos se han obtenido por reducción a partir de otros previos (fotoplanos a escala 1/25.000) realizados mediante estudios fotogeológicos y geológicos (que no acompañan a esta publicación); asimismo, se incluyen otros planos a escala 1/200.000, en donde se sintetizan las características geotécnicas y estratigráficas, y se localizan las principales zonas de materiales útiles en carreteras.

La memoria consta de una primera parte, donde se hace una exposición general de las características geológicas, litológicas y geotécnicas del tramo; estas últimas cualitativas al no haberse realizado ensayos de laboratorio; y otra segunda, en donde se hace una más detallada descripción litológica geotécnica de los materiales agrupados en zonas geográficas más o menos naturales.

El personal que ha supervisado y realizado el presente estudio es el siguiente:

Dirección General de Carreteras-División de Materiales:

Antonio Alcaide Pérez, doctor Ingeniero de Caminos.
Carlos León Gómez, licenciado en Ciencias Geológicas.

Gemat:

Vicente Sánchez Cela, doctor en Ciencias Geológicas.
Juan Andolz Campoy, doctor Ingeniero de Caminos.
Felipe Martínez Alvarez, licenciado en Ciencias Geológicas.
Evelio Ferreiro Padín, licenciado en Ciencias Geológicas.
Alfonso Meléndez Hevia, licenciado en Ciencias Geológicas.
Antonio Pou Royo, licenciado en Ciencias Geológicas.

1. ZONAS DE ESTUDIO

Realizados los estudios geológicos y geotécnicos del tramo Tarazona-Lodosa, se ha visto la imposibilidad de establecer zonas con características morfológicas, litológicas y geotécnicas definidas, debido a la distribución irregular de los cuadrantes, amplia dispersión de algunos grupos litológicos que se repiten en áreas a veces alejadas, como los yesos, y a que los rasgos morfológicos-geotécnicos son muy similares a lo largo del Tramo por abarcar éste gran parte del valle fluvial del Ebro.

Litológicamente y geotécnicamente se podrían establecer las siguientes zonas: 1) Zona de yesos, situada en Ablitas y Alcanadre; 2) Aluviales y terrazas del Ebro, de gran extensión superficial y que ocupa la parte central del tramo; 3) Zona de glaciares, bastante extendidos, que están fosilizando a gran parte del Terciario; 4) Zona periférica, fundamentalmente detrítica, que corresponde a macizos periféricos ubicados principalmente en la parte Sur del tramo.

Estas cuatro zonas pueden agruparse en tres desde el punto de vista morfológico:

- A) Zona baja, constituida por los aluviales y terrazas bajas.
- B) Zona intermedia, constituida por los glaciares y terrazas consolidadas.
- C) Zona periférica, constituida por los materiales terciarios más o menos compactos y que forman el sustrato del valle del Ebro.

Pero debido a que estas zonas no tienen una limitación geográfica definida y al cambio litológico longitudinal de las terrazas, se ha abandonado este sistema de división en zonas, que sería el más racional, y en cambio se ha adoptado otro que, aunque artificial, establece «zonas» geográficas que pueden identificarse y visualizarse fácil y rápidamente, haciendo así más asequible la consulta geológica-geotécnica, al mismo tiempo que facilita el desarrollo de la memoria.

En el presente estudio hemos establecido cinco zonas definidas por cuadrantes 1/25.000 (fig. 1); éstas son las siguientes:

- I. Zona de Ablitas.—Comprende el cuadrante 320-1.
- II. Zona de Tudela.—Comprende los cuadrantes 282-2 y 282-3.
- III. Zona de Alfaro.—Comprende los cuadrantes 282-4 y 244-3.
- IV. Zona de Calahorra.—Comprende los cuadrantes 243-1 y 243-2.
- V. Zona de Alcanadre.—Comprende los cuadrantes 205-3 y 243-4.

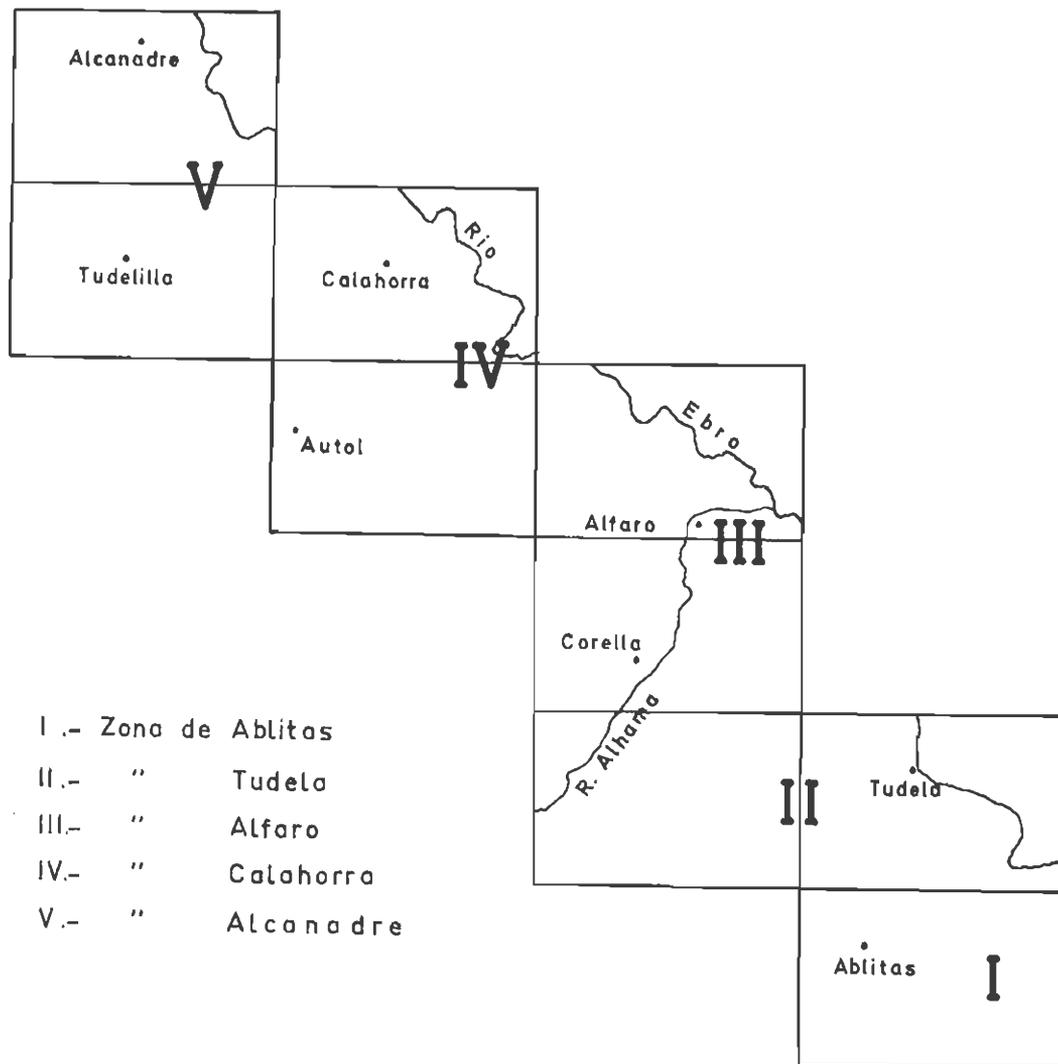


Fig. 1. Esquema de situación de las zonas

2. CARACTERES GEOLOGICOS GENERALES

2.1. CARACTERES MORFOLOGICOS

La principal característica morfológica está reflejada por el gran valle aluvial del río Ebro, que atraviesa de NW. a SW. el tramo objeto de estudio.

Este valle fluvial está formado por una amplia vega de inundación (terrazza baja) con distintos niveles erosivos, originados por las periódicas inundaciones del río Ebro, y que a veces han sido interpretadas erróneamente como terrazas. Esta vega, que puede llegar a los cinco kilómetros de anchura, está orlada por las terrazas intermedias y altas, y que casi siempre se enlazan con glacis.

Una característica muy importante que se observa en el valle fluvial en este tramo es su marcada asimetría; ésta se manifiesta por la desigual morfología, materiales de acarreo aluviales y terrazas en ambas márgenes, pues, como se puede apreciar en los mapas litológicos 1/50.000, gran parte de estas terrazas se localizan en la margen derecha del río Ebro.

La morfología de los materiales terciarios y de recubrimiento en ambas márgenes es muy distinta.

La margen izquierda, en general, se caracteriza por una morfología de relieves tipo plataforma, que en contacto con el valle fluvial presenta taludes más o menos acusados; esto parece ser debido al desprendimiento y encajamiento de la red fluvial del Ebro en su margen izquierda.

La morfología de la margen derecha es en general más suave, debido, sin duda, a la gran existencia aquí de glacis de erosión que enlazan con los macizos periféricos. Esta morfología asimétrica del valle fluvial parece ser debida a dos causas: 1.º A un rejuvenecimiento de las cadenas celtibéricas, que hace que todos los materiales del Secundario y Terciario se eleven; y 2.º A la gran afluencia de los sedimentos de tipo glacis, que se localizan principalmente en la margen derecha, lo que hace que se produzca un desequilibrio en las condiciones erosivas y sedimentarias del río.

El resultado final de estos fenómenos es un empuje y desplazamiento del curso del río Ebro hacia el N., lo que hace que éste se encaje en los materiales terciarios de la margen izquierda, a veces formando taludes muy acusados.

Los principales factores que han condicionado el modelado del Tramo estudiado son cuatro:

- 1.º Y el más importante, está formado por los procesos erosivos y de acarreo originados por la cuenca fluvial.
- 2.º La gran abundancia de glacis de erosión de origen transversal.
- 3.º La estructura regional del Terciario.
- 4.º Composición y distribución litológica de los materiales en la cuenca.

La estructura de los materiales del Terciario desde la línea Calahorra-Alcanadre hacia la margen izquierda se caracteriza por la existencia de pliegues de orientación pirenaica y, casi siempre, de tipo diapírico.

La distribución de los sedimentos terciarios en la depresión del Ebro ha tenido una gran influencia en el modelado cuaternario. En la parte central de este gran surco ha tenido lugar, fundamentalmente, una sedimentación de evaporitas representadas por los yesos alabastrinos, margas yesíferas y sedimentos finos de tipo margo-arcillosos. Lateralmente, estos sedimentos yesíferos pasan a otros margosos y detríticos, y así en el reborde Sur aparecen conglomerados más o menos cementados. Este cambio lateral de facies condiciona una morfología distinta a causa de la erosión diferencial de estos materiales.

El gran desarrollo de las terrazas en el río Ebro es evidente, como lo prueba la amplitud y potencia de las mismas, que a veces es superior a cinco kilómetros de anchura y a 15 metros de espesor. Estas terrazas, sobre todo la baja, están poco o nada cementadas; que añadido a las características hidrodinámicas de la red fluvial y a las condiciones climáticas, hace que se formen numerosos niveles erosivos en las terrazas, al mismo tiempo que el curso divague sobre estos materiales blandos con la formación de numerosas estructuras anastomosadas de meandros.

Casi toda la margen derecha del valle fluvial del Ebro se caracteriza por el gran desarrollo de glacis de erosión que están fosilizando a los materiales terciarios, confiriendo al conjunto una morfología singular, como la de plataformas de suave pendiente, que enlazan por un lado con los macizos periféricos del SW. y por otro con los materiales de acarreo del Ebro (terrazas). Estos glacis no pertenecen a una unidad morfológica, sino que corresponden a diversos niveles de erosión.

La estructura regional de los materiales terciarios confieren al valle del Ebro su morfología muy tendida, casi plana o suavemente ondulada en el centro de la cuenca. En el flanco Sur, al adaptarse a la estructura del Mesozoico y Terciario inferior, los materiales de la cuenca presentan una vergencia, a veces acusada, hacia el valle fluvial. Es en esta zona en donde se manifiestan los relieves más sobresalientes del tramo, cerros Balbuena, Nogales y Talao, y que tienen mucha importancia por constituir las áreas madres de los extensos glacis del valle del Ebro.

Las estructuras de los materiales terciarios dentro del tramo son de tres tipos (fig. 2):

- 1) Anticlinales eyectivos de la zona de la Alcanadre-Milagro.
- 2) Anticlinales y sinclinales muy suaves del centro de la cubeta; y
- 3) Estructuras marginales (fig. 9).

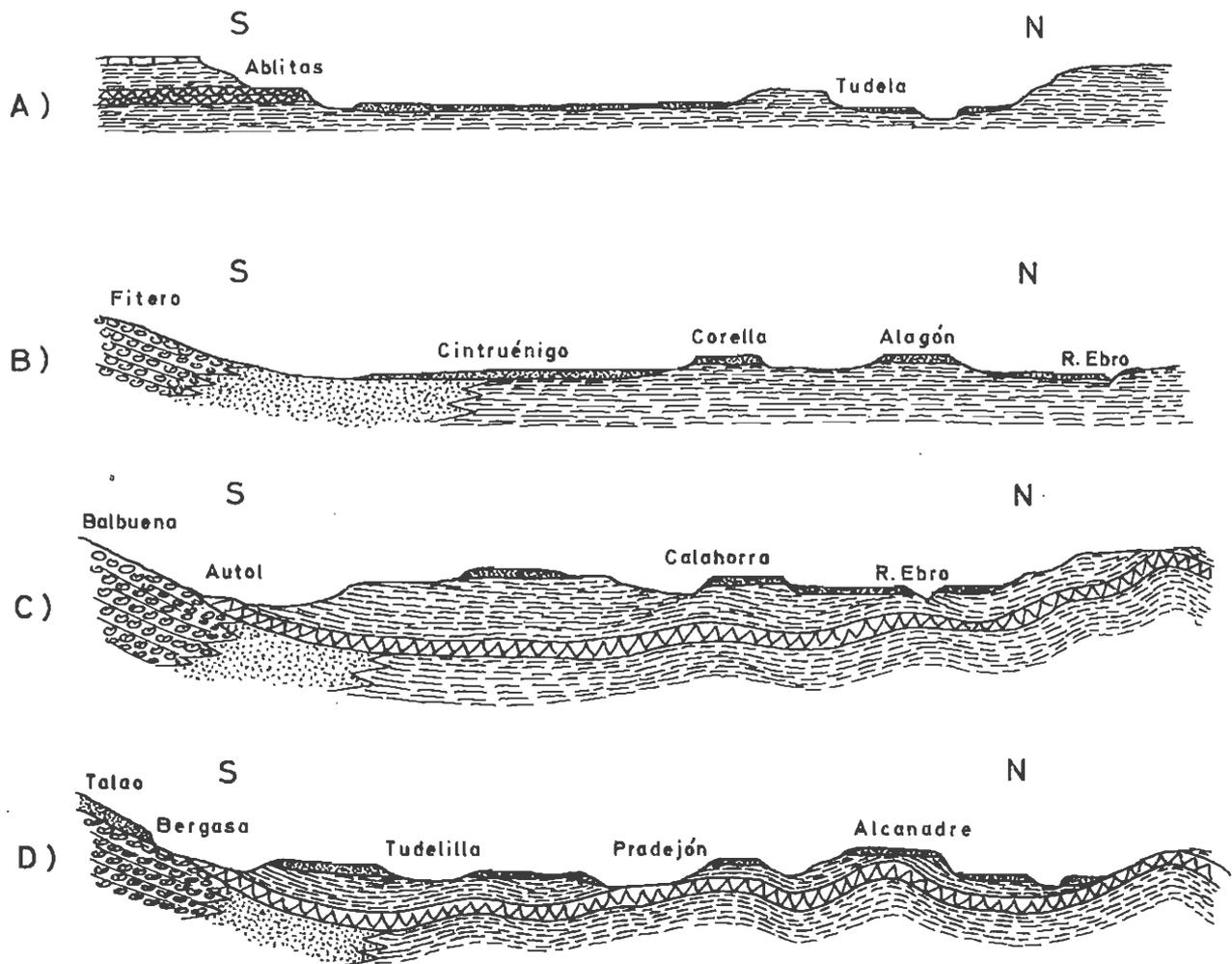


Fig. 2. Esquemas estructurales a lo largo del valle del río Ebro en el presente Tramo: A, en Ablitas-Tudela; B, en Cintruénigo-Milagro; C, en Autol-Azagra, y D, en Bergasa-Sartaguda

Los anticlinales eyectivos, localizados principalmente en la margen izquierda del río Ebro, parecen ser debidos a una emigración (halocenos) ascendente de las masas yesíferas inclinadas. La estructura en esta zona se caracteriza por una superficie ondulante u «hog-backs», en que las charnelas corresponden a los materiales yesíferos y los surcos a los margoarcillosos. En estas estructuras paralelas al curso actual del río Ebro, las zonas de anticlinales suelen estar recubiertas por terrazas y glaciais más o menos deformados, mientras que los sinclinales están rellenos de coluviales y aluviales originados por la erosión de aquellos materiales (fig. 3). Estas estructuras eyectivas pasan lateralmente a otras casi horizontales.

Estos pliegues, que son atravesados por muchos afluentes del Ebro, parecen ser que fueron originados por la emigración de las masas yesíferas a causa de varios factores: 1.º Tectónica general alpina y postalpina. 2.º Peso de los materiales que descansan sobre los materiales yesíferos; y 3.º, a fenómenos de halocenos producidos por el activo nivel freático general sobre las masas salinas.

Las estructuras de pliegues muy suaves en el centro de la cubeta son consecuencia en gran parte de la adaptación de los sedimentos a la morfología marginal y a los pliegues más o menos acusados de la zona Norte y activados también por pequeños fenómenos de halocenos.



Fig 3. Coluviales de glacis acumulados en los surcos sinclinales en San Adrián

Las estructuras marginales corresponden a formas heredadas durante la sedimentación en la cubeta del Ebro (Oligoceno Superior-Mioceno). La morfología en esta zona viene condicionada por el gran anticlinal de Arnedo, constituido por conglomerados calcáreos y areniscas bien cementadas. Los materiales superpuestos están formados por yesos y margas yesíferas, fácilmente erosionables; esto hace que las cumbres estén constituidas por los conglomerados bien cementados, y las laderas bajas y valles por los yesos y margas yesíferas. Este contraste litológico de materiales duros y blandos condiciona la formación de contactos mecanizados entre estos dos tipos de materiales a causa de que los materiales blandos «patinan» sobre los duros, siguiendo la estructura del buzamiento general en la zona. Estos contactos mecánicos, que a veces parecen verdaderas fallas, confieren a estas zonas unos caracteres geotécnicos negativos (zonas de frecuentes deslizamientos).

2.2. UNIDADES MORFOLOGICAS

- 2.2.1. Valle aluvial y terrazas.
- 2.2.2. Glacis de erosión.
- 2.2.3. Relieves intermedios.
- 2.2.4. Macizos periféricos.

2.2.1. Valle aluvial y terrazas del Ebro

Como en toda la cuenca del Ebro, los depósitos de acarreo fluviales tienen un amplio desarrollo, tanto longitudinal como transversalmente. En ellos hemos distinguido: los aluviales actuales del río Ebro, terraza baja, terraza intermedia y terraza elevada.

Gran parte del cauce actual y meandros abandonados del río Ebro están constituidos por depósitos aluviales formados por gravas calcáreas poligénicas con algunas silíceas, nada cementadas, bien lavadas y con abundante matriz arenosa de naturaleza calcarenítica. La extensión de estos afloramientos aluviales es a veces considerable, sin duda debido al régimen tan inestable del cauce del río, que hace que con relativa facilidad

y en corto espacio de tiempo queden aislados retazos del lecho del río (meandros), con el consiguiente depósito aluvial, que puede llegar a varios kilómetros de longitud y varios cientos de metros de anchura. Estos materiales aluviales se vienen explotando como yacimientos granulares desde hace muchos años.

Sobre los niveles de terrazas del Ebro en el presente Tramo, no se han puesto de acuerdo los diversos autores que los han estudiado en cuanto al número y origen de los distintos niveles estratigráficos.

Pancer, en 1926, estableció cuatro terrazas: 1) Terraza inferior, suelta. 2) Terraza de 10-15 metros, poligénica. 3) Terraza de 25-30 metros, poligénica calcárea; y 4) Terraza de 100-200 metros, caracterizada por una pendiente suave y de naturaleza silicea.

Bömer, más tarde, distinguió hasta cinco terrazas, en las que cuatro de ellas coinciden con las de Pancer, situando una más elevada, la quinta, a cotas de unos 170 metros sobre el cauce actual del río Ebro.

Los autores de la presente memoria no están de acuerdo con los estudios de dichos señores si tenemos en cuenta que las terrazas son materiales de acarreo longitudinal, y que en el Ebro son generalmente pudingas poligénicas, fundamentalmente calcáreas, con morfología plana y que se extienden más o menos paralelas al curso actual del río. Los glacis, en cambio, son de origen transversal, poco clasificados, de litología local (influida por los macizos periféricos próximos), y sus estructuras están caracterizadas por su morfología de pendiente suave hacia el valle fluvial principal. En este Tramo los glacis son fundamentalmente silíceos, lo que añadido a los caracteres sedimentológicos y morfológicos, nos han servido de gran ayuda para diferenciar depósitos tipo terraza o glacis.

Como en el Tramo de Zaragoza-Tauste, nosotros no hemos podido diferenciar más que tres terrazas, las cuales se pueden visualizar en los mapas 1/50.000 que se acompañan. Las otras «terrazas» de Pancer y Bömer las atribuimos a restos de glacis, que al quedar aislados y por corresponder a los frentes de estos depósitos, de morfología más plana, han sido interpretados erróneamente como terrazas; un ejemplo típico es la Plana de Calahorra, dada como una terraza, y que nosotros atribuimos a un frente de glacis.

La potencia y litología de las terrazas a través del presente tramo es muy variada; también lo es el comportamiento geotécnico, debido principalmente a los caracteres litológicos-geotécnicos de los materiales terciarios sobre los que se asientan dichas terrazas.

De las tres terrazas, la más baja es la que presenta mayor desarrollo, tanto en extensión superficial como en potencia (véanse mapas litológicos 1/50.000, grupo 40 i).

Esta terraza, a la altura de Tudela, tiene una potencia de 12 a 15 metros, estando formado el muro por margas arcillosas con areniscas y margas calcáreas, sobre las que descansan unos 8 a 12 metros de pudingas calcáreas y matriz calcarenítica de cantos medianos con algunas intercalaciones esporádicas de limos arenosos, para terminar con uno a tres metros de materiales finos limo-arenosos, muchos de ellos aluviales actuales, depositados en las avenidas por el Ebro y también de procedencia lateral.

Esta terraza disminuye paulatinamente de espesor hacia el NW., y su litología se hace más poligénica; así en Calahorra y Alcanadre las gravas son calco-silíceas ($Md=10$ cm.). Esto lo explicamos porque estas pudingas silíceas están en gran parte originadas por aportes laterales, ya que su sedimentología y litología las relacionan con las pudingas de las rañas de la zona S. y SW. del Ebro. Esta terraza, además de ser la más impor-

tante, es la que presenta problemas geotécnicos más graves, debido a dos factores principales: 1.º Por descansar en casi todo el tramo sobre un sustrato yesífero o margo-yesífero inestable; y 2.º Por estar poco consolidada y poco cementada, sin duda por un efecto de decementación originado por las aguas subterráneas.

La segunda terraza, que oscila entre 35 y 45 metros sobre el lecho actual, es quizá la más importante de las terrazas desde el punto de vista de yacimientos granulares. La potencia oscila entre cuatro metros (Tudela) y 10 metros (Pradejón). Como la terraza baja, la litología varía longitudinalmente a causa de los grandes aportes laterales silíceos. En los alrededores de Tudela esta terraza está fundamentalmente formada por pudingas calcáreas y silíceas, con poca a mediana matriz calcarenítica, sin recubrimientos limosos y a veces fosilizada por costras travertínicas; mientras que en la zona de Alcanadre, en donde alcanza los ocho metros de potencia, es fundamentalmente silícea y constituida por pudingas de ocho a 10 centímetros de tamaño medio, bastante bien clasificadas y lavadas. A pesar de estar medianamente cementada, debido a su amplia dispersión superficial y buena granulometría, constituye los yacimientos granulares más importantes de todo el tramo (fig. 4).

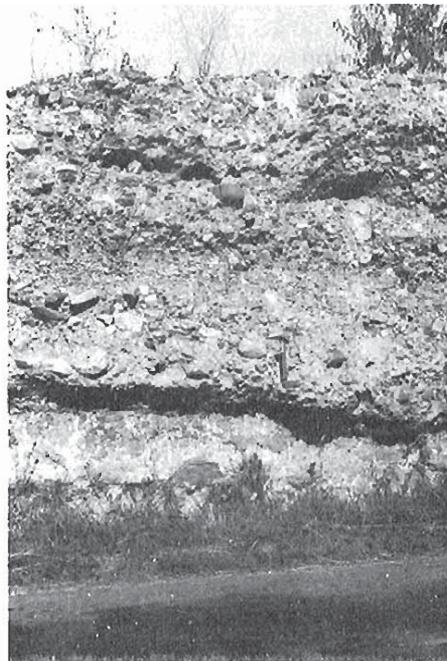


Fig. 4. Foto de la segunda terraza silícea cementada de Corella

La delimitación de las terrazas es difícil debido a los procesos erosivos originados por las avenidas en la terraza baja y a los recubrimientos e indentaciones con los glaciares en las terrazas intermedia y alta.

La terraza elevada aproximadamente a 70 metros sobre el nivel actual del río Ebro se asocia casi siempre a las terrazas-glaciares, debido a que muchas veces es imposible diferenciarlas morfológicamente y a que aparece indentada con diversos tipos de glaciares. La potencia no sobrepasa los ocho metros, siendo su extensión superficial reducida. Constituye yacimientos granulares, a pesar de estar algo cementada. Debido a su morfología y

naturaleza silicea, es muy difícil diferenciarla en muchas ocasiones de los frentes de glacia.

2.2.2. Glacis de erosión

Estos depósitos terrígenos de edad pliocuaternaria tienen un amplio desarrollo en todo el valle del Ebro, sobre todo en la margen derecha.

La denominación es más geomorfológica que litológica, estando condicionada por los elementos litológicos locales.

Parece ser que su origen está relacionado con varios factores:

- 1.º Existencia de un relieve estructural sobre el cual se formará.
- 2.º Clima árido, frío o cálido en terrenos sin vegetación.
- 3.º Área madre formada por relieves acusados, de litología no definida.

Casi todos los glacis se caracterizan por su morfología de pendiente suave, casi constante entre 1º y 6º, a veces ligeramente cóncava, pero sin pendiente lateral. El gran desarrollo superficial de los glacis, que en este tramo llegan hasta 15 kilómetros de longitud, hace que distingamos tres partes o zonas dentro de un glacis: 1.º Zona alta o cola de pendiente más abrupta, mal clasificada y poco cementada. 2.º Parte intermedia o tramo medio más homogéneo de pendiente constante; y 3.º Parte baja o frente de morfología casi plana, algo travertinizada y que generalmente se indenta en las terrazas (fig. 5).

Características acusadas de todos los glacis de esta zona son: 1.º Ocupar diversos niveles erosivos que fosilizan a los materiales terciarios. 2.º Frecuentes relieves invertidos a causa del encajamiento de la red fluvial; y 3.º No tener una edad definida a causa de su evolución lenta.

El estudio geomorfológico, añadido a las características sedimentológicas, muestran que muchas «terrazas», sobre todo las elevadas, no son ni

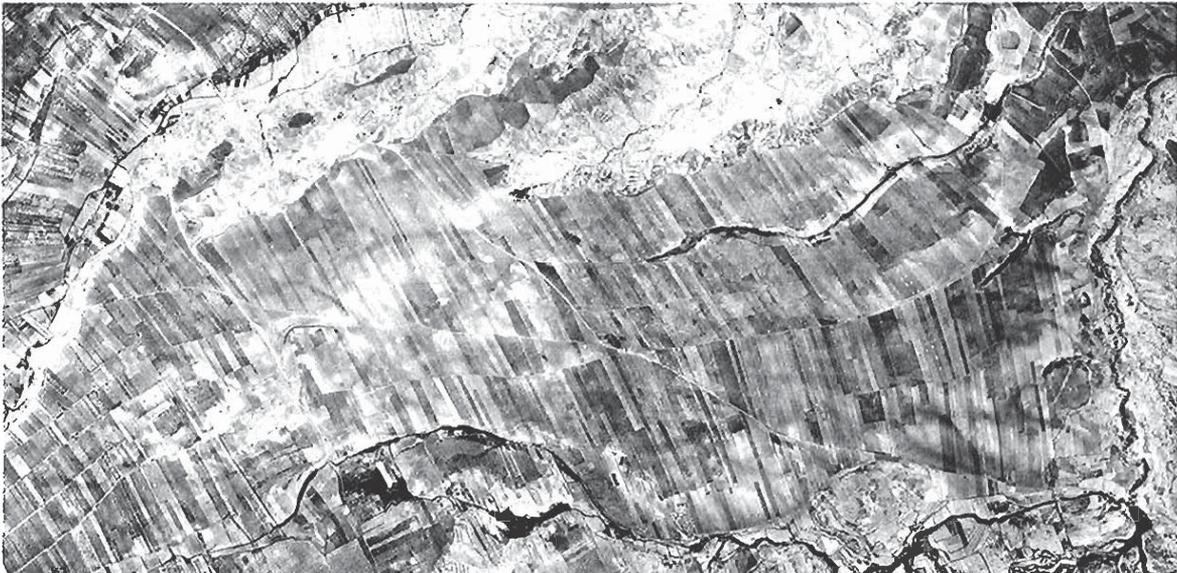


Fig. 5. Foto aérea del gran glacis de Tudelilla, en la zona de Alcanadre

más ni menos que restos de frentes de glacis, como pasa con los «depósitos» de los alrededores de Calahorra, que son atribuidos a terrazas del Ebro.

La evolución lenta de un glacis se aprecia cuando éste aparece recubierto en la cabecera por rañas, seguramente de edad pliocena, mientras que su frente se indenta con la terraza intermedia del Ebro.

La clasificación de los glacis puede hacerse:

- 1.º Por los componentes litológicos granulométricos; o
- 2.º Por los materiales terciarios sobre los que descansa.

Por su litología pueden clasificarse en glacis terrígenos, glacis conglomeráticos, glacis mixtos y glacis-terrazas. Los tipos más abundantes en este tramo son los glacis conglomeráticos, y en menor proporción los glacis mixtos.

Glacis conglomeráticos.—Son glacis originados a partir de áreas madres silíceas, constituidas generalmente por conglomerados-pudingas poligénicas. Estos glacis se componen de abundantes cantos redondeados silíceos y calcáreos, empastados generalmente por una matriz detrítica fina, en donde se forman costras calcáreas que hacen de cemento. Tienen un amplio desarrollo en este Tramo en toda la margen derecha del río Ebro, desde Tudela hasta Alcanadre. Su litología y caracteres sedimentológicos muestran que han sido originados a partir de materiales fundamentalmente silíceos. El estudio sobre el terreno nos ha indicado que los cantos silíceos son muy semejantes a los de las pudingas silíceas, poco a medianamente cementadas, atribuidos al terciario superior (zona de Tudela), o a rañas pliocenas (zonas de Calahorra y Alcanadre).

Estos glacis, poco a medianamente cementados y empastados más o menos con material terrígeno, son de variable potencia, entre uno y ocho metros; esto viene condicionado en gran parte por dos factores que están bastante relacionados: nivel erosivo o estratigráfico del glacis y distancia al área madre.

Con relación al nivel erosivo, debemos decir que estos glacis, cuya génesis y morfología son comunes, están ocupando diversos niveles de erosión. Se han reconocido hasta seis niveles de glacis de erosión en las zonas de Calahorra y Alcanadre, y que se manifiesta en el terreno por el encajamiento sucesivo de unos glacis en otros.

Glacis-terrazas.—Corresponden a retazos aislados de más o menos extensión, correspondientes a frentes de glacis de tipo conglomerático y que insensiblemente se indentan con las terrazas del valle del Ebro. Estos glacis han sido confundidos con niveles de terrazas. El estudio geomorfológico, sedimentológico y litológico de estos glacis-terrazas nos puede indicar claramente si son de origen lateral (glacis) o longitudinal (terrazas). Los caracteres principales son:

- 1.º Estar fosilizados por costras travertínicas.
- 2.º Abundancia de cantos silíceos de tamaño pequeño (2 a 12 cm.) fundamentalmente; y
- 3.º Matriz muy terrígena, poco lavada, muy mal clasificada, al contrario del material detrítico de las terrazas del Ebro. Todos estos caracteres sirven para diferenciarlos de las terrazas del Ebro (fig. 6).

Glacis mixtos.—Son glacis de características intermedias entre los glacis terrígenos y conglomeráticos, es decir, constituidos por brechas calcáreas y pudingas calcosilíceas con matriz terrígena y más o menos

cementados por elementos margosos y sobre todo por costras travertínicas. Estos glacis se han originado a partir de áreas madres constituidas por masas periféricas calcáreas, recubiertas por pudingas o rañas del Terciario superior (Plioceno). Son glacis muy comunes en el valle del Ebro, sobre todo en la zona de Tudela.



Fig. 6. Foto de una terraza-glacis de la zona de Alcanadre

2.2.3. Relieves intermedios

Estos relieves, de morfología menos acusada que los macizos periféricos, están constituidos por materiales de la cubeta del Ebro. La morfología de estos relieves está condicionada por tres factores: 1), litología; 2), existencia de glacis; y 3), red fluvial. Como ejemplos debemos citar los cerros de Ablitas, de naturaleza yesífera, erosionados por el río Queiles; los montes de Tudela, margo-areniscos, originados por la erosión del río Ebro y afluentes de la margen derecha; los cerros del Sur de Calahorra, margo-arcillosos, originados fundamentalmente por la red del río Cidacos, y los montes de Tudelilla y Ausejo, margo-arcillosos y yesíferos, delimitados por una red de barrancos intermitentes.

Gran parte de estos relieves intermedios están parcialmente fosilizados por glacis conglomeráticos que han actuado de costra protectora ante los agentes erosivos.

2.2.4. Macizos periféricos

Están constituidos por los relieves más acusados del tramo. Constituyen los límites de la cubeta sedimentaria del valle del Ebro en la parte Sur.

Estos relieves periféricos tienen mucha importancia, no sólo para delimitar áreas sedimentarias terciarias, sino que constituyen las áreas madres de abundantes depósitos de acarreo que han originado los extensos glacis conglomeráticos, que tanta importancia tienen en este tramo, no sólo

desde el punto de vista geomorfológico, sino también litológico, ya que constituyen importantes yacimientos granulares.

Casi todos los macizos periféricos de edad comprendida entre el Paleozoico y el Terciario inferior no son estudiados en la presente memoria por quedar fuera del tramo. Únicamente están presentes en la parte SW. de los cuadrantes 243-2 y 243-4, en donde están constituyendo el gran anticlinal oligoceno de Arnedo, y cuyos relieves más sobresalientes en este tramo son Pico de Pisana (861 m.) y Talao (1.131 m.), formados por los conglomerados calcáreos poligénicos muy cementados.

2.3. CARACTERES LITOLÓGICOS

Las unidades litológicas dentro del presente tramo son: conglomerados, areniscas, margas, calizas y yesos. La combinación, alternancia e intercalación de estas unidades litológicas dan origen a la diversidad de grupos litológicos dentro del tramo.

La distribución paleogeográfica de los materiales en el presente tramo es la siguiente:

Relieves periféricos del terciario inferior.	Conglomerados. Areniscas.
	Conglomerados. Areniscas.
Sedimentos terciarios de la cubeta . . .	Margas. Arcillas. Yesos. Calizas.
Recubrimientos plio-cuaternarios	Glacis conglomeráticos. Terrazas de gravas, etc.

Los materiales plio-cuaternarios, constituidos fundamentalmente por gravas silíceas, calcáreas y poligénicas, ya han sido descritos al hablar de los caracteres morfológicos.

2.3.1. Conglomerados

Estos materiales, correspondientes al Oligoceno y Mioceno, están representados por amplios afloramientos en la parte SW. de las zonas de Tudela, Calahorra y Alcanadre. Por su litología pueden clasificarse en conglomerados silíceos y calcáreos.

Los conglomerados silíceos (fig. 7) están únicamente representados en la parte SW. del cuadrante 282-3. Pertenecen al Mioceno superior, y están constituidos por cantos heterométricos, silíceos con alguno calcáreo, generalmente bien cementados. Los cantos son de tamaño variable, 2 a 40 centímetros (Md=10), subredondeados, procedentes de rocas cuarcíticas y areniscas silíceas (área del Moncayo); el cemento es carbonático. A pesar de su potencia, más de 100 metros, no constituyen yacimientos granulares a causa de su cementación; únicamente en la parte

superior, que corresponde a un cambio de facies hacia formaciones más arenosas, los cantos están menos cementados, pero tienen el inconveniente de la gran cantidad de matriz arenosa. Los caracteres litológicos y sedimentológicos de estos conglomerados nos indican que son muy semejantes a los de los glacis y terrazas altas de la zona de Tudela, por lo que no es descabellado atribuir a estos últimos un origen a partir de los conglomerados del Mioceno localizados en la zona de Fitero (fuera del tramo).



Fig. 7. Foto de los conglomerados silíceos, heterométricos (32 n), de la zona de Tudela

En las zonas de Calahorra y Alcanadre se observan abundantes depósitos de igual naturaleza (silíceos), y que tienen su origen en sedimentos terciarios que están fuera de la zona o forman plataformas o rañas silíceas atribuidas al Terciario superior (La Plana de Tudelilla).

Los conglomerados calcáreos están localizados en la parte SW. de los cuadrantes 243-2 (zona de Calahorra) y 243-4 (zona de Alcanadre). Forman parte del núcleo terciario del gran anticlinal de Arnedo, cuyas manifestaciones morfológicas se reflejan al S. de Autol y S. y SW. de Bergasa. Son conglomerados calcáreos poligénicos muy bien cementados de cantos de tamaño medio, 8 a 20 centímetros, angulosos a subredondeados y cemento carbonatado. Ni que decir tiene que únicamente pueden ser explotados como masas canterables, semejantes a calizas bastante compactas.

2.3.2. Areniscas

Al igual que los conglomerados, las areniscas se encuentran distribuidas en dos áreas estratigráficamente diferentes: areniscas del Terciario

superior e inferior. Las primeras están principalmente localizadas en la zona de Tudela y S. de Alfaro, y las segundas en la parte S. de las zonas de Calahorra y Alcanadre.

Las areniscas en la zona de Tudela están ampliamente representadas en grupos litológicos desde los conglomerados, en la zona de Mojón de Tres Reyes, en donde forman parte de la matriz, hasta las areniscas intercaladas en las margas en la parte de Tudela y Alfaro (figura 8). Esta variación en el contenido en materiales arenosos es consecuencia de un cambio lateral de facies isocronas durante el Terciario superior desde materiales de borde de cuenca (conglomerados) hasta otros de centro (arcillas y yesos) y que fácilmente se puede apreciar en los cuadrantes 282-2, 282-3 y 282-4 (Tudela), realizándose el cambio según la dirección SW.-NE., así en la zona marginal (Ulagoso) aparecen conglomerados con matriz areniscosa, para pasar en Varandillo a areniscas groseras con conglomerados; en Cintruénigo, a areniscas y margas areniscosas, y en Alfaro y Tudela, a margas arcillosas con areniscas.

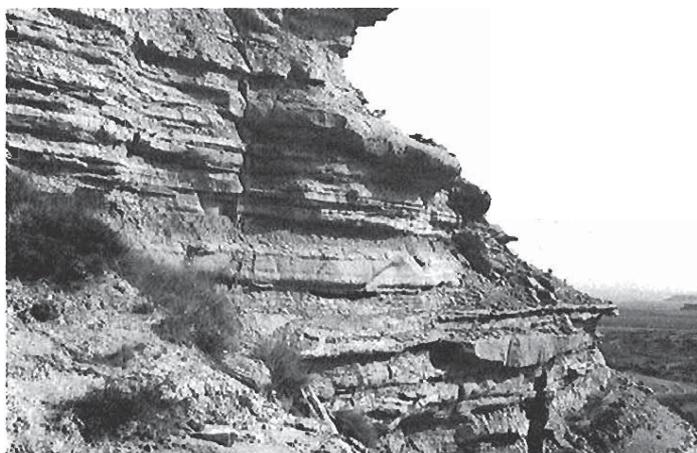


Fig. 8. Foto de las formaciones areniscosas, con intercalaciones de margas en Tudela

La litología de estas areniscas cambia con la facies sedimentaria; en el borde, con conglomerados, aparecen areniscas de tipo calcarenítico; las asociadas a margas y a arcillas, en Alfaro y Tudela, son calcareníticas-yesíferas. En general están bien cementadas, lo que produce al conjunto un carácter estable.

En las zonas de Calahorra y Alcanadre las areniscas que se atribuyen al oligoceno superior, a pesar de constituir una formación potente, tienen relativamente poca extensión superficial debido al fuerte buzamiento y al cambio brusco de facies de los sedimentos de borde de cuenca. Estas areniscas pertenecen a un nivel inferior y otro superior de los conglomerados calcáreos. La litología en ambos es muy semejante; son calcarenitas medianamente a bien cementadas por carbonatos, lo que confiere al conjunto bastante estabilidad. Hacia el N. la serie se hace más somera, menos detritica, pasando de niveles margosos a bancos yesíferos. El Terciario superior detritico, excepto en el borde de cuenca, no aparece en las zonas de Calahorra y Alcanadre, acaso areniscas finas calcareníticas-yesíferas intercaladas en las margas yesíferas.

2.3.3. Margas

Son los materiales de más extensión superficial y potencia dentro del tramo, ya que se encuentran en mayor o menor cantidad desde Ablitas hasta Alcanadre. Se caracterizan por ser margas abigarradas con diferente contenido en materia arcillosa y carbonatada y a veces yesífera. En la zona de Ablitas son margas abigarradas algo yesíferas; en Tudela, margas abigarradas areniscosas calcareníticas-yesíferas; en Alfaro y Calahorra, margas arcillosas, y en Alcanadre, margas yesíferas. Esto en cuanto a facies de centro de la cuenca, puesto que lateralmente hacia el S. pasan, a veces, rápidamente, a facies detríticas groseras, que constituyen el borde de la cuenca.

2.3.4. Arcillas

Estos materiales raramente se encuentran formando grupos litológicos. Se puede decir que no existen verdaderas formaciones arcillosas (*), pues si bien es verdad que en el campo clasificamos grupos arcillosos, lo es también que al hacer los análisis éstos nos revelan una granulometría mayor (limos).

Las formaciones más arcillosas se localizan en los materiales detríticos de facies de «centro» de cuenca y siempre asociados a formaciones margosas abigarradas o a yesíferas.

Los niveles margosos de mayor contenido en minerales arcillosos están localizados en el eje Alfaro-Calahorra-Alcanadre. En Alfaro son bien conocidas las explotaciones de margas arcillosas de interés industrial, aunque no sean de muy buena calidad. También en Calahorra y Alcanadre son abundantes las arcillas asociadas a las margas, pero aunque también se están explotando para ladrillería no son buenos materiales a causa de los yesos diseminados en ellos.

2.3.5. Calizas

Estos materiales están pobremente representados a lo largo del tramo. Únicamente en la zona de Ablitas y al NE. de Tudela aparecen calizas intercaladas en las formaciones margo-arcillosas-areniscosas. Las calizas de la zona de Ablitas son bastante puras, tableadas, no pasando de un metro el espesor de los bancos. La intercalación de estos materiales duros en los blandos (margo-arcillosos) origina relieves tabulares (Cerro Muñequé). Enfrente de Tudela, en el Cerro San Gregorio, aparecen calizas margosas tableadas intercaladas en las margas, pero, como en Ablitas, la potencia es reducida. Estos pobres afloramientos de calizas hacen que descartemos la posible explotación de masas canterables en el tramo.

2.3.6. Yesos

Los materiales yesíferos en el tramo son relativamente abundantes, ya como grupos litológicos más o menos puros o como diseminados en las demás formaciones, margas, areniscas, etc.

(*) El límite granulométrico de los minerales arcillosos varía según los autores, aunque se puede decir que son menores a cuatro micras.

Los afloramientos yesíferos más importantes están localizados en las zonas de Ablitas, Calahorra y Alcanadre. Los yesos de Ablitas (32 d) son alabastrinos, muy compactos y con abundantes nódulos y lentejones de sílex. La potencia de este nivel bastante continuo oscila entre cinco y quince metros.

En la zona de Calahorra aparecen los yesos, que se atribuyen al Oligoceno superior, en dos afloramientos que pertenecen al mismo nivel en un amplio sinclinorio.

En Autol aparece un nivel bastante potente (20 m.) de yesos puros alabastrinos con algunos sílex y que hacia el Norte alternan con margas yesíferas; estos últimos materiales son los que aparecen en la margen izquierda del río Ebro en Azagra.

En la zona de Alcanadre aparecen los mismos niveles, puesto que en realidad esta parte es una continuidad de la de Calahorra. No afloran los yesos puros, pero sí en cambio los yesos alabastrinos blancos, alternando con margas yesíferas en la parte de Bergasa, para luego hundirse, debido al amplio sinclinorio, y volver a aflorar en Pradejón, Alcanadre y Santaguda, margen izquierda del río Ebro (fig. 9).

En la parte Norte de la zona de Alfaro, sobre todo en la margen izquierda del río Ebro, aparecen yesos y margas yesíferas que son una continuidad de los de Azagra.

2.4. SUELOS Y ESTRATIGRAFIA

2.4.1. Suelos y recubrimientos

Los recubrimientos cuaternarios dentro del tramo, como en todo el valle fluvial del río Ebro, se caracterizan por su extrema aridez. Estos caracteres vienen condicionados por la climatología regional y por la composición litológica de los materiales de la cuenca terciaria del Ebro.

El clima seco continental, añadido a la elevada salinidad de los materiales terciarios, confiere a los suelos una aridez y agresividad elevadas.

Por las características litológicas se pueden clasificar los siguientes tipos de suelos y recubrimientos: a), suelos aluviales; b), suelos conglo-



Fig. 9. Foto de un núcleo yesífero de un anticlinal eyectivo en la margen izquierda del río Ebro (Sortaguda)

meráticos; c), suelos yesíferos; d), suelos arcillosos; e), suelos endorréicos, y f), fondos de valle.

Los suelos aluviales (40 h) son suelos lavados, limo-areniscosos, localizados como recubrimientos sobre la terraza baja y en barrancos de las zonas de Tudela y Alfaro. Su potencia oscila entre algunos centímetros y tres metros. Son suelos poco agresivos y en general ricos para la agricultura.

Los suelos conglomeráticos (37 a) son recubrimientos de materiales groseros generalmente mal clasificados y de naturaleza poligénica. Corresponden a los materiales de los glaciares y terrazas consolidadas. Su potencia oscila entre uno y diez metros. Son buenos como yacimientos granulares.

Los suelos yesíferos (40 b) son recubrimientos poco potentes que ocupan fondos de valle de zonas yesíferas (Ablitas y Alcanadre); suelen estar asociados a otros materiales aluviales-coluviales mal clasificados. Por su aridez y agresividad no son útiles para el laboreo.

Los suelos arcillosos y arcillo-margosos (40 d) corresponden a coluviales de baja ladera. Están localizados principalmente en las zonas margo-arcillosas del tramo (Alfaro-Calahorra), son poco potentes, menos de dos metros, algo plásticos y generalmente áridos.

Los suelos endorréicos (40 c) son suelos plásticos localizados en las lagunas y en algunos fondos de valle en las zonas de Ablitas y Calarorra, de mediana potencia de uno a cuatro metros.

Los suelos de fondo de valle (40 f) son suelos de características intermedias entre los coluviales y aluviales mal clasificados: conglomerados silíceos poligénicos con abundante matriz terrígena. La potencia oscila entre uno y tres metros.

2.4.2. Edad de las formaciones

La datación de las formaciones terciarias del valle del Ebro es difícil a causa de:

1.º Falta de buenos yacimientos fosilíferos en las formaciones.

2.º Dificultad de efectuar correlaciones estratigráficas debido a los cambios de facies.

La falta de fósiles es natural si se piensa que estas formaciones son de carácter continental y generalmente salobres. Únicamente en las facies calcáreas se ha encontrado una fauna de gasterópodos poco definida atribuidos al Mioceno medio-superior (S. de Ablitas).

La cronoestratigrafía de esta zona ha sido establecida, por un lado, por los yacimientos de vertebrados fósiles encontrados cerca de Tudela y que han datado a aquellas formaciones como Aquitanienses; por otro, por correlaciones con los materiales del borde S. de las Cadenas Celtibéricas (cuenca de Calatayud) y de la zona pirenaica-catalana.

La distribución estratigráfica en el tramo es la siguiente:

Oligoceno.—Se atribuye al Oligoceno superior las formaciones detriticas (conglomerados calcáreos, areniscas, etc.), yesíferas y margo-yesíferas, situadas principalmente en la parte Sur y en la margen izquierda del río Ebro, en las zonas de Calahorra y Alcanadre.

Aquitaniense.—Se incluyen en este piso gran parte de los sedimentos terciarios del centro de la cubeta y que con una potencia de 100 a 250 metros se extienden desde Ablitas hasta Alcanadre.

Vindoboniense.—Corresponden a este piso las formaciones margo-calcareas de Ablitas y Tudela, así como gran parte de los materiales detríticos (conglomerados y areniscas) de la zona de Tudela, parte occidental y S. de la de Alfaro.

Plioceno.—Atribuimos al Plioceno las rañas silíceas de la zona de Alcanadre, pero posiblemente deben incluirse muchos glaciares correspondientes a los niveles erosivos más elevados de dicha zona.

Plio-cuaternario.—Al Plio-cuaternario atribuimos gran parte de los glaciares que corresponden a diferentes niveles erosivos, que como se ha señalado ya, en el apartado de «glaciares», tienen un amplio desarrollo, desde el Plioceno al Cuaternario.

Cuaternario.—Se incluyen aquí todas las terrazas y aluviales del Ebro y los recubrimientos en general (suelos).

2.5. CARACTERES GEOTECNICOS GENERALES DEL TRAMO

Los caracteres geotécnicos del valle del Ebro en el presente tramo están condicionados: primero, por la posición estratigráfica de los materiales con relación al nivel freático general (río Ebro), y segundo, por los caracteres litológicos-estructurales y tectónicos de los diferentes conjuntos litológicos que constituyen el tramo.

El estudio geotécnico general puede abordarse si se realiza por zonas topográficas-morfológicas y si se tienen en cuenta los caracteres generales de cada formación; es decir, litología, estructura, etc.

En todo el valle del Ebro en el presente tramo podemos distinguir tres «zonas» topográficas más o menos definidas y que presentan características geotécnicas propias:

- a) Zona baja, constituida por los aluviales y terraza inferior del río Ebro.
- b) Zona intermedia, constituida por las terrazas consolidadas y glaciares sobre materiales terciarios.
- c) Zona alta, que corresponde a los macizos periféricos más o menos alejados del valle fluvial.

La zona de aluviales y terraza baja del Ebro, que superficialmente es la mayor, es la que presenta problemas geotécnicos más acusados. Estos problemas son resultado de tres factores primordiales:

- 1) Aluviales y terrazas bajas poco consolidadas.
- 2) Por descansar éstos sobre un sustrato poco estable.
- 3) Por la existencia de un activo nivel freático.

Los aluviales y terrazas poco consolidadas no presentarían en sí problemas geotécnicos graves, pero sí cuando éstos descansan sobre un sustrato yesífero sujeto a una actividad freática elevada. El nivel freático está a una profundidad de cuatro-seis metros en la terraza baja. Las aguas subterráneas tienen una actividad hidrodinámica acusada que hace que existan corrientes tanto laterales como longitudinales, que atacan química y mecánicamente no sólo a los materiales de la terraza y aluviales con la disolución y decementación de estos materiales, sino también, quizá más intensamente, a los materiales yesíferos del sustrato, a causa de que gran parte de las corrientes subterráneas circulan por el contacto terraza-

terciario yesífero. El resultado es la disolución y emigración iónica de los sulfatos que originan depresiones que tienden a ocuparse por los materiales de la terraza. Este reemplazamiento no suele ser simultáneo, con lo que pueden producirse cavidades subterráneas poco profundas, pero de gran extensión y que de vez en cuando se colmatan, originando el hundimiento de las de terrazas suprayacentes (fig. 10).



Fig. 10. Foto del puente de San Adrián, con resquebrajaduras a causa del hundimiento del sustrato

Este fenómeno es consecuencia del problema de halocenos; es decir, disolución y emigración a través de las aguas subterráneas de las masas salinas yesíferas. El proceso es activo a causa de la existencia de fuertes corrientes subterráneas, por la presión litostática que actúa sobre las masas salinas y también a la estructura del sustrato yesífero, pues en gran parte de las zonas de Calahorra y Alcanadre, a la altura del río Ebro, los materiales terciarios yesíferos y margas yesíferas presentan numerosos repliegues constituidos por anticlinales y sinclinales más o menos paralelos al curso del río. Estas estructuras agudizan los problemas geotécnicos locales al constituir masas inestables que facilitan el ataque por las aguas freáticas. El resultado es que al fenómeno de hundimiento se unen deslizamientos según la vergencia de los pliegues, que superficialmente se traducen en deformaciones del terreno, algunas de las cuales se han observado ya hace tiempo (canal de Lodosa).

Generalmente al proceso de halocenos se suma la emigración de la fracción fina arcillosa, que debido a la alta permeabilidad de los materiales aluviales emigra aguas abajo, con lo que el proceso de «cavernización» se acentúa.

Otro factor negativo en la estabilidad geotécnica de la vega baja son las periódicas avenidas del Ebro, que pueden ser peligrosas en obras realizadas sobre este nivel.

La zona intermedia corresponde en gran parte a los depósitos cuaternarios y pliocuaternarios consolidados. En esta zona incluimos a las terrazas consolidadas y cementadas y a los diversos niveles erosivos de depósitos tipo glacis. Los caracteres morfológicos, litológicos y texturales de estas formaciones nos indican que corresponden a zonas de estabi-

lidad y sin aparentes problemas geotécnicos. Todas estas formaciones están medianamente cementadas, y a pesar de yacer sobre materiales que pudieran acarrear problemas geotécnicos (yesos y margas yesíferas), éstos no se han observado, salvo pequeños deslizamientos muy locales. La bondad en los caracteres geotécnicos positivos de la parte baja de esta zona ya son conocidos desde hace bastante tiempo, puesto que gran parte de las obras públicas, como son los trazados de carreteras, se han efectuado sobre estas formaciones. En otros casos se ha pensado más en el factor económico que en los caracteres geotécnicos, cuando se plantea el problema de construir una autopista por la terraza baja o vega fértil o por las terrazas altas y glacis consolidados, de suelos muy pobres. En este caso coincide casualmente el factor económico con los caracteres geotécnicos más adecuados, pero es indudable que estos últimos deben ser primordiales en todo trazado de autopistas.

No se han apreciado ni deslizamientos ni hundimientos en estos materiales a pesar de yacer sobre yesos y margas yesíferas. Tampoco existen problemas con relación a surgencias de aguas agresivas debido a la pobreza en acuíferos en esta zona intermedia. En resumen es la zona, por su topografía y caracteres geotécnicos, más apropiada para el trazado de carreteras y autopistas.

En los macizos periféricos, alejados del valle aluvial, los problemas geotécnicos que pueden plantearse están íntimamente relacionados con los caracteres litológicos, morfológicos y estructurales.

Los relieves periféricos del Oligoceno, conglomerados calcáreos y areniscas, todos ellos bien cementados, no presentan problemas geotécnicos por constituir formaciones compactas muy estables. Los problemas geotécnicos más graves se presentan en el contacto de estos grupos litológicos con las formaciones yesíferas del Oligoceno superior.

El distinto comportamiento tectónico-estructural de las capas duras y blandas hace que este contacto constituya una «zona» de inestabilidad, a causa de que los materiales plásticos se deslizan según vergencias más o menos acusadas, sobre los materiales compactos del sustrato por el distinto comportamiento geotectónico de dichos depósitos. El resultado es una «traslación» y repliegue de los materiales yesíferos hacia el N. que parece ser ayudado por la surgencia de aguas agresivas en el contacto. Este «continuo» deslizamiento hacia el N. parece ser que continúa en la actualidad, como se ha podido apreciar en pequeñas deformaciones en obras públicas recientes (carretera de Bergasa-Bergasilla; zona de Alcanadre). Estos deslizamientos producen contactos mecanizados que se aprecian muy bien en la foto aérea.

RESUMEN GEOTECNICO POR ZONAS TOPOGRAFICAS

Zona	Caracteres litológicos	Problemas geotécnicos
Baja	Aluviales y terraza inferior	Hundimientos y deformaciones en general.
Intermedia	a) Terrazas y glacis inferiores.	Sin problemas.
	b) Margas arcillosas con glacis superiores	Pequeños deslizamientos.
Alta	a) Conglomerados y areniscas cementadas	Sin problemas.
	b) Conglomerados y areniscas cementadas en contacto con yesos y margas yesíferas ...	Zona muy inestable: deslizamientos.

3. ZONA DE ABLITAS

3.1. GEOMORFOLOGIA

Esta zona comprende solamente el cuadrante 320-1, situado en la parte más oriental del Tramo.

La particularidad más acusada es la de estar constituida por abundantes yesos alabastrinos, que alternan con margas arcillosas abigarradas y bancos calizos aislados.

En esta zona deben distinguirse dos áreas morfológicas. El área del Norte es de morfología suave, excepto algunos relieves residuales en la parte NE. Está constituida fundamentalmente por recubrimientos cuaternarios más o menos consolidados que fosilizan distintos niveles de los materiales terciarios. En esta parte de morfología casi plana y nivel topográfico bajo, a unos 70 metros sobre el nivel del río Ebro, el accidente morfológico más importante es el río Queiles, no por su importancia fluvial, sino por los depósitos de acarreo originados por dicho río (fig. 11).

Los grupos morfológicos-litológicos más importantes en esta parte son las terrazas (40 i, 40 j y 40 k), la terraza glacis (40 l), los fondos de valle (40 f) y coluviales de ladera (40 d). Fosilizando a los relieves residuales hay restos de frentes de glacis (37 a) que han sido atribuidos a terrazas (fig. 12).

El área S. de esta zona presenta una morfología más acusada a causa de estar constituida por materiales compactos, yesos y calizas que alternan con otros más blandos, que confieren al conjunto cierta compacidad y estabilidad, lo que repercute en una morfología más acusada de forma tabular (cerro Especial), fosilizada por niveles calcáreos.

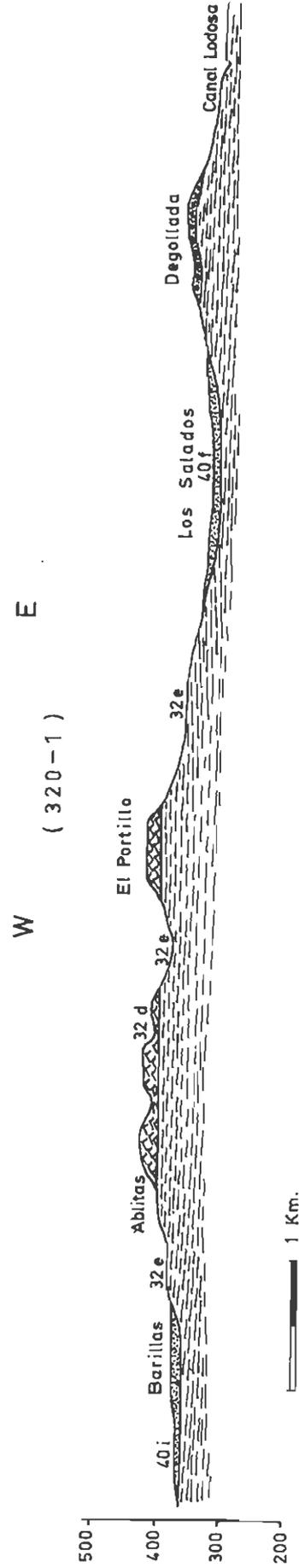
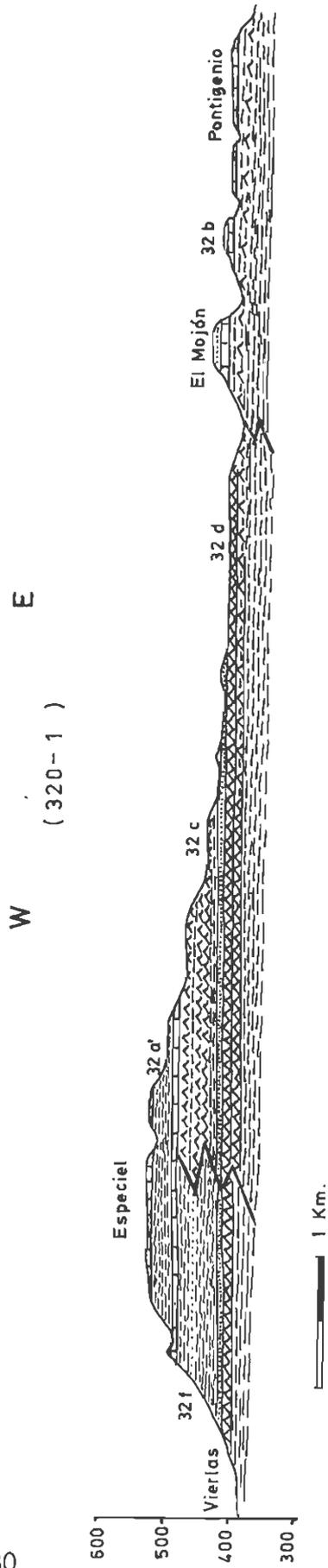


Fig. 11. Cortes geológicos de la zona de Abilitas, con los caracteres estructurales y litológicos más importantes

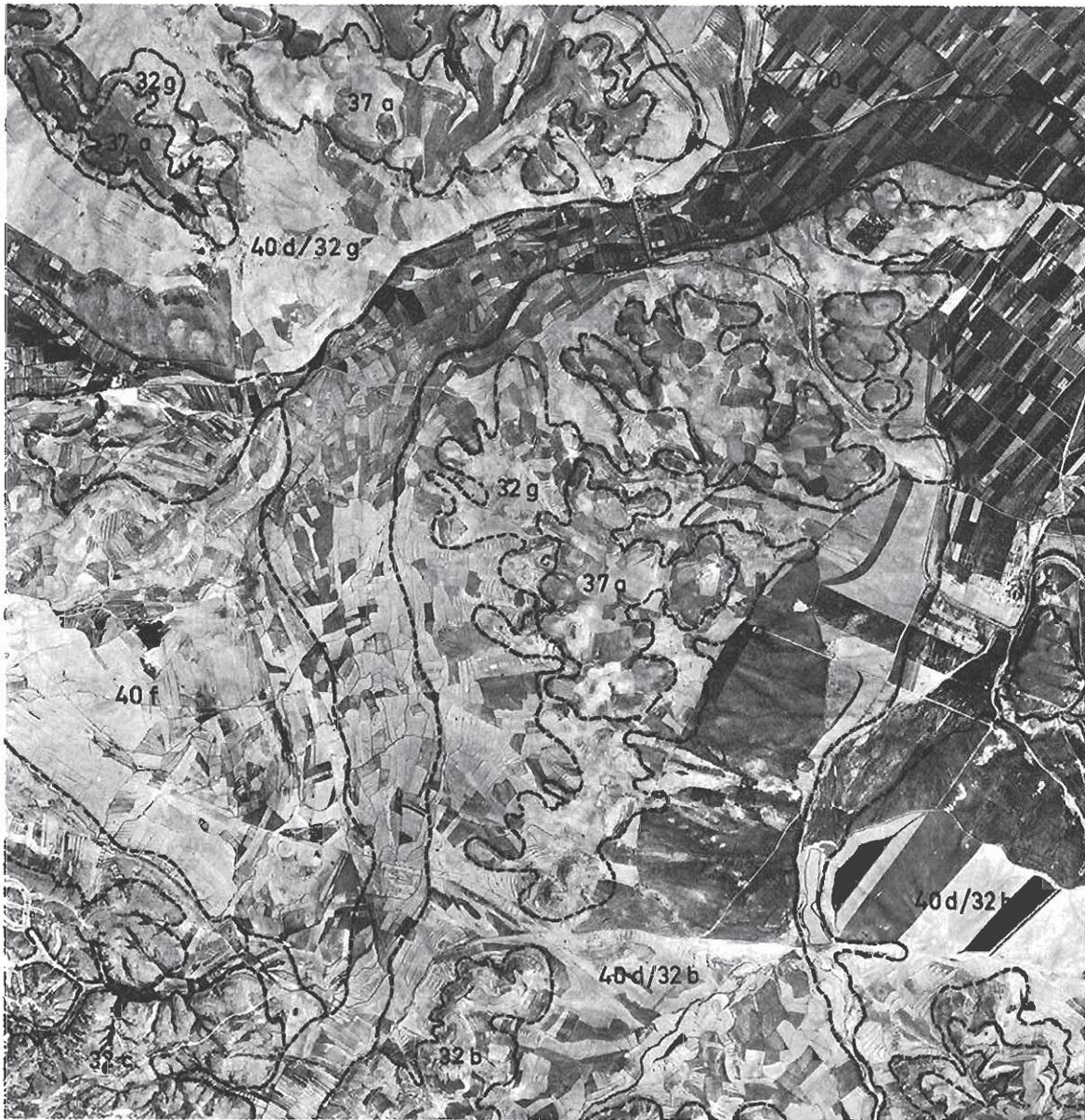


Fig. 12. Foto aérea de la parte NE. de la zona de Ablitas (Degollada)

3.2. GRUPOS GEOTECNICOS

Columna litológica.-	Referencia		Descripción	Edad
	Fotoplanos 1/25.000	Mapa 1/50.000		
	A4, a4	40 a	Aluviales limo-arenosos poco potentes.	CUATERNARIO
	A5, a5	40 b	Aluviales limosos y arcillo-yesíferos plásticos.	"
	L6	40 c	Depósitos lagunares limo-arcillosos.	"
	c4, c6	40 d	Coluviales de ladera mal clasificados.	"
	c(4,6)+GP	40 f	Fondos de valle, coluviales-aluviales mal clasificados.	"
	D4	40 g	Conos de deyección limo-arenosos.	"
	T1 GP+SM	40 i	Terraza baja, recubrimiento limoso sobre gravas.	"
	T2 GP+SM	40 j	Terraza intermedia de gravas consolidadas.	"
	T3 GP+SM	40 k	Terraza alta de gravas encalichadas.	"
	c'Qt+4/T2-3	40 l	Terraza-glacis de gravas cementadas.	"
	c'Dc	37 a	Glacis de gravas silíceas, matriz limo-arenosa y cemento terrígeno-calcáreo.	PLIO-CUATERNA.
	QmAr(Qc)	32 a'	Margas arcillosas-areniscosas, algo yesíferas, que intercalan calizas compactas.	MIOCENO
	QmAr·Qy(Qc+Dc)	32 b	Margas arcillosas con yesos alabastrinos que intercalan calizas y conglomerados.	"
	Qy·QmAr(Dc)	32 c	Yesos alabastrinos con margas arcillosas-areniscosas y con nivel conglomerático.	"
	Qy(Qx)	32 d	Yesos alabastrinos con abundante sílex.	"
	QmAr·Da(Qy)	32 e	Margas arcillosas abigarradas con areniscas yesíferas y finos niveles de yeso fibroso.	"
	QmAr(Da+Qy+Dc)	32 f	Margas arcillosas abigarradas que intercalan yesos, calizas y un banco conglomerático.	"
	QmAr(Da)	32 g	Margas arcillosas abigarradas con areniscas finas calco-yesíferas.	"

MARGAS Y CALIZAS DE ESPECIEL (32 a')

Litología.—Margas arcillosas abigarradas con algunas areniscas y yesos que intercalan, sobre todo hacia el techo, bancos calizos poco potentes y compactos. La potencia es de unos 30 metros.

Estructura.—Formación bien estratificada, subhorizontal (5° hacia el Sudeste). La intercalación de los estratos calcáreos confiere al conjunto una morfología tabular, constituida por mesetas más o menos amplias, coronadas por los bancos calcáreos.

Geotecnia.—Formación relativamente estable a causa de la intercalación de niveles compactos que protegen a los materiales más blandos de tipo margoso. Debido a que estos niveles son poco potentes son ripables en más del 75 por 100. Pueden presentarse algunos problemas a media ladera, pequeños desprendimientos en zonas de acuíferos más o menos agresivos.

MARGAS Y YESOS CON CALIZAS DE PORTIGENIO (32 b)

Litología.—Margas arcillosas abigarradas alternando con yesos que intercalan hacia el techo bancos calcáreos, y en la base, un nivel conglomerático. La potencia visible es superior a los 70 metros.

Estructura.—Formación horizontal, bien estratificada y que origina relieves moderados en el SE. del cuadrante 320-1.

Geotecnia.—A pesar de la profusión de yesos esta formación es bastante estable a causa de que éstos son bastante compactos y por la intercalación calcárea. Es ripable de un 50 a un 75 por 100.

YESOS Y MARGAS DE MOCHALES (32 c)

Litología.—Yesos alabastrinos y terrosos, alternando con margas abigarradas con algún yeso. En la parte alta aparece un nivel conglomerático calcáreo. La potencia es superior a los 80 metros (fig. 13).

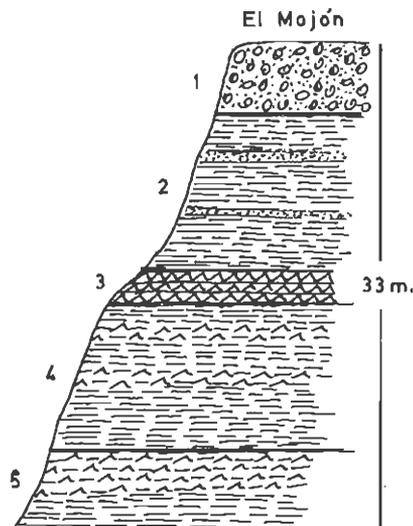


Fig. 13. Corte esquemático del grupo 32 c. 1. Conglomerado calcáreo (4 mts.). 2. Margas arcillosas con areniscas (10 mts.). 3. Yesos alabastrinos (2 mts.). 4. Margas arcillosas con yesos (10 mts.). 5. Margas arcillosas y yesos (8 mts.)

Estructura.—Como todas las formaciones de la zona está bien estratificada, horizontal o buzando suavemente hacia el SE. La abundancia de materiales yesíferos origina una morfología superficial dendrítica.

Geotecnia.—Los yesos, al ser bastante compactos, confieren al conjunto bastante estabilidad. Es ripable de un 40 a un 60 por 100. Existirán problemas por la agresividad de las aguas.



Fig. 14. Foto del Portillo de Ablitas, con los yesos con sílex (32 d) sobre margas arcillosas con areniscas y yesos (32 e)

YESOS Y SILEX DE ABLITAS (32 d) (fig. 14)

Litología.—Yesos masivos alabastrinos que alternan o intercalan lenticiones de sílex. La potencia varía entre 5 y 15 metros.

Estructura.—Formación subhorizontal, ya que buza unos 5° hacia el Sudeste, bien estratificada y que a causa de su gran compacidad aparece fosilizando en la parte de Ablitas a las formaciones más blandas (figura 15).

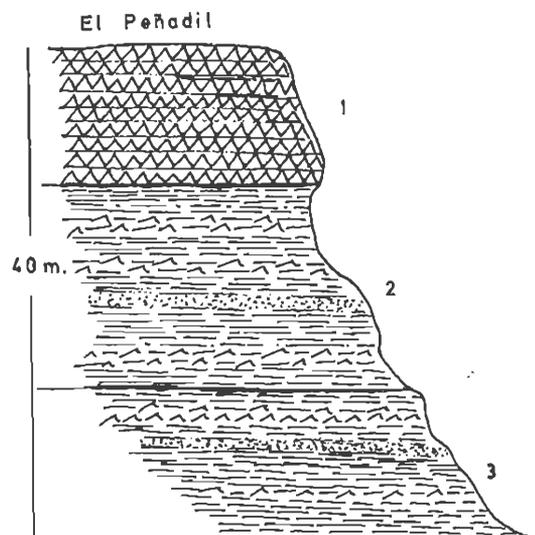


Fig. 15. Corte geológico en el Peñadil de Ablitas. 1. Yesos alabastrinos con sílex (6 mts.). 2. Margas arcillosas abigarradas con areniscas y yesos (15 mts.). 3. Margas arcillosas y areniscas con yesos (20 mts.)

Geotecnia.—Conjunto que no presenta problemas geotécnicos acusados a causa de su estructura compacta, gran estabilidad en taludes acusados, etc. La ripabilidad es muy baja. El único problema geotécnico puede reducirse a pequeños desprendimientos de bloques yesíferos por descansar sobre formaciones más blandas erosionables.

MARGAS CON ARENISCAS Y YESOS DEL PORTILLO (32 e)

Litología.—Margas arcillosas abigarradas que alternan con areniscas finas calcareníticas-yesíferas e hiladas de yeso fibroso. Potencia visible superior a los 60 metros.

Estructura.—Formación subhorizontal bien estratificada y que debajo de los yesos y sílex de Ablitas constituye las laderas bajas de los cerros de morfología suave.

Geotecnia.—Formación relativamente estable en taludes moderados. Ripable. Buena capacidad portante. Peligro de pequeños desprendimientos de paquetes de la formación superior a causa de la erosión diferencial.

MARGAS CON ARENISCAS Y YESOS DE VIERLAS (32 f) (fig. 16)

Litología.—Margas arcillosas abigarradas que intercalan yesos, areniscas calcareníticas-yesíferas y un nivel de conglomerado calcáreo. La potencia visible es superior a los 40 metros.

Estructura.—Conjunto bien estratificado subhorizontal (buza unos 5° hacia el SE.) y que constituye la parte baja del cerro Especial, en Vierlas.

Geotecnia.—Formación estable en taludes moderados. Las intercalaciones yesíferas, areniscosas y conglomeráticas confieren al conjunto buena resistencia. La ripabilidad oscila, según el tramo, entre el 50 y el 75 por 100.



Fig. 16. Detalle de la formación 32 f en Vierlas: margas arcillosas con yesos y areniscas

MARGAS CON ARENISCAS YESIFERAS EN LA DEGOLLADA (32 g) (figura 17)

Litología.—Margas arcillosas abigarradas que intercalan areniscas yesíferas muy finas. La potencia visible es superior a los 50 metros.

Estructura.—Conjunto horizontal medianamente estratificado y que constituye los cerros residuales del NE. del cuadrante, que están más o menos protegidos por conglomerados calcáreos que atribuimos a frentes de glacis. Este conjunto es una continuidad estratigráfica del grupo 32 e.

Geotecnia.—Conjunto medianamente a poco estable en taludes acusados. Es ripable en su totalidad. Las partes bajas de los cerros están recubiertas por terrazas consolidadas, por lo que estas zonas no deben presentar problemas geotécnicos.

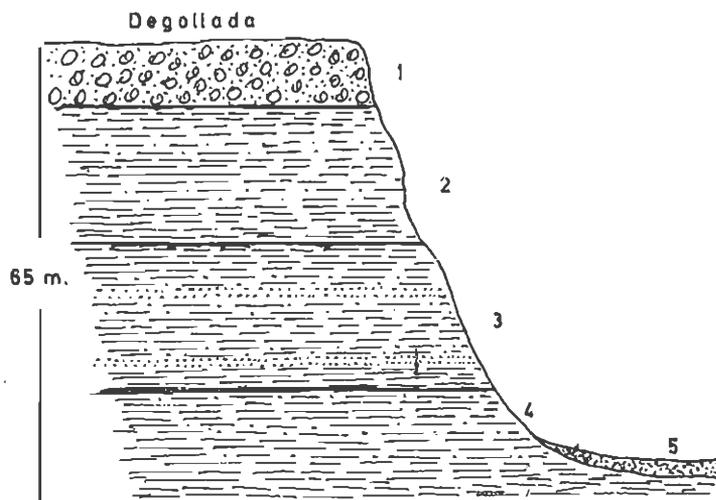


Fig. 17. Corte esquemático del grupo 32 g en La Degollada. 1. Glacis de pudingas silíceas (37 a). 2. Margas arcillosas-arenosas. 3. Margas arcillosas y areniscas yesíferas. 4. Margas arcillosas abigarradas. 5. Fondos de valle (40 f)

CONGLOMERADOS DE LOS CABEZOS (37 a)

Estos materiales de origen incierto están constituidos por pudingas poligénicas, fundamentalmente calcáreas, medianamente cementadas y abundante matriz calcarenítica. La potencia es de unos seis metros. Constituyen buenos yacimientos granulares, alguno de ellos en explotación actualmente.

TERRAZA-GLACIS DE EL SUSO (40 l) (fig. 18)

Forma una amplia plataforma, a cotas de 360-320 metros, que buza suavemente hacia el N. Está constituida por costras travertínicas más o menos recubiertas por pequeños aluviales, sobre conglomerados calcáreos poligénicos de uno a cinco metros de potencia. A causa de estar encañada y medianamente cementada no constituye yacimientos granulares de importancia. Pero en cambio debemos de resaltar los factores geotécnicos positivos: buena capacidad portante, morfología plana, etc.



Fig. 18. Vista panorámica de la terraza-glacis del norte de Ablitas

TERRAZAS DEL RIO QUEILES (40 i, 40 j y 40 k)

Esta terraza tiene bastante desarrollo en la parte de Ablitas. Debido a los diferentes episodios erosivos de la red fluvial no están muy bien delimitadas.

La terraza baja (40 i) tiene un recubrimiento limoso de 0,5 a 3 metros sobre gravas calcáreas poligénicas poco o nada cementadas y abundante matriz limo-arenosa. No constituye buenos yacimientos granulares.

La terraza intermedia (40 j), a pesar de que su extensión no es muy grande, constituye los mejores yacimientos granulares (Malon). Está constituida por gravas calcáreas bastante bien clasificadas, medianamente cementadas y poca matriz calcarenítica. La potencia es de unos 6 a 11 metros.

La terraza alta (40 k) presenta unos caracteres muy semejantes a las terrazas-glacis, excepto que es plana. Debido a su menor potencia, alrededor de tres-cuatro metros, y a que suele estar cementada, no constituye buenos yacimientos granulares.

FONDO DE VALLE DE LOS SALADOS (40 f)

Estos recubrimientos, que ocupan fondos de valle a veces amplios, son de características intermedias entre los coluviales y aluviales. En este caso contienen gran cantidad de elementos finos (arcillas) y plásticos (yesos), con variable cantidad de material grosero de origen coluvial. La potencia puede llegar en la parte central a los cinco metros. La inestabilidad de estos materiales, baja capacidad portante, elevada plasticidad, agresividad, etc., le confieren un acusado carácter negativo en las propiedades geotécnicas.

Otros recubrimientos

El domo de eyección de Ginestar (40 g) está constituido por un nivel de dos a cinco metros de limos y arcillas, algo yesíferas, sobre el nivel de la segunda terraza (40 j). El recubrimiento de limos es muy inestable.

Los coluviales de ladera (40 d) están ampliamente distribuidos por toda la zona; son de características limo-arcillosas, con diverso conte-

nido en material grosero (gravas y brechas calcáreas), y en general no sobrepasan los dos metros, excepto en la confluencia con los fondos de valle. No parecen presentar graves problemas geotécnicos debido a su escasa potencia.

Los sedimentos de laguna (40 c) están únicamente representados por una de tipo fluvial (laguna Lar), y aunque está constituida por sedimentos finos plásticos no debe presentar por su poca extensión problemas geotécnicos. Los aluviales plásticos (40 b) son poco potentes y están localizados en los barrancos de la parte oriental.

Los aluviales 40 a son en esta zona fundamentalmente limo-arenosos (río Queiles), que no sólo ocupan el cauce del río, sino que aparecen recubriendo a las terrazas. Como todos son inestables no constituyen yacimientos granulares.

3.3. RESUMEN GEOTECNICO

Esta zona no debe presentar problemas geotécnicos graves con relación a un futuro trazado de la autopista Zaragoza-Vascongadas, ya que ésta vendrá en primer lugar condicionada por la morfología y luego por los caracteres litológicos-geotécnicos, económicos, etc.

En el apartado 3.1, Geomorfología, habíamos establecido dos zonas topográficas; estas dos zonas, añadidas a los caracteres litológicos y geotécnicos de las formaciones, condicionan a su vez a grandes rasgos dos zonas con características geotécnicas diferentes:

Zona sin problemas geotécnicos.—Corresponde gran parte a la zona baja, casi plana, constituida fundamentalmente por terrazas y glacis-terrazas consolidadas. El escaso recorrido dentro de esta zona de la actual carretera nacional Zaragoza-Logroño (NE. del cuadrante 320-1) se realiza sobre esta «zona» geotécnica.

Zonas con algunos problemas geotécnicos.—Incluimos aquí los relieves margo-yesíferos de la parte S. y a los fondos de valle y aluviales yesíferos de Los Salados y La Almazara, en donde pueden presentarse problemas de deslizamientos y descalces en aquéllos y de hundimientos en estos últimos.

En los capítulos 8 y 9 se esquematizan los yacimientos granulares más importantes con relación a los grupos geológicos y además se hacen unas recomendaciones generales de tipo geotécnico sobre las zonas más adecuadas para trazados de autopistas.

4. ZONA DE TUDELA

4.1. GEOMORFOLOGIA

La zona de Tudela está constituida por los cuadrantes 282-2 y 282-3. En ella podemos distinguir las siguientes «zonas» morfológicas:

- a) Valle fluvial y terrazas del río Ebro.
- b) Valle fluvial y terrazas del río Alhama.
- c) Relieves periféricos.
- d) Relieves intermedios y residuales.

El valle fluvial y terrazas del río Ebro se solapan con las de su afluente, el Queiles, por la margen derecha. Esta zona morfológica plana está ocupando gran parte del cuadrante 282-2.

La zona del valle fluvial y terrazas del río Alhama es también bastante extensa; se localiza en la parte NW. del cuadrante 282-3, aunque existe una zona de transición formada por terrazas recubiertas por aluviales y depósitos de fondo de valle que se une al valle del río Alhama por la izquierda y al valle del río Queiles por la derecha.

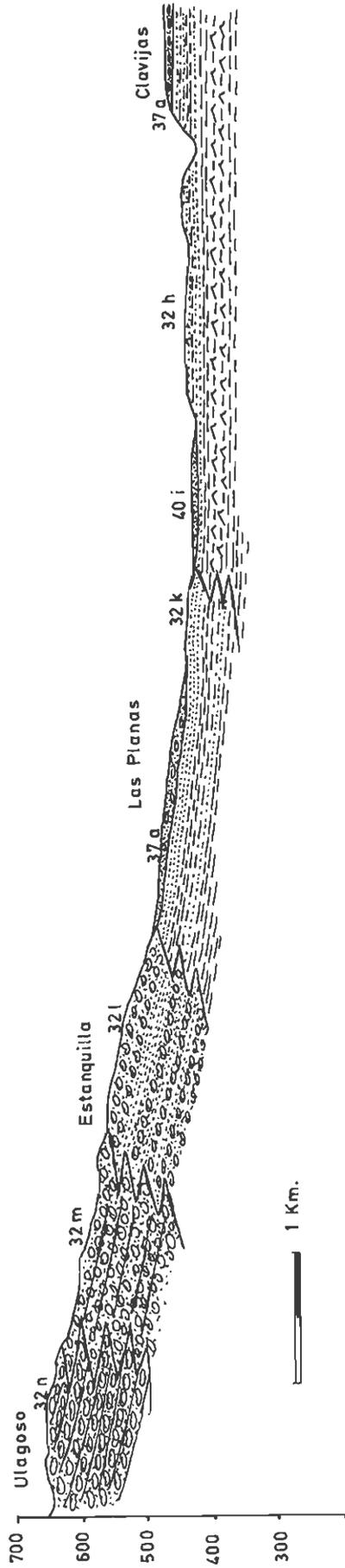
Los relieves periféricos, de morfología más abrupta, se localizan en la parte SW. del cuadrante 282-3. Estos relieves están condicionados, en primer lugar, por la estructura de vergencia hacia el NE., y en segundo, por la resistencia de los materiales a la erosión, a causa de ser formaciones muy compactas (fig. 19).

Los amplios valles fluviales del río Ebro y sus afluentes Queiles y Alhama aíslan relieves residuales de materiales terciarios generalmente fosilizados por glaciares (a modo de terrazas) conglomeráticos cementados. Estos relieves están representados por los montes de Tudela (Canraso, Clavijas, etc.) (fig. 20).

Estos relieves intermedios en la margen izquierda del río Ebro presentan una morfología más abrupta, con taludes más acusados (cerro San Gregorio), debido al encajamiento del cauce del río Ebro en dirección NE., lo que origina un valle fluvial asimétrico en esta zona.

SW NE

(282-3)



W.NW E.SE

(282-2)

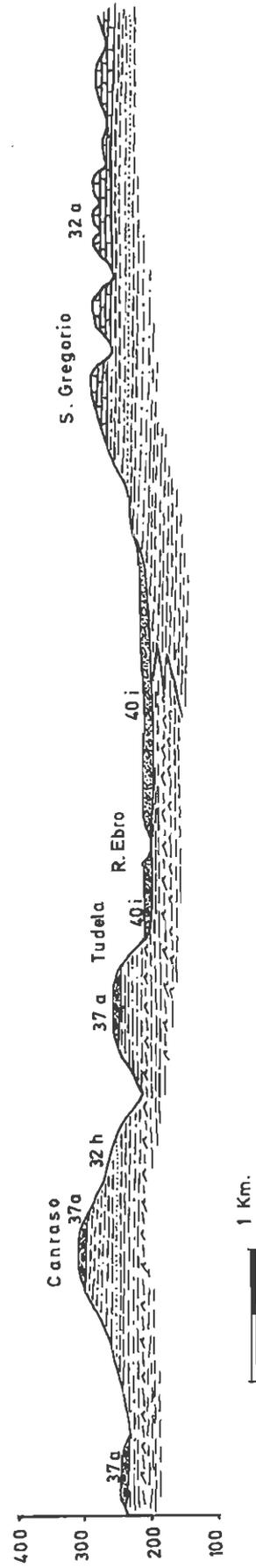


Fig. 19. Cortes geológicos de la zona de Tudela, con los caracteres estructurales y litológicos más importantes

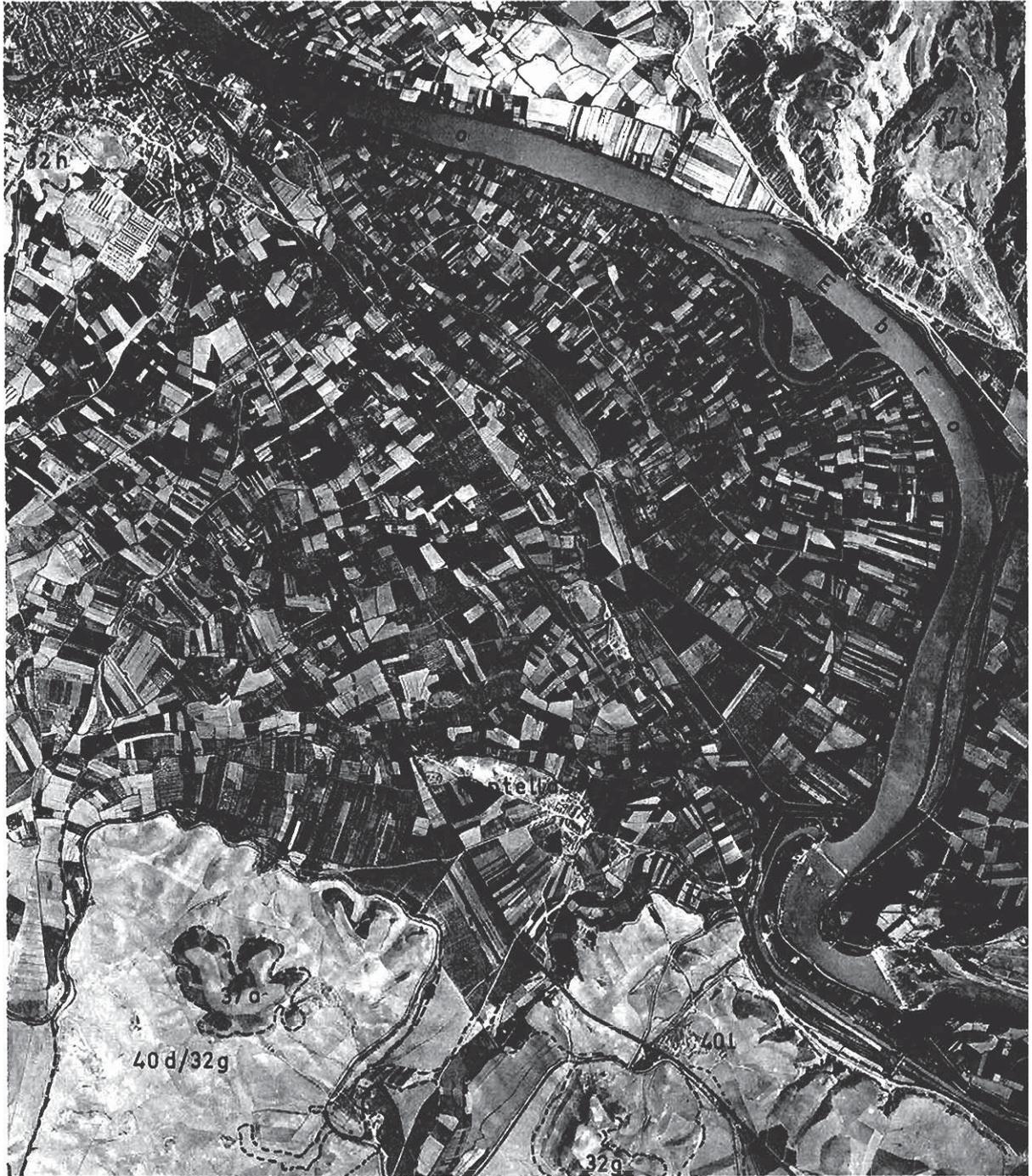


Fig. 20. Foto aèrea de la parte oriental de la zona de Tudela

4.2. GRUPOS GEOTECNICOS

Columna litológica	Referencia		Descripción	Edad	
	Fotoplanos 1/25.000	Mapa 1/50.000			
	A4,6	a4,6	40 a	Aluviales limo-arenosos poco potentes.	CUATERNARIO
	L4	L6	40 c	Depósitos lagunares limo-arcillosos.	
	c4	c6	40 d	Coluviales de ladera mal clasificados.	
	(c+a)4,6	GP	40 f	Fondos de valle, coluviales-aluviales mal clasificados.	
	D4	D6	40 g	Conos de deyección limo-arenosos.	
	AGP	SM	40 h	Gravas y arenas actuales del río Ebro.	
	T ₁	GP+SM	40 i	Terraza baja, recubrimiento limoso sobre gravas.	
	T ₂	GP+SM	40 j	Terraza intermedia de gravas consolidadas.	
	T ₃	GP+SM	40 k	Terraza alta de gravas encalichadas.	
	c'(Qt)	T	40 l	Terraza-glacis de gravas cementadas.	
	c'Dc		37 a	Glacis de gravas silíceas, matriz limo-arenosa y cemento terrígeno-calcáreo.	PLIO-CUATERNA.
	Gm Ar(Qc Qm+Da)		32 a	Calizas margosas tableadas alternando con margas arcillosas abigarradas.	MIOCENO
	Gm Ar·Da(Qy)		32 h	Margas abigarradas que alternan con areniscas yesíferas y algunos yesos fibrosos.	"
	Gm Ar(Da)		32 g	Margas arcillosas abigarradas con areniscas finas calco-yesíferas.	"
	Da·Gm Ar(Qy)		32 j	Areniscas calco-yesíferas que alternan con margas abigarradas.	"
	Da·Gm Da		32 k	Areniscas calcáreas que alternan con margas areniscosas abigarradas.	"
	Dc·Da		32 l	Conglomerado areniscoso poco cementado de cantos calcáreos y matriz calcarenítica.	"
	D''c		32 m	Conglomerado calcáreo poligénico fino bien cementado.	"
	D'c		32 n	Conglomerado calcáreo poligénico grosero bien cementado.	"

MARGAS Y CALIZAS DE SAN GREGORIO (32 a)

Litología.—Margas abigarradas arcillosas que intercalan hacia la base areniscas finas calcareníticas-yesíferas, y hacia el techo, calizas margosas tableadas compactas. La potencia visible es superior a los 100 metros (figura 21).

Estructura.—Formación horizontal bien estratificada, que forma relieves de moderados a abruptos en la margen izquierda del río Ebro.

Geotecnia.—Formación bastante estable, aun en taludes acusados. Ripable los tramos margosos, poco ripable los calcáreos. En general no parece presentar problemas geotécnicos, excepto algún descalce por erosión diferencial en taludes acusados.

MARGAS CON ARENISCAS DE FONTELLAS (32 g)

Este grupo litológico ha sido descrito en la zona de Ablitas como «Margas con areniscas de la Degollada» (32 g) y que en esta zona constituye unos relieves residuales poco extensos cerca del poblado de Fontellas (282-2).

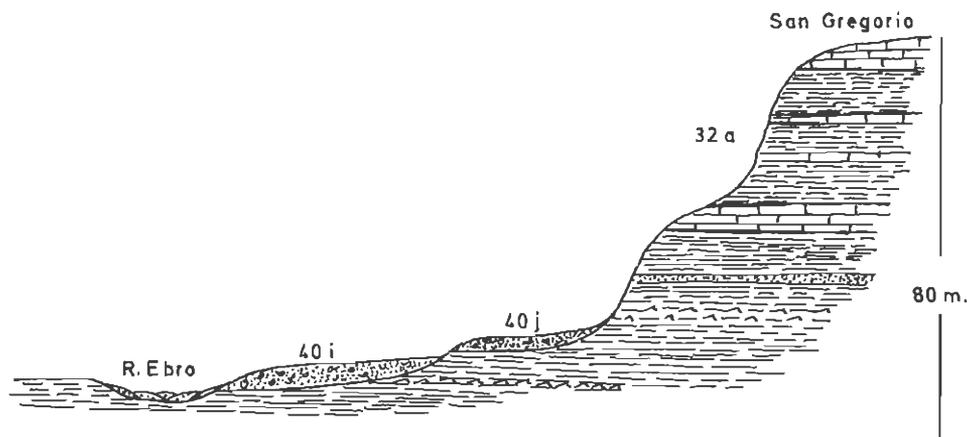


Fig. 21. Corte geológico de la margen izquierda del río Ebro, en Tudela, con el grupo 32 a

MARGAS Y ARENISCAS YESIFERAS DE TUDELA (32 h) (fig. 22)

Litología.—Margas abigarradas compactas que alternan con areniscas compactas calco-yesíferas y algunos yesos fibrosos. La potencia visible es superior a los 100 metros (fig. 23).

Estructura.—Esta extensa y potente formación localizada en la parte norte de la zona, desde Tudela hasta cerca del Cintruénigo, está bien estratificada en bancos horizontales y casi siempre fosilizada por glaciares conglomeráticos cementados.

Geotecnia.—A pesar de su litología margosa, es una formación bastante estable y resistente a causa del grado de compactación de las margas y areniscas. Ripable del 40 al 60 por 100.

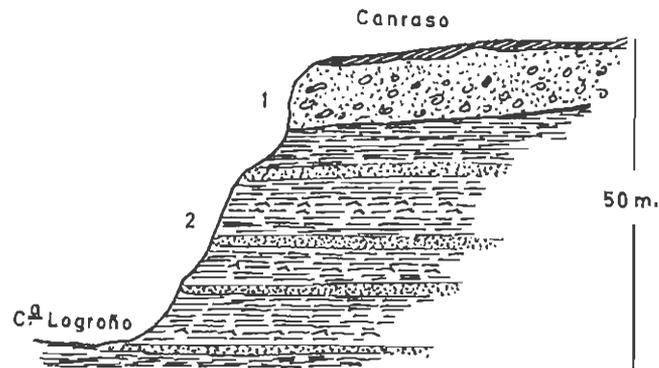


Fig. 22. Corte geológico esquemático del cerro Conraso de Tudela. 1. Glacis (37 a). 2. Margas arcillosas y areniscas (32 h)

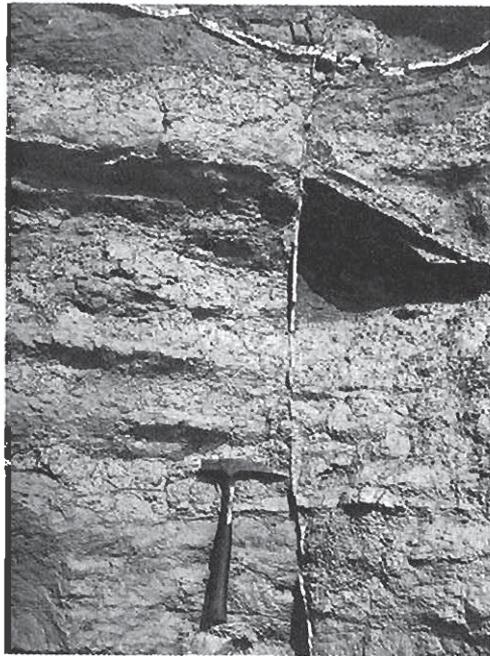


Fig 23 Detalle de la formación margo-areniscosa, con yesos fibrosos (32 h) del cerro Clavijas

ARENISCAS Y MARGAS DE CINTRUENIGO (32 j)

Litología.—Bancos de areniscas calcareníticas-yesíferas de 0,3 a 1 metro de potencia alternando con margas abigarradas areniscosas-arcillosas y algunos yesos fibrosos. La potencia visible en esta zona no pasa de los 30 metros.

Estructura.—Este grupo geotécnico está bien estratificado en bancos horizontales. Constituye relieves erosionados casi planos en la parte NW. del cuadrante 282-3.

Geotecnia.—Por su morfología y grado de compactación y cementación de este grupo, hace que no presente en principio problemas geotécnicos. La ripabilidad es mediana (50-60 por 100).

ARENISCAS Y MARGAS ARENISCOSAS DE PEÑA ABARZON (32 k)

Litología.—Areniscas de grano grueso a medio, calcareníticas, en bancos compactos de 0,5 a 2 metros, alternando con areniscas margosas, finas, bastante compactas. La potencia visible es de 20 a 30 metros.

Estructura.—Conjunto bien estratificado que buzando unos 10° hacia el NE. constituye las laderas de los relieves periféricos del SW. de la zona. Por cambio de facies, pasa al S. al grupo 32 l, y por el N., al 32 j.

Geotecnia.—Conjunto bastante estable y resistente, sin apenas problemas geotécnicos. La ripabilidad es de mediana a baja.

CONGLOMERADOS Y ARENISCAS DE VARANDILLO (32 l)

Litología.—Conglomerados calcáreos, poligénicos, medianamente cementados, de cantos de pequeño a mediano tamaño (6-12 cms.), alternando e intercalando areniscas groseras calcareníticas. La potencia es de 20 a 40 metros.

Estructura.—Constituye las laderas altas de los relieves periféricos. Buza unos 10°-12° hacia el NE. La estratificación es muy acusada. Por el Sur estos conglomerados calcáreos parecen que recubren a los conglomerados silíceos de los cerros periféricos.

Geotecnia.—Formación medianamente estable a causa de su incipiente cementación, pero que por su morfología, potencia y relación con los demás grupos litológicos no parece que presente problemas graves geotécnicos. Es ripable en más del 75 por 100.

CONGLOMERADOS DE ULAGOSO (32 m)

Litología.—Conglomerados poligénicos, silíceos y calcáreos, de cantos de tamaño pequeño a mediano, matriz calcarenítica y cemento carbonatado. La potencia no es superior a los 40 metros.

Estructura.—Constituyen conglomerados compactos poco estratificados y que buzan unos 10° a 15° hacia el NE. Hacia el N. pasan a facies arenosas, y hacia el S., a conglomerados más groseros.

Geotecnia.—Conjunto muy estable que admite taludes verticales. No ripable. No presenta problemas geotécnicos.

CONGLOMERADOS DE MOJON DE LOS TRES REYES (32 n) (fig. 24)

Litología.—Conglomerados poligénicos, fundamentalmente silíceos, y algún calcáreo heterogranular entre 3 y 40 centímetros (Md = 12 cms.) y bastante bien cementados por carbonatos. La potencia es superior a los 150 metros.

Estructura.—Este conjunto, que buza unos 12°-15° hacia el NE., está toscamente estratificado. Constituye los relieves más elevados de la zona de Tudela.

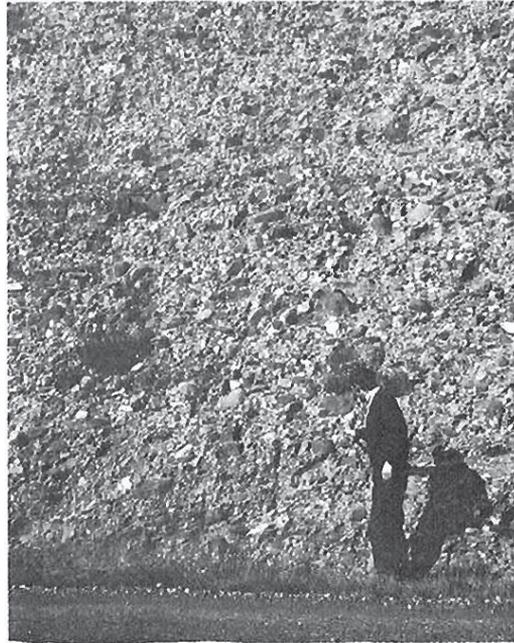


Fig. 24. Foto de los conglomerados poligénicos silíceos del Mojón Tres Reyes (32 n)

Geotecnia.—Al igual que el grupo 32 m, es muy estable admitiendo taludes verticales. No debe presentar problemas geotécnicos. No ripable.

GLACIS DE CANRASO Y CLAVIJAS (37 a)

Litología.—Son conglomerados poligénicos, fundamentalmente silíceos, heterométricos (3 a 40 cms.), de subangulosos a subredondeados; la matriz calcárenítica es poco abundante y el cemento carbonatado. La potencia



Fig. 25. Foto de las graveras del cerro Conraso (Tudela), constituidas por gravas silíceas encalichadas (37 a)

puede oscilar entre uno-tres metros (cerro Clavijas) a seis-nueve metros (cerro Canraso), y en los montes de San Gregorio, de tres a seis metros (fig. 25).

Estructura.—Estos materiales, más o menos cementados, están fosilizando al terciario en estructuras casi planas con vergencia de unos 5° hacia el S., excepto los glacis de la parte S. que vergen hacia el N.

Geotecnia.—Formación estable que a pesar de estar algo cementada constituye buenos yacimientos granulares (cerros de Tudela). Ripable en más del 60 por 100.

TERRAZA-GLACIS DE FONTELLAS Y EL SASO (40 i)

Corresponden a terrazas intermedias y altas, travertinizadas, con rasgos morfológicos y litológicos intermedios entre los glacis y terrazas. Son de morfología casi plana, poligénicas, calco-silíceas, buena capacidad portante. Pueden explotarse como yacimientos granulares.

TERRAZA INTERMEDIA DE LOS RIOS EBRO Y ALHAMA (40 j)

Estos depósitos cuaternarios tienen gran desarrollo en la presente zona, pues tanto las terrazas de los ríos Ebro-Queiles como las del río Alhama tienen un gran desarrollo superficial; tanto que confieren una morfología propia a los valles del S. de Tudela, NW. de Muchante y E. y S. de Cintruénigo.

Está constituida por gravas poligénicas, fundamentalmente silíceas, subredondeadas, de tamaño entre 3 y 20 centímetros, con matriz calco-silíceas y más o menos cementadas por carbonatos. La potencia oscila entre uno y cinco metros. Tanto en el río Ebro como en el río Alhama constituye un grupo litológico importante como yacimientos granulares. Debido a su cementación y a que descansa sobre un terciario relativamente estable, no parece presentar problemas geotécnicos en las obras públicas.

TERRAZA BAJA DE LOS RIOS EBRO Y ALHAMA (40 i)

Constituye un nivel sedimentario-erosivo, poco delimitado en cuanto a la influencia de la red fluvial y también porque presenta hasta tres niveles erosivos más o menos encajados en la misma terraza que a veces ha dado origen a establecer erróneamente distintas terrazas.

En general presenta un recubrimiento de tipo aluvial, fundamentalmente limoso, de 0,5 a 3 metros de potencia, sobre unos 7 a 10 metros de gravas poligénicas calco-silíceas poco o nada cementadas. Por ocupar zonas de laboreo, por contener abundante matriz terrígena y por su proximidad al nivel freático general, no suelen constituir yacimientos granulares.

ALUVIALES DE LOS RIOS EBRO Y ALHAMA (40 h)

Están constituidos por gravas poligénicas, fundamentalmente calcáreas, en el río Ebro, y silíceas, en el río Alhama. En ambos casos presentan

abundante matriz arenácea calco-silícea. La potencia puede llegar en el río Ebro a los seis metros, en donde originan yacimientos granulares.

4.3. RESUMEN GEOTECNICO

Las características geotécnicas de la zona de Tudela pueden resumirse a partir de las cuatro «zonas» morfológicas establecidas en el apartado 4.1.

El valle fluvial y terrazas del Ebro y Queiles no presentan problemas geotécnicos graves excepto en el área ocupada por la terraza baja y aluviales de dichos ríos, en donde pueden producirse algunos hundimientos superficiales y profundos; los primeros, originados por compactación de los materiales sueltos de la terraza, que casi siempre presenta un recubrimiento abundante de limos algo plásticos cuando el terreno se somete a sobrecargas; los segundos son originados por la acción de las aguas freáticas sobre los materiales salinos (areniscas yesíferas) con disolución y emigración a través de las aguas (halocenos) de los sulfatos. En los aluviales del cauce de dichos ríos estos problemas se agudizan a causa de estar estos materiales completamente sueltos.

Otro factor negativo de esta «zona» radica en la posibilidad de las inundaciones, sobre todo en aquellas áreas de nivel más bajo y próximas al río Ebro.

En el valle del río Alhama parece ser que estos problemas no son tan acusados como en el valle del Ebro, debido a que la terraza baja en este área tiene menos desarrollo, está más consolidada y yace sobre materiales más competentes (areniscas y margas cementadas).

Los relieves intermedios, por estar constituidos por materiales bastante compactos, no presentan problemas graves geotécnicos; acaso algún descalce o desprendimiento de bloques areniscosos a causa de la erosión diferencial en zonas de media y alta ladera.

Los relieves periféricos no deben presentar problemas geotécnicos a causa de estar constituidos por materiales muy cementantes y resistentes ante la acción de las aguas freáticas.

Por último, debemos indicar que en el capítulo nueve describimos los yacimientos granulares más importante, y en el ocho hacemos algunas recomendaciones generales geotécnicas sobre explotación de yacimientos.

5. ZONA DE ALFARO

5.1. GEOMORFOLOGIA

La zona de Alfaro comprende los cuadrantes 244-3 y 282-4.

El carácter morfológico más acusado en esta zona es la de estar constituida en gran parte por niveles erosivos-sedimentarios de edad pliocénica y cuaternaria que confieren a esta zona una morfología muy uniforme casi plana con relieves residuales poco acusados, a su vez fosilizados por glaciares (fig. 26).

Estos caracteres vienen condicionados por el gran desarrollo de la red fluvial en esta zona, sobre todo en el cuadrante 244-3, y representada por el río Ebro, que recorre el cuadrante 244-3 de NW. a SE., su afluente por la margen izquierda el Aragón, de poco recorrido en este mismo cuadrante, y el río Alhama, que en dirección S.-N. recorre primeramente el cuadrante 282-4 y luego parte del 244-3.

El terciario fundamentalmente margoso-arenisco en la margen derecha forma casi llanuras y mesetas estructurales a causa de su estratificación horizontal que concuerda con los depósitos de terrazas y glaciares (fig. 27).

La estructura del terciario en la margen izquierda no es ya horizontal debido a que afloran allí los materiales yesíferos y arcillosos, serie inferior a la margosa-areniscosa, que bajo los fenómenos tectónicos y de halocinesis aparecen replegados en numerosos pliegues anticlinales y sinclinales paralelos más o menos al curso del río Ebro. Estas deformaciones afectan a los glaciares, por lo que parecen ser post-pliocénicas (fig. 28).



Fig. 27. Foto aérea de la parte NW. de la zona de Alfaro

5.2. GRUPOS GEOTECNICOS

Columna litológica	Referencia		Descripción	Edad
	Fotoplanos 1/25.000	Mapa 1/50.000		
	A 4, a 4	40 a	Aluviales limo-arenosos poco potentes.	CUATERNARIO
	L 6	40 c	Depósitos lagunares limo-arcillosos.	"
	c 4, c 6	40 d	Coluviales de ladera mal clasificados.	"
	c' 4, 6 + GP	40 e	Coluviales limo-aconglomeráticos.	"
	c(4+6)+GP	40 f	Fondos de valle, coluviales-aluviales mal clasificados.	"
	D 4	40 g	Conos de deyección limo-arenosos.	"
	T ₁ (4 AGP+SM)	40 h	Gravas y arenas actuales del río Ebro.	"
	T ₁ /GP+SM	40 i	Terraza baja, recubrimiento limoso sobre gravas.	"
	T ₂ GP+SM	40 j	Terraza intermedia de gravas consolidadas.	"
	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	Terraza-glacis de gravas cementadas.	"
	c' Dc	37 a	Glacis de gravas silíceas, matriz limo-arenosa y cemento terrígeno-calcáreo.	PLIO-CUATERNARIO
MIOCENO				
	Qm Ar·Da(Qy)	32 h	Margas abigarradas que alternan con areniscas yesíferas y algunos yesos fibrosos.	"
	Qm Ar(Da+Qy)	32 i	Margas arcillosas abigarradas con areniscas finas calco-yesíferas y yesos fibrosos.	"
	Da·Qm Ar(Qy)	32 j	Areniscas calco-yesíferas que alternan con margas abigarradas.	"
	Qy·Qm Ar	31 b	Yesos masivos alabastrinos entre margas arcillosas algo yesíferas abigarradas.	OLIGOCENO



Fig. 28. Foto de los yesos replegados (31 b), fosilizados por la terraza baja en Milagro (puente sobre el río Aragón)

MARGAS Y ARENISCAS DE ALFARO (32 h) (fig. 29)

Litología.—Margas arcillosas abigarradas que alternan con areniscas calco-yesíferas y alguna hilada de yesos fibrosos. La potencia visible es de unos 60 metros en Alfaro y el SE. de Corella.



Fig. 29. Foto de las margas arcillosas y areniscas (32 h), fosilizadas por un glacis conglomerático (37 a) en Alfaro

Estructura.—Conjunto bien estratificado, horizontal que constituye relieves muy suaves fosilizados por glacis y terrazas, originando relieves fósiles tabulares (fig. 30).

Geotecnia.—Conjunto bastante estable, pues es bastante resistente; lo que añadido a su morfología suave y no estar relacionado con acuíferos importantes, no debe presentar problemas geotécnicos. Es ripable.



Fig. 30. Foto de las margas arcillosas, con areniscas y algún yeso, de Alfaro

MARGAS CON YESOS Y ARENISCAS DE COFIN (32 i)

Litología.—Está formada por margas arcillosas abigarradas que intercalan areniscas finas calco-yesíferas y niveles de yeso fibroso. La potencia es 30-40 metros (fig. 31).

Estructura.—Este grupo litológico horizontal y bien estratificado corresponde a un cambio lateral de facies de la formación anterior, extendiéndose ampliamente por las zonas de Calahorra y Alcanadre.

Geotecnia.—Los caracteres morfológicos, litológicos y geotécnicos de este grupo, semejantes al anterior (32 h), condicionan unas propiedades geotécnicas similares (sin problemas).

ARENISCAS Y MARGAS DE CORELLA (32 j)

Litología.—Areniscas de grano medio, calco-yesíferas, compactas, alternando con margas arcillosas abigarradas y algún nivel de yeso fibroso. La potencia visible pasa de los 40 metros.

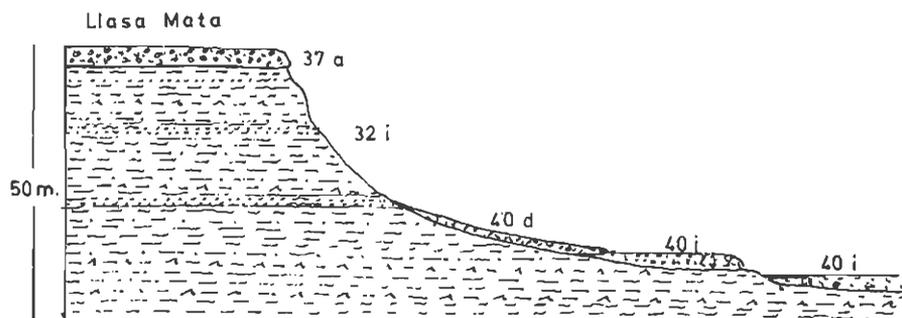


Fig. 31. Corte geológico, con los grupos litológicos al W. de Alfaro

Estructura.—A causa de los intensos procesos erosivos-sedimentarios plio-cuaternarios, constituye relieves de morfología casi plana, recubiertos por depósitos de tipo glacis y terrazas con estratos horizontales casi concordantes a estos sedimentos.

Geotecnia.—Los caracteres morfológicos y estructura compacta de estos materiales, añadido a que están fosilizados por depósitos consolidados, confiere al conjunto bastante estabilidad. Es ripable.

YESOS Y MARGAS DE MILAGRO (31 b)

Litología.—Yesos alabastrinos, terrosos y fibrosos, finamente estratificados, alternando con margas arcillosas abigarradas algo yesíferas. La potencia visible es de unos 60 metros.

Estructura.—Estos materiales aparecen replegados según la dirección NW.-SE., a veces en anticlinales fuertes de tipo eyectivo en que los umbrales corresponden a los yesos y los surcos a los materiales margosos, que casi siempre están rellenos de coluviales originados de glacis. (fig. 32).

Geotecnia.—La estructura, abundancia de niveles blandos y su relación con el nivel freático general, hace que constituya un grupo inestable a causa de la posibilidad de originarse deslizamientos según la vergencia de estos materiales, y hundimientos a causa de la halocenosís. Es ripable.

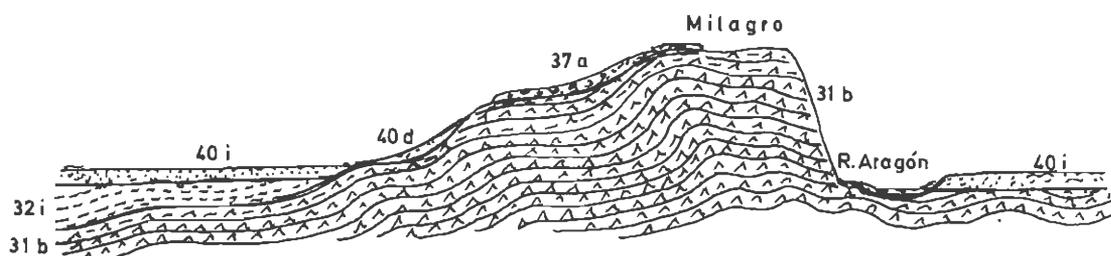


Fig. 32. Corte geológico en la margen izquierda del río Ebro, en Milagro

DEPOSITOS TIPO GLACIS (37 a)

Tienen un amplio desarrollo en esta zona. Corresponden a las partes bajas (frentes) de glacis y que están fosilizando a los materiales terciarios. Se encuentran a diferentes cotas en la parte de Corella (Lombatillo y Clavijas) y en Alfaro (Rigüeto y La Plana).

Litología.—Son glacis conglomeráticos constituidos por cantos silíceos, heterométricos, de subangulosos o subredondeados, poca matriz, calcosilíceas, y cementados más o menos por carbonatos y material terrígeno. Su potencia oscila entre uno y cinco metros.

Estructura.—Por corresponder a frentes de glacis presentan una morfología suave casi plana, lo que ha motivado que se confundan con terrazas. Aparecen distribuidos en dos o tres niveles de erosión.

Geotecnia.—Estos materiales a causa de su cementación no sólo son estables, sino que casi siempre confieren a los materiales terciarios, que fosilizan, cierta estabilidad. Constituyen buenos yacimientos granulares, que se explotan cuando están cerca de vías de comunicación importantes (La Plana de Alfaro).

TERRAZA INTERMEDIA (40 j) (fig. 33)

Esta terraza de los ríos Ebro-Alhama tiene un amplio desarrollo en esta zona, sobre todo en el cuadrante 282-4.

Litología.—Está formada fundamentalmente por gravas silíceas heterométricas (4-30 cms.) subredondeadas con matriz calco-silícea y cemento terrígeno-carbonatado. La potencia es de dos a seis metros.

Estructura.—Está formando una amplia llanura localizada principalmente enfrente de Corella, fosilizando a los materiales terciarios margo-areniscos.

Geotecnia.—Los caracteres geotécnicos son similares a los de los glaciales. Buena estabilidad y resistente. Origina yacimientos granulares (Corella).



Fig. 33. Foto de las gravas silíceas heterométricas de la terraza intermedia (40 j) de Corella

ALUVIALES DEL EBRO (40 h)

Los materiales aluviales del río Ebro presentan un gran desarrollo en esta zona, pues desde Alfaro a Rincón del Soto se aprecian extensos depósitos aluviales.

Están constituidos por gravas calcáreas y silíceas con abundante matriz limo-areniscosa calcarenítica. El conjunto no está nada cementado, lo que añadido a su gran extensión superficial y relativa potencia constituye buenos yacimientos granulares.

Para las obras públicas constituye una «zona» con graves problemas geotécnicos a causa de ser materiales inestables que descansan sobre un sustrato, generalmente yesífero, también inestable.

TERRAZA BAJA DEL EBRO (40 i)

La terraza baja del valle fluvial del Ebro tiene un gran desarrollo en esta zona, ya que gran parte del cuadrante 244-3 está ocupado por dicho grupo litológico. Este amplio desarrollo superficial parece que está condicionado por la morfología regional suave y por la confluencia de arrastres de tres ríos: el Ebro, el Aragón y el Alhama.

Esta terraza está constituida por un recubrimiento aluvial de tipo limoso de uno a tres metros de potencia sobre gravas poligénicas calcáreas y silíceas con abundante matriz terrígena. Está poco cementada y su potencia no sobrepasa los 10 metros. Constituye una «zona» con graves problemas geotécnicos sujeta a posibles hundimientos e inundaciones. Puede constituir yacimientos granulares.

COLUVIALES CONGLOMERATICOS (40 e)

Son materiales muy tendidos originados a partir de glaciares. Están localizados en la margen izquierda del río Ebro, en donde fosilizan las estructuras plegadas de los materiales yesíferos. Son materiales generalmente sueltos de poca potencia y naturaleza silícea y abundante matriz terrígena. Cuando se localizan en los surcos de los repliegues pueden constituir yacimientos granulares (Milagro).

OTROS RECUBRIMIENTOS CUATERNARIOS

Los demás depósitos cuaternarios, 40 a, 40 c, 40 d, 40 f, 40 g y 40 l están relativamente poco desarrollados y, además, sus características morfológicas, litológicas y geotécnicas ya han sido citadas en las zonas anteriores.

5.3. RESUMEN GEOTECNICO

Los caracteres morfológicos, litológicos y estructurales de los diversos grupos litológicos y su relación con el nivel freático general, hace que distingamos tres «zonas» con caracteres geotécnicos diferentes:

ZONA CON PROBLEMAS GEOTECNICOS

Corresponde a la parte baja ocupada por la terraza inferior. El problema más grave que puede presentar, ya se había citado anteriormente, consiste en la posibilidad de hundimientos del sustrato, que arrastraría a parte de los materiales de la terraza por estar poco o nada consolidados. Este problema es más grave en la margen izquierda del río Ebro, ya que allí, además de aparecer un sustrato más yesífero, están presentes estructuras inestables.

ZONA SIN PROBLEMAS GEOTECNICOS

Corresponde a los relieves de morfología suave, terciarios fosilizados por glaciares y terrazas consolidadas. Es una amplia zona que se localiza principalmente en el cuadrante 282-4.

ZONA CON ALGUNOS PROBLEMAS GEOTECNICOS

Corresponde a los relieves de morfología suave, periféricos, y de naturaleza yesífera. De poca extensión, se localiza en el área de Milagro y Cadreita. El problema principal en esta zona puede surgir de algunos deslizamientos y corrimientos en estructuras muy acusadas, como son los anticlinales eyectivos.

6. ZONA DE CALAHORRA

6.1. GEOMORFOLOGIA

Esta zona comprende los cuadrantes 243-1 y 243-2.

Los caracteres erosivos-sedimentarios de la red fluvial del río Ebro, existencia de grandes depósitos de tipo glacis que fosilizan al terciario, y la presencia en esta zona de relieves abruptos periféricos, condicionan la existencia a grandes rasgos de tres zonas morfológicas: zona baja, zona intermedia y zona alta (fig. 34).

La zona baja corresponde a estructuras planas constituidas por los depósitos de acarreo del Ebro, aluviales y terrazas. Esta zona morfológica comprende una ancha faja de dirección NW.-SE. en el cuadrante 243-1. Puede incluirse a esta zona el valle fluvial del río Cidacos, que atraviesa la zona de S. a N.

La zona intermedia comprende los relieves terciarios del centro de la cubeta, de morfología moderada y casi siempre recubiertos por restos de glacis de erosión. En esta zona incluimos los grandes mantos estructurales de glacis, como el de Aldeanueva de Ebro y el de la Plana de Calahorra, aunque este, a causa de la erosión, no forma una superficie continua (fig. 35).

La zona periférica se caracteriza por el relieve abrupto, constituido por materiales compactos que marcan el límite de la cuenca del terciario superior por el flanco S. de la cubeta del Ebro. Estos relieves periféricos tienen gran importancia por la gran influencia que han tenido en el modelado regional del valle del Ebro en esta zona, ya que han constituido las áreas madres de los extensos glacis de erosión.

La estructura general de los materiales terciarios adquieren en esta zona una forma de un gran sinclinal asimétrico muy tendido. En el flanco S., en contacto con los relieves marginales, el terciario presenta una vergencia acusada hacia el N.; en el centro es más o menos horizontal, para al N., en San Adrián, presentar una vergencia general hacia el S.

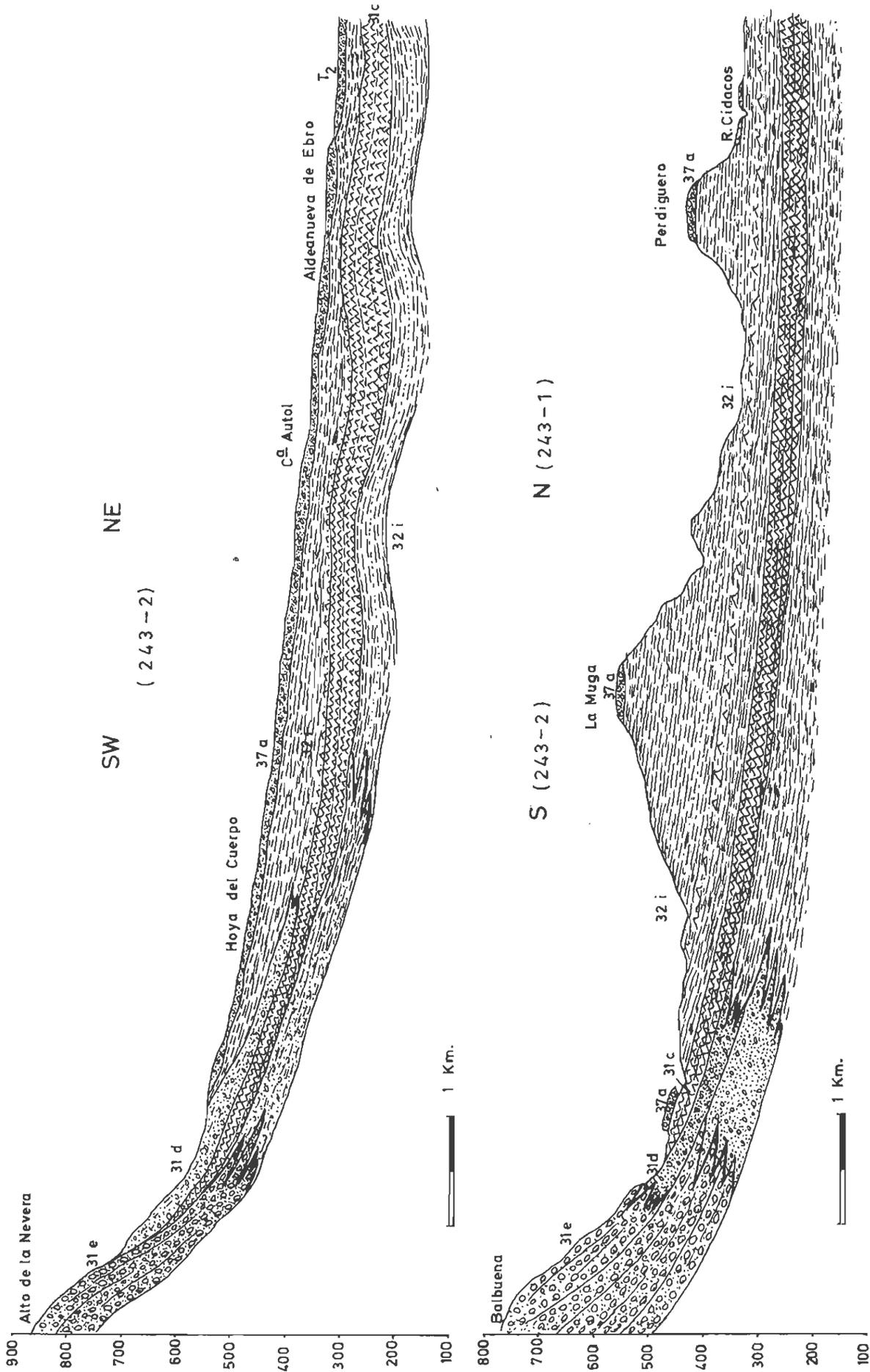


Fig. 34. Cortes geológicos de la zona de Calahorra, con los caracteres estructurales y litológicos más importantes

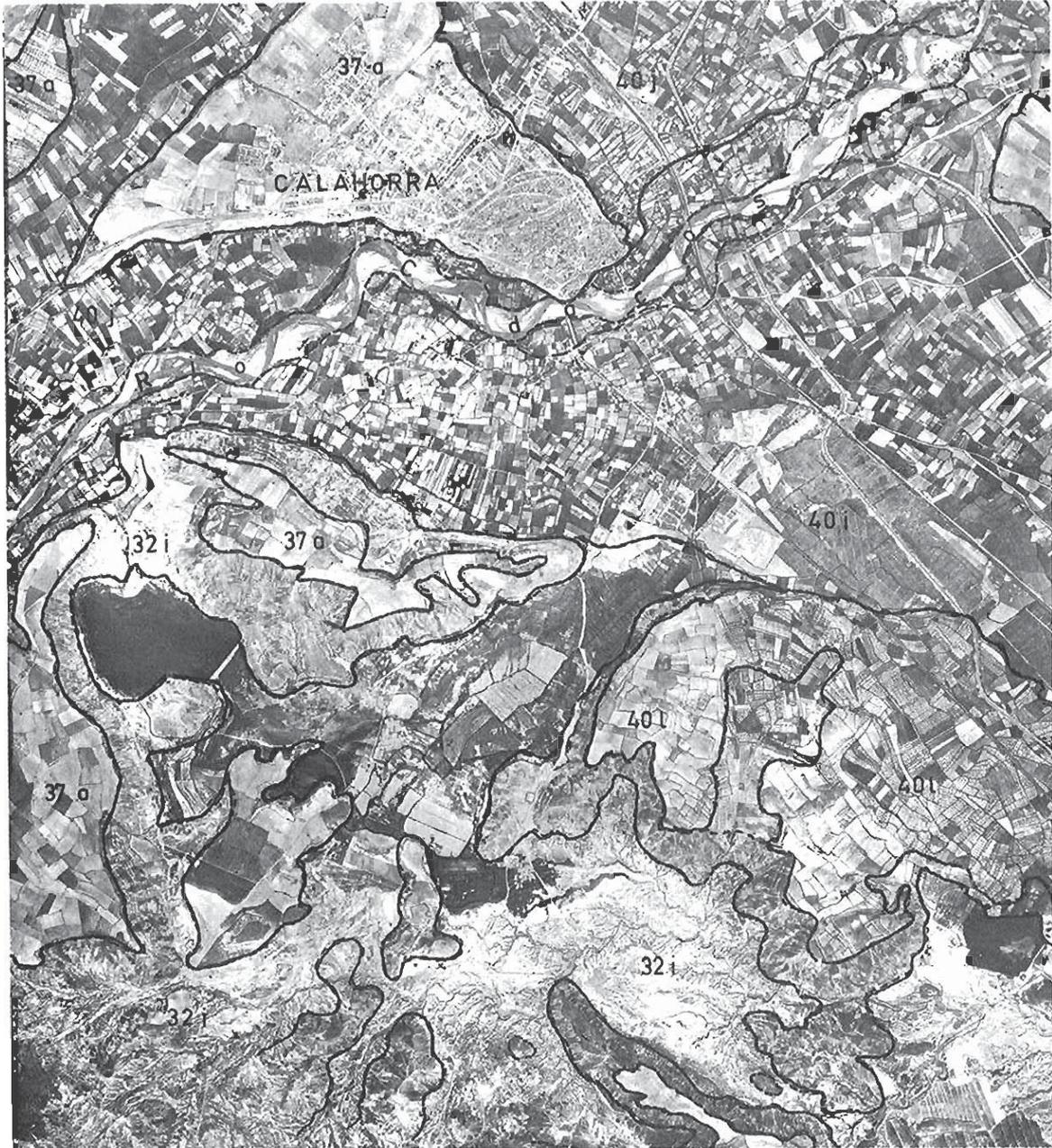


Fig. 35. Foto aèrea de la parte norte de la zona de Calahorra

6.2. GRUPOS GEOTECNICOS

Columna litológica	Referencia		Descripción	Edad		
	Fotoplanos 1/25.000	Mapa 1/50.000				
	A 4, 6	a 4, 6	40 a	Aluviales limo-arenosos poco potentes.	CUATERNARIO	
	A 5	a 5	40 b	Aluviales limosos y arcillo-yesíferos plásticos.		
	L 4	L 6	40 c	Depósitos lagunares limo-arcillosos.		
	c 4	c 6	40 d	Coluviales de ladera mal clasificados.		
	(c+a) 4, 6 + GP		40 f	Fondos de valle, coluviales-aluviales mal clasificados.		
	D 4	D 6	40 g	Conos de deyección limo-arenosos.		
	AGP + SM		40 h	Gravas y arenas actuales del río Ebro.		
	T ₁ 4 / GP + SM		40 i	Terraza baja, recubrimiento limoso sobre gravas.		
	T ₂ GP + SM		40 j	Terraza intermedia de gravas consolidadas.		
	T ₃ GP + SM		40 k	Terraza alta de gravas encalichadas.		
	c'(Qt)/T _{2,3}		40 l	Terraza-glacis de gravas cementadas.		
	c'Dc		37 a	Glacis de gravas silíceas, matriz limo-arenosa y cemento terrígeno-calcáreo.		PLIO-CUATERNARIO
	Qm Ar (Da + Qy)		32 i	Margas arcillosas abigarradas con areniscas finas calco-yesíferas y yesos fibrosos.		MIOCENO
	Qy + Qm Ar		31 b	Yesos masivos alabastrinos entre margas arcillosas algo yesíferas abigarradas.	OLIGOCENO	
	Qy + Am Qy		31 c	Yesos masivos alabastrinos blancos y grisáceos.		
	Da(Dc + Da Qm)		31 d	Areniscas calcáreas cementadas que intercalan conglomerados finos.		
	Dc		31 e	Conglomerados calcáreos poligénicos muy cementados.		
	Da(Dc)		31 f	Areniscas calcáreas bien cementadas con algunos cantos pequeños calcáreos.		

MARGAS ARCILLOSAS DE CALAHORRA (32 i) (fig. 36)

Litología.—Este amplio y potente conjunto litológico que se extiende desde Alfaro hasta Alcanadre está aquí ocupando gran parte de los materiales terciarios con facies detríticas típicas de centro de cuenca.

Son margas arcillosas abigarradas que intercalan areniscas finas calcoyesíferas y algún nivel de yeso fibroso. La potencia puede llegar a los 200 metros en el cerro El Espartal.

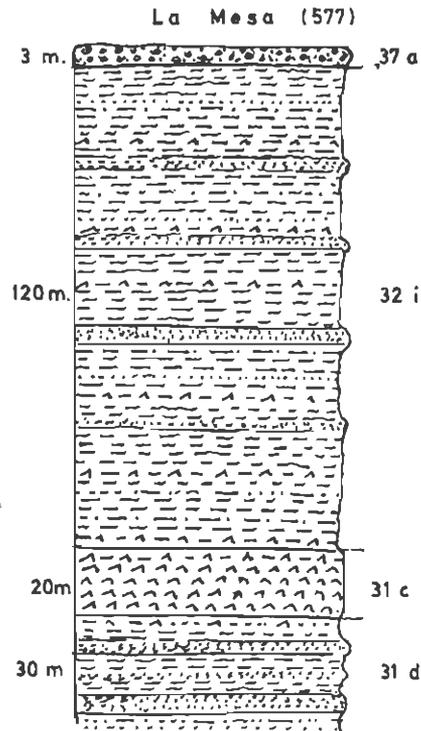


Fig. 36. Columna estratigráfica de los grupos litológicos al sur de Calahorra

Estructura.—Conjunto bien estratificado con estructura de sinclinal muy tendido, forma relieves de moderados hasta acusados en el centro de la zona, casi siempre fosilizados por glaciais (fig. 37).

Geotecnia.—Conjunto estable en taludes moderados. La resistencia es buena a causa de constituir formaciones compactas. Es ripable en su totalidad. Pueden presentarse algunos problemas geotécnicos, como algunos deslizamientos en el contacto con la formación yesífera (31 b), sobre todo en la parte S. de la zona a causa del buzamiento acusado y por surgencias de aguas agresivas en obras a media ladera.

YESOS Y MARGAS ARCILLOSAS DE AZAGRA (31 b) (fig. 38)

Litología.—Yesos alabastrinos bien estratificados alternando con margas arcillosas abigarradas. El conjunto consta de un nivel superior margo-arcilloso de unos 20 metros, uno intermedio yesífero de unos 40 metros y



Fig. 37. Foto de los cerros del Espartal, de margas arcillosas con restos de glacia. En primer término, el valle del río Cidacos

otro arcillo-margoso de 30 a 40 metros. La potencia total aproximada es de unos 100 metros, al N. de Azagra.

Estructura.—Conjunto finamente estratificado y más o menos replegado en pliegues NW.-SE., erosionado y recubierto por restos de glacia que fosilizan principalmente a estas estructuras sinclinales (fig. 39).

Geotecnia.—Conjunto medianamente estable a causa de su litología, grado de compactación bajo y a sus estructuras inestables. Estos problemas se agudizan cuando están bajo la influencia del nivel freático, ya que entonces, además de deslizamientos, pueden originarse corrimientos y hundimientos. La resistencia es mediana y la ripabilidad elevada. Cuando está poco replegado y fuera del nivel freático se comporta como estable, admitiendo taludes casi verticales de hasta 60 metros (cerro Espartal de Azagra).

YESOS DEL PALOMBERO (31 c)

Litología.—Yesos alabastrinos, compactos, alternando con otros terrenos limosos. La potencia es de unos 25 metros.

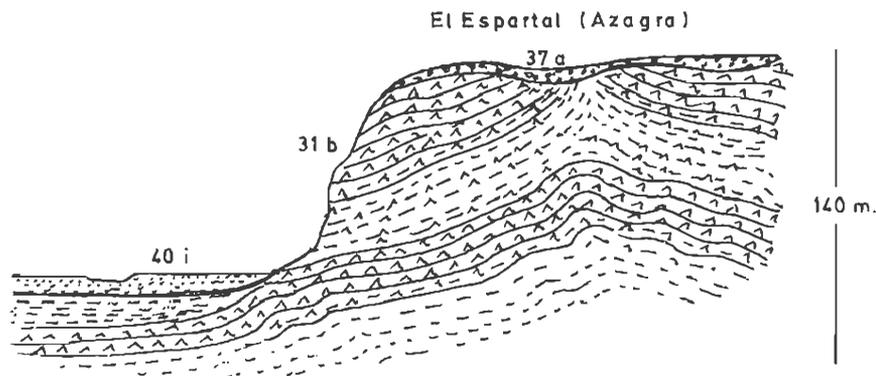


Fig. 38. Corte geológico esquemático en la margen izquierda del río Ebro (Azagra)



Fig. 39. Foto de los yesos replegados (31 b) de Azagra

Estructura.—Conjunto bien estratificado en bandos de 1,2 a 1,5 metros, buzando unos 15° hacia el NE. y concordante con los conglomerados basales de los macizos periféricos.

Geotecnia.—Conjunto bastante estable, con buena resistencia. La ripabilidad es mediana (40 al 50 por 100). El único problema geotécnico puede originarse en el contacto con las formaciones detríticas infrayacentes al producirse deslizamientos mecánicos.

ARENISCAS DE AUTOL (31 d)

Litología.—Areniscas de grano medio a grueso, compactas, que intercalan niveles de areniscas margosas y de conglomerados finos calcáreos. La potencia oscila entre los 20 y 40 metros.

Estructura.—Conjunto bien estratificado, que concordante con los conglomerados calcáreos (31 e) buza unos 25° hacia E. y NW. Constituye las laderas medias de los cerros periféricos. Estos materiales hacia el N. pasan a sedimentos más finos, arcillomargosos.

Geotecnia.—A pesar de su estructura inclinada son materiales bastante estables por elevado grado de cementación, por lo que no deben presentar problemas geotécnicos. La ripabilidad es mediana (40 al 50 por 100).

CONGLOMERADOS DEL C.º BALBUENA (31 e)

Litología.—Conglomerados calcáreos muy bien cementados por carbonatos y constituidos por cantos subangulosos calcáreos de naturaleza poligénica. La potencia oscila entre los 60 y 100 metros.

Estructura.—Este grupo litológico constituye los relieves más acusados del tramo a causa de su estructura inclinada hacia el NE. y a su gran re-

sistencia ante la erosión. Constituye, con los grupos 31 d y 31 f, parte del flanco N. del gran anticlinal de Arnedo.

Geotecnia.—Conjunto de alta estabilidad sin problemas geotécnicos. No ripable. A causa de su gran cementación puede constituir masas de canteras semejantes a calizas.

ARENISCAS DE LOMBARIN (31 f)

Litología.—Areniscas de grano grueso a medio, compactas, que intercalan niveles conglomeráticos finos. Son calcarenitas con cemento carbonatado. La potencia visible es superior a los 200 metros.

Estructura.—Constituye el grupo estratigráficamente más bajo dentro de la zona y situado en el núcleo erosionado del gran anticlinal de Arnedo. En Autol buza unos 30° hacia el N.

Geotecnia.—Conjunto muy estable, pues admite taludes verticales de hasta 100 metros. No presenta problemas geotécnicos. La ripabilidad es muy baja.

GLACIS CONGLOMERATICOS (37 a) (fig. 40)

Los sedimentos tipo glacis presentan un gran desarrollo en esta zona. Toda la parte central y SE. del cuadrante 243-2 está formada por el gran glacis de Aldeanueva de Ebro, que desde las laderas del cerro Balbuena llega hasta la carretera general de Zaragoza-Logroño. Otro gran glacis erosionado y bastante potente es el que constituye La Plana de Calahorra.

Litología.—Están constituidos por gravas poligénicas fundamentalmente silíceas y alguna calcárea, heterométricas, con abundante matriz terrígena-

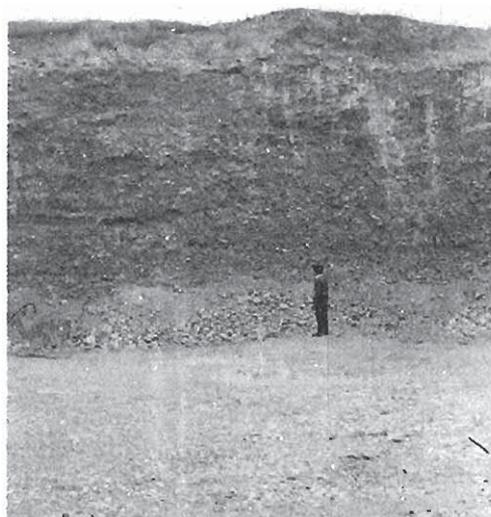


Fig. 40. Foto del potente glacis de La Plana de Calahorra

calcarenítica. El grado de cementación varía con el nivel topográfico; en las colas suelen estar poco cementados, y en los frentes, en cambio, sí lo están, a veces con costras travertínicas. La potencia también varía con el nivel; en los frentes en donde es máxima la potencia puede llegar a los 12 metros (La Plana de Calahorra).

Estructura.—Su morfología es siempre característica; varía a lo largo de su «recorrido»; en las colas pueden presentar vergencias de hasta de un 10 por 100 (SE. de Autol), mientras que en los frentes son casi planos, asemejando terrazas (Calahorra). La granulometría varía también con la «zona» en las colas, es heterométrica, mientras que en los frentes son más homométricas.

Geotecnia.—Constituye un grupo bastante estable, sobre todo en los frentes, en donde esta estabilidad repercute positivamente en el terciario infrayacente. La ripabilidad alta a mediana está condicionada por la «zona» del glacis. Constituye buenos yacimientos granulares, algunos en explotación actualmente (área de Calahorra).

OTROS RECUBRIMIENTOS CUATERNARIOS

Además de los glacis, existen en esta zona extensos y potentes sedimentos cuaternarios, como las terrazas del Ebro (40 i, 40 j y 40 k), las terrazas-glacis (40 l); y con menor extensión y potencia se localizan recubrimientos de tipo aluvial (40 a), coluviales de ladera (40 d), coluviales conglomeráticos (40 e), fondos de valle (40 f), conos de deyección (40 g) y, sobre todo, los aluviales del río Ebro (40 h).

De todos ellos debemos señalar que los grupos 40 j y 40 l constituyen buenos yacimientos granulares.

6.3. RESUMEN GEOTECNICO

Como en todo el valle del Ebro, los caracteres morfológicos, litológicos-estructurales y la situación del nivel freático general, con relación a los distintos materiales, condicionan diferentes «zonas geotécnicas» y que en esta zona podemos reducir a tres:

a) Zona con problemas geotécnicos

Corresponde a la zona topográfica más baja, constituida por los aluviales y terraza baja del río Ebro. Los problemas son idénticos a los señalados en tal área en la zona de Alfaro, es decir, peligro de hundimientos parciales del sustrato facilitados por la poca consistencia de la terraza baja. Esta zona debe ampliarse a los relieves yesíferos de la margen izquierda, que están próximos al nivel freático y que a causa de estructura replegada pueden originar problemas geotécnicos, como deslizamientos.

b) Zona sin problemas geotécnicos

Comprende las terrazas y glacis consolidados que fosilizan al terciario en relieves de morfología moderada. También puede incluirse dentro de

esta zona a los relieves periféricos compactos (conglomerados calcáreos y areniscas cementadas).

c) Zona con algunos problemas

En esta «zona» incluimos una franja de terreno que corresponde al contacto de los materiales compactos de los relieves periféricos y los materiales yesíferos y margo-yesíferos supreyacentes, que a causa de la estructura regional y al distinto comportamiento dinámico de los materiales pueden originar contactos mecanizados, originados por el deslizamiento de los materiales blandos sobre los compactos. Esta zona está localizada a media ladera del cerro Balbuena.

7. ZONA DE ALCANADRE

7.1. GEOMORFOLOGIA

Esta zona comprende los cuadrantes 205-3 y 243-4.

La morfología en la zona está condicionada por la red fluvial y sedimentos del río Ebro, por la abundancia de glaciares de erosión que fosilizan a relieves terciarios de morfología poco acusada y por un relieve periférico abrupto en la parte SW. de la zona. Estos caracteres condicionan la existencia, a groso modo, de tres zonas morfológicas-topográficas (fig. 41).

La zona baja incluye el valle aluvial del río Ebro y sus terrazas más o menos consolidadas. Esta zona se localiza en la parte N. y E. del cuadrante 205-3.

La zona intermedia, o zona de glaciares, está constituida por relieves terciarios con materiales relativamente blandos, fosilizados más o menos por distintos glaciares de erosión, a veces potentes. Esta zona morfológica en la parte Sur y Central es más uniforme a causa de que los mantos de glaciares están poco erosionados por la red de barrancos, mientras que en la parte de Pradejón a Alcanadre está bastante erosionada por haberse encajado en ella una red de barrancos que hace que se formen relieves juveniles terciarios más o menos fosilizados por glaciares. Es la zona morfológica más extensa, pues ocupa casi todo el cuadrante 243-3 y el S. del 205-3 (fig. 42).

La zona periférica corresponde a los relieves marginales abruptos del SW. del cuadrante 243-4 (cerro Talao), constituidos por materiales resistentes atribuidos al Oligoceno, que presentan una vergencia de unos 30° hacia el NE.

En la margen izquierda del río Ebro, el terciario yesífero erosionado y recubierto por restos de glaciares (Sartaguda) presenta abundantes repliegues de orientación NW.-SE., que son una continuación de los de la zona de Calahorra y Alfaro. Estos repliegues se observan ya en la margen derecha en Alcanadre (fig. 43).

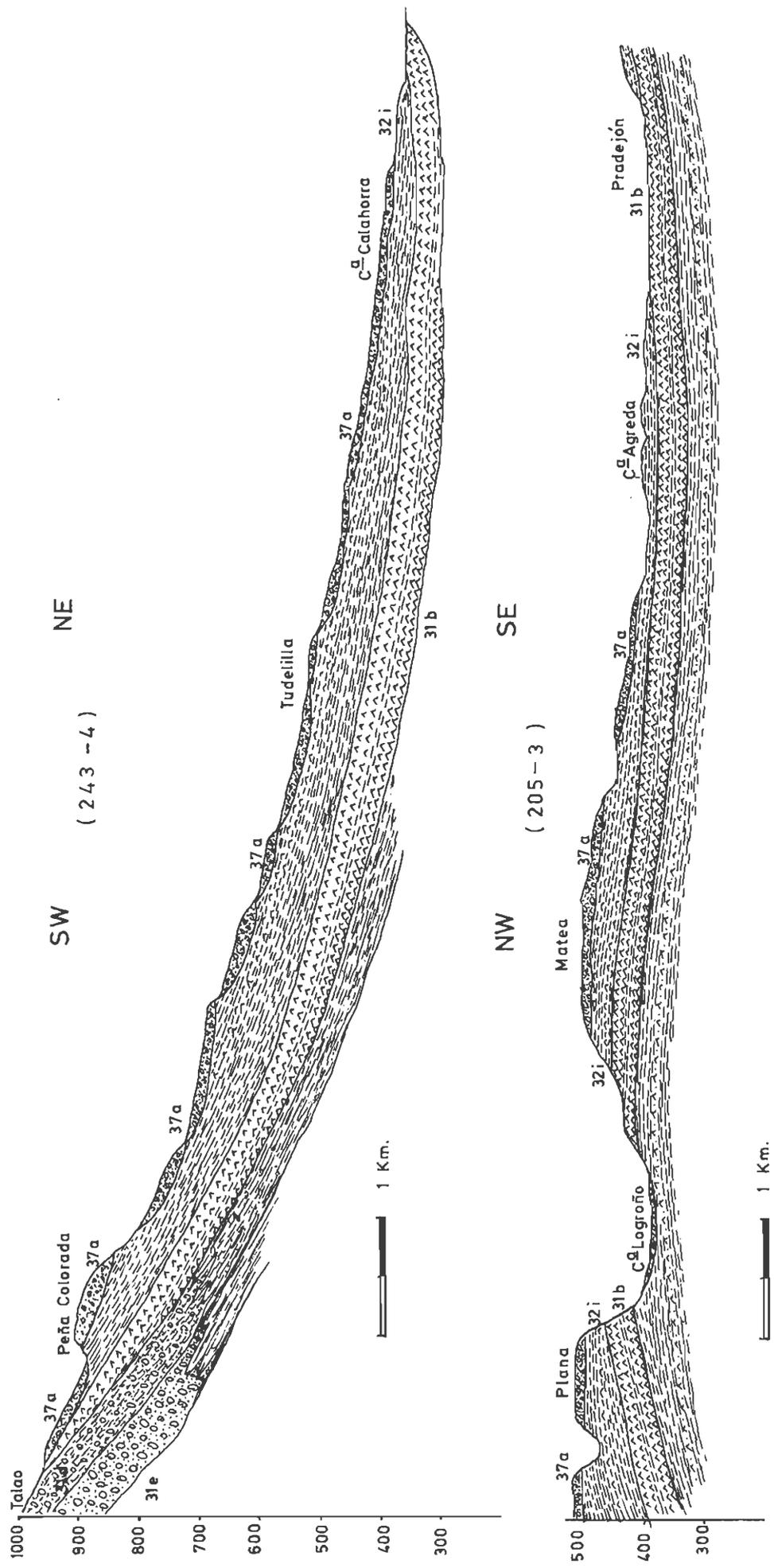


Fig. 41. Cortes geológicos de la zona de Alcanadre, con los caracteres estructurales y litológicos más importantes

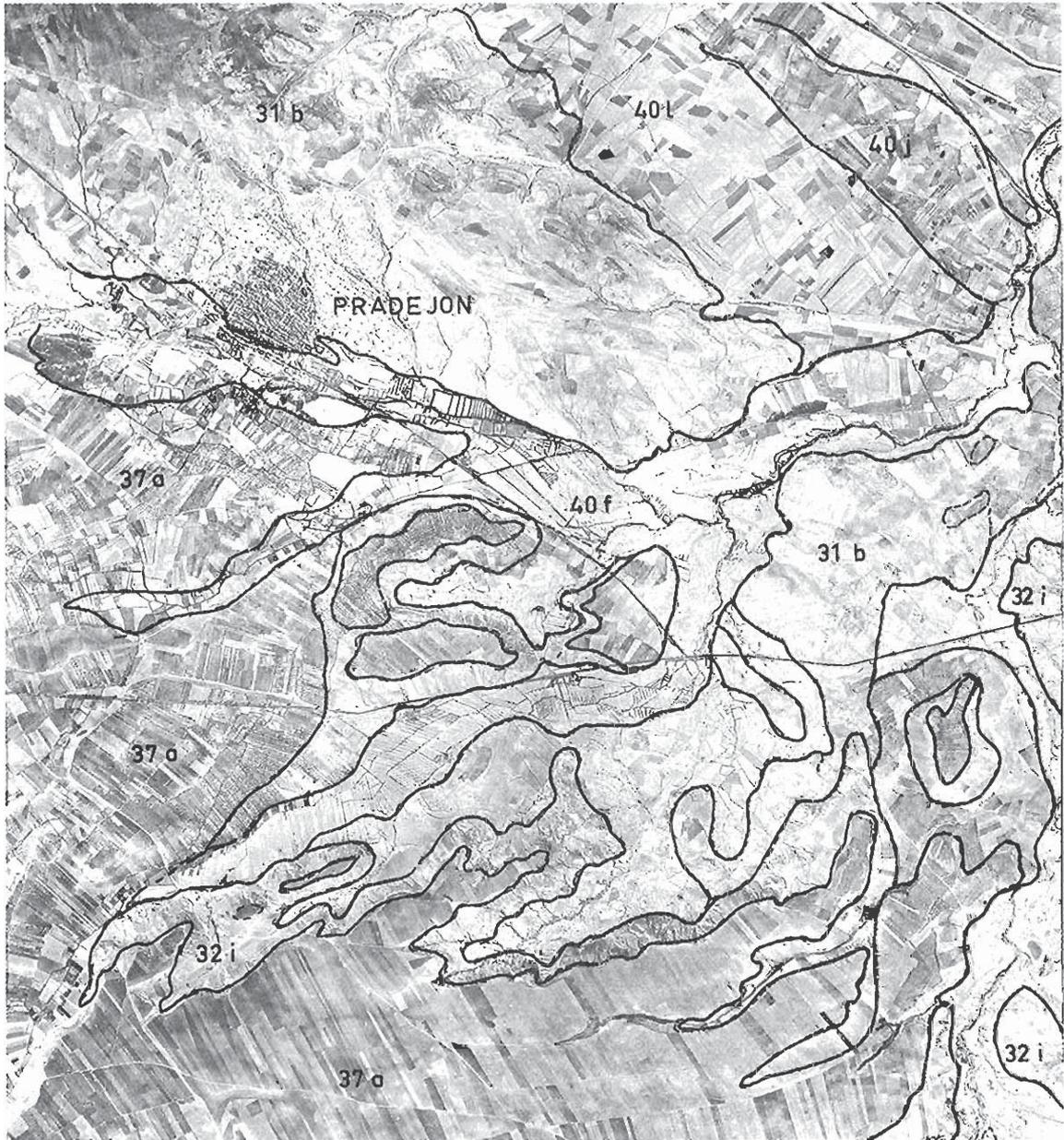


Fig. 42. Foto aérea de los alrededores de Pradejón, en la zona de Alcanadre

7.2. GRUPOS GEOTECNICOS

Columna litológica	Referencia		Descripción	Edad
	Fotoplanos 1/25.000	Mapa 1/50.000		
	A4,6 a4,6	40 a	Aluviales limo-arenosos poco potentes.	CUATERNARIO
	A5, a5	40 b	Aluviales limosos y arcillo-yesíferos plásticos.	"
	L4, L6	40 c	Depósitos lagunares limo-arcillosos.	"
	c4, c6	40 d	Coluviales de ladera mal clasificados.	"
	c'4,6+GP	40 e	Coluviales limo-conglomeráticos.	"
	(c+a)4,6+GP	40 f	Fondos de valle, coluviales-aluviales mal clasificados.	"
	AGP+SM	40 h	Gravas y arenas actuales del río Ebro.	"
	T ₁ GP+SM	40 i	Terraza baja, recubrimiento limoso sobre gravas.	"
	T ₂ GP+SM	40 j	Terraza intermedia de gravas consolidadas.	"
	c' Dc	37 a	Glacis de gravas silíceas, matriz limo-arenosa y cemento terrígeno-calcáreo.	PLIO-CUATERNA.
	Z Dc	36 a	Rañas de gravas silíceas semejantes al grupo 37 a.	PLIOCENO
	Qm Ar (Da+Qy)	32 i	Margas arcillosas abigarradas con areniscas finas calco-yesíferas y yesos fibrosos.	MIOCENO
	Qm Ar-Qy(Da)	31 a	Margas arcillosas abigarradas alternando con yesos, margas yesíferas y areniscas.	OLIGOCENO
	Qy+Qm Ar	31 b	Yesos masivos alabastrinos entre margas arcillosas algo yesíferas abigarradas.	"
	Dc(Da+DaQm)	31 d	Areniscas calcáreas cementadas que intercalan conglomerados finos.	"
	Dc	31 e	Conglomerados calcáreos poligénicos muy cementados	"

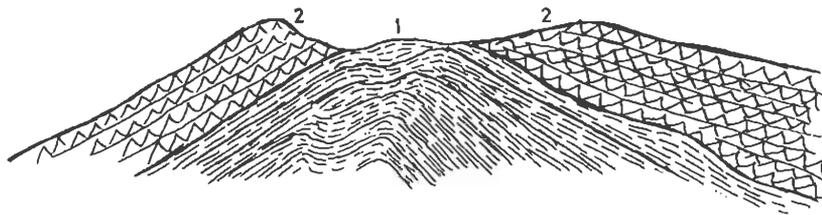


Fig. 43. Estructura de los materiales yesíferos en la parte de Sartaguda. 1. Núcleo constituido por margas arcillosas plásticas. 2. Flancos de yesos compactos grisáceos

MARGAS ARCILLOSAS DE TUDELILLA (32 i)

Litología.—Constituye el conjunto litológico de más amplia dispersión y potencia dentro del tramo. Se encuentra desde Alfaro hasta Ausejo en una amplia faja ocupando el centro sedimentario de la cubeta del Ebro (fig. 44).



Fig. 44. Foto de los relieves margo-arcillosos en Villar de Arnedo, con su morfología erosiva

Está formado por margas muy arcillosas abigarradas que intercalan bandos de areniscas muy finas y algunos yesos fibrosos. La potencia oscila alrededor de los 100-130 metros.

Estructura.—Conjunto bien estratificado, de horizontal o subhorizontal en la parte de Tudelilla, adquiere al S., al adaptarse al terciario inferior, un buzamiento de unos 15° hacia el N., para ir paulatinamente poniéndose horizontal y luego al N. cambiar de sentido de buzamiento. Esto, añadido al proceso erosivo del río Ebro, hace que al Norte afloren materiales yesíferos del sustrato.

Geotecnia.—Conjunto medianamente estable, fácilmente. Cuando no está fosilizado por glacia o lo está parcialmente, origina taludes moderados inestables a causa de los deslizamientos del terreno a media ladera. Es ripable en su totalidad.

MARGAS ARCILLOSAS Y YESOS DE BERGASA (31 a)

Litología.—Este conjunto litológico estratigráficamente equivale al grupo 31 b de más al N.; está formado por margas arcillosas abigarradas que alternan con yesos alabastrinos en bancos delgados e intercalan niveles de areniscas finas calco-yesíferas. La potencia visible es de unos 40 metros.

Estructura.—Este grupo litológico, finamente estratificado al estar localizado cerca del flanco N. del anticlinal de Arnedo, presenta una vergencia de 15° a 20° hacia el N. Al formar parte del gran sinclinal tendido, vuelve a aparecer, pero con facies algo diferentes, en las márgenes del río Ebro (31 b).

Geotecnia.—Por su litología, estructura y localización geográfica, presenta problemas geotécnicos de estabilidad, ya que está constituido por materiales muy blandos que se deslizan cuando presentan una vergencia acusada, sobre todo en el contacto con los materiales compactos infrayacentes (31 d), originando contactos mecanizados. Es completamente ripable.

YESOS Y MARGAS ARCILLOSAS DE ALCANADRE (31 b) (fig. 45)

Litología.—Yesos alabastrinos alternando con margas arcillosas a veces yesíferas y calcáreas. El conjunto de unos 100-130 metros de potencia está formado en el techo por margas arcillosas y calcáreas; en la parte media, por yesos alabastrinos, y en la inferior, por margas arcillosas-yesíferas y algún banco de arenisca (fig. 46).

Estructura.—Este potente grupo litológico, bien estratificado, aparece replegado en amplios anticlinales y sinclinales, sobre todo en la margen izquierda del río Ebro, constituyendo umbrales y surcos erosionados y fosilizados por glaciares y coluviales (fig. 47).

Geotecnia.—Estos materiales, según el nivel topográfico, pueden dar lugar a diversos problemas geotécnicos. Debajo de la terraza inferior pueden ocasionar hundimientos del terreno. En las áreas en donde aparecen fuertemente plegados pueden ocasionar deslizamientos (fig. 48) En las



Fig. 45. Foto del cerro Los Abejares, de Alcanadre, constituido por yesos y margas arcillosas fosilizados por glaciares

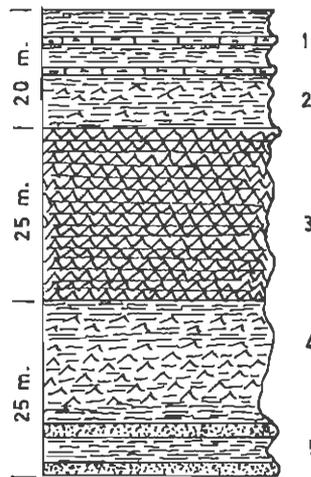


Fig. 46. Columna litológica del grupo 31 b, en Alcanadre. 1. Margas arcillosas y calcáreas. 2. Margas arcillosas y yesíferas. 3. Yesos alabastrinos. 4. Margas arcillosas y yesíferas. 5. Margas arcillosas con areniscas

zonas marginales poco replegadas presentan, en general, buena estabilidad admitiendo taludes muy pronunciados (Alcanadre). Los tramos margo-arcillosos son ripables, los yesíferos lo son menos, aunque la ripabilidad se facilita al estar finamente estratificados.

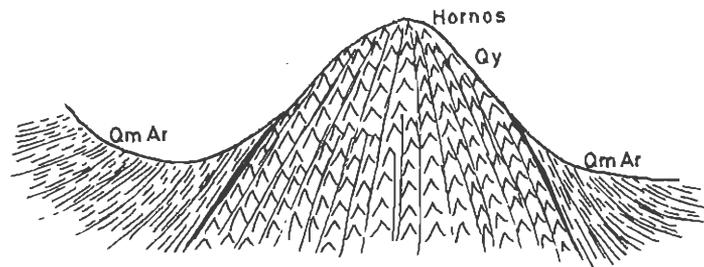


Fig. 47. Anticlinal eyectivo de yesos y margas arcillosas yesíferas en la zona de Alcanadre

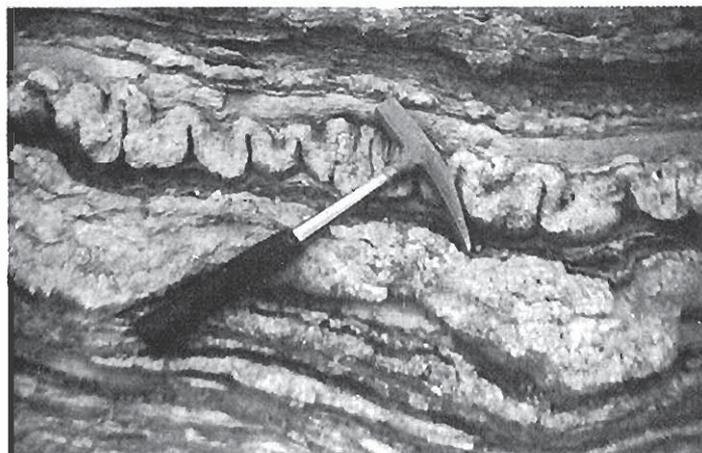


Fig. 48. Foto de los yesos replegados de la formación 31 b, en Alcanadre

CONGLOMERADOS CALCAREOS (31 e) Y ARENISCAS (31 d) DEL CERRO TALAO

Estos dos grupos litológicos son una continuación de los existentes en la parte de Autoí, zona de Calahorra. Como los caracteres morfológicos-estructurales, litológicos y geotécnicos son similares a los descritos en aquella zona, no los volvemos a describir aquí. La única particularidad en esta zona es que aparecen más o menos recubiertos por conglomerados sueltos silíceos muy heterométricos, muy semejantes a los que constituyen los glacis y rañas en esta zona. Estos materiales parecen rañas originadas a partir de los materiales paleozoicos de la sierra de Cameros, situada al S. y SW. de esta zona.

RAÑA DE LA PLANA (36 a)

Litología.—Conglomerados silíceos muy heterométricos, de 4 a 50 centímetros, subredondeados, con matriz arenacea y medianamente a poco cementados. La potencia oscila entre cuatro y ocho metros.

Estructura.—Constituye plataformas erosivas-sedimentarias, más elevadas que los diferentes niveles de glacis, por lo que se han asimilado a rañas pliocenas.

Geotecnia.—Estas rañas, al igual que los glacis, cuando son potentes pueden ocasionar problemas geotécnicos al descansar sobre formaciones margo-arcillosas blandas y originarse deslizamientos más o menos pronunciados, que en la parte de Ausejo (carretera nacional núm. 232) están favorecidos por la presencia de acuíferos colgados.

GLACIS DE TUDELILLA (37 a) (fig. 49)

Los materiales de erosión sedimentarios tipo glacis, al igual que en la zona de Calahorra, presentan un gran desarrollo. Estos glacis, que pueden ocupar hasta cinco niveles de erosión, comprendidos entre el plioce-



Fig. 49. Foto del glacis recubriendo a las margas arcillosas al SE. de Ausejo

no y el cuaternario, presentan unos caracteres morfológicos-estructurales, litológicos y geotécnicos muy similares a los de la zona de Calahorra, por lo que no volvemos a describirlos aquí.

OTROS RECUBRIMIENTOS CUATERNARIOS

En esta zona están presentes otros recubrimientos cuaternarios ya descritos en las zonas anteriores y que presentan aquí los mismos caracteres.

7.3. RESUMEN GEOTECNICO

Las características geotécnicas de esta zona son bastante semejantes a las de la zona de Calahorra por cuanto presentan propiedades morfológicas, estructurales y litológicas análogas. Pero debido a que los materiales en esta zona están algo más replegados y son, en general, más blandos, sobre todo las formaciones margo-arcillosas, los problemas geotécnicos en esta zona son más acusados.

En la «zona» topográfica baja, de morfología plana y constituida por la terraza inferior y aluviales, los problemas geotécnicos son ya conocidos por haber sido citados numerosas veces y que consisten en hundimientos del sustrato, además de la posibilidad de inundaciones.

En la «zona» de terrazas consolidadas y frentes de glacia, que fosilizan a relieves suaves terciarios, no deben presentarse graves problemas geotécnicos, acaso algún pequeño deslizamiento muy localizado y que pueden estar activados por algunos acuíferos.

En los relieves terciarios de moderados a abruptos, más o menos recubiertos por glacia, que pertenecen a la «zona» media topográfica, son de esperar deslizamientos y pequeños hundimientos a causa de la poca consistencia y, a veces, plasticidad de los materiales terciarios. Estos fenómenos son, en parte, producidos por los pequeños acuíferos localizados entre los glacia y el terciario (Ausejo, Bergasa, etc.).

En la «zona» de contacto de los relieves periféricos compactos con los margo-arcillosos y yesíferos ocurren frecuentes deslizamientos que siguen la estructura general, como sucede al E. del Talao.

Los recubrimientos de fondo de valle (40 f), abundantes en esta zona, constituyen áreas con problemas geotécnicos, sobre todo cuando son potentes (Alcanadre, Villar de Arnedo, Tudelilla, etc.), a causa de su alta plasticidad, poca consistencia y por estar localizados en zonas aluviales temporales.

8. RECOMENDACIONES GENERALES

Los caracteres morfológicos estructurales y disposición estratigráfica de las diferentes facies sedimentarias de los materiales de la cubeta terciaria del Ebro, añadido a las grandes semejanzas en los depósitos de recubrimiento pliocuaternarios, hacen que podamos dar recomendaciones generales de índole geotécnico, masas canterables y, sobre todo, de yacimientos granulares tan abundantes en todo el valle del Ebro.

8.1. RECOMENDACIONES GEOTECNICAS

Después de haber realizado el estudio morfológico, litológico y geotécnico de los materiales a lo largo del tramo, nos atrevemos a exponer algunas consideraciones y a hacer recomendaciones geotécnicas sobre las distintas formaciones que creemos deben tener una importancia capital en todo trazado futuro de autopistas.

Las zonas que recomendamos para trazados de autopistas son las siguientes: de glacis (37 a), terrazas-glacis (40 l) y, sobre todo, las terrazas consolidadas (40 k y 40 j). Estas recomendaciones vienen condicionadas por los siguientes factores positivos:

- 1.º Gran estabilidad y buena capacidad portante de sus materiales.
- 2.º Por descansar sobre materiales terciarios bastante estables, no afectados por el nivel freático general.
- 3.º La morfología suave, a veces plana, de estos materiales es muy apta para el trazado, ya que elimina desmontes y terraplenes.
- 4.º Fácil acceso por estar atravesadas, o muy próximas, a carreteras importantes.
- 5.º Factor económico positivo en cuanto a que la expropiación debe ser relativamente barata por constituir estos grupos litológicos suelos áridos no cultivables a causa de estar travertinizados.

Las zonas poco recomendables para el trazado de autopistas son las que constituyen los aluviales (40 h) y terraza baja del río Ebro (40 i) y sus afluentes principales, debido, entre otros, a los siguientes factores:

- 1.º Por estar poco consolidadas, constituidas por limos sobre gravas poco cementadas.

2.º Por constituir zonas de posibles hundimientos a causa de descansar en muchas zonas sobre materiales yesíferos que son atacados por el nivel freático general.

3.º Por ser zonas sujetas a inundaciones periódicas.

4.º Por constituir, desde el punto de vista económico, zonas muy aptas para la agricultura y elevado coste en las expropiaciones.

Constituyen «zonas» poco recomendables para las obras públicas los relieves intermedios de naturaleza yesífera cuando estos materiales están replegados diapíricamente a causa de los posibles deslizamientos y fenómenos de deformaciones superficiales.

También es zona poco recomendable el contacto de materiales competentes e incompetentes cuando están deformados por la tectónica. Nos referimos al contacto de conglomerados compactos calcáreos con los yesos, cuando ambos presentan una fuerte vergencia a causa de que suelen producirse deslizamientos mecánicos a veces importantes (parte S. de los cuadrantes 243-2 y 243-4).

8.2. RECOMENDACIONES DE YACIMIENTOS GRANULARES Y CANTERAS

Son muchos los yacimientos granulares de fácil y provechosa explotación a lo largo de todo el tramo. De todos ellos recomendamos como grupo litológico más adecuado de explotación, la terraza intermedia del Ebro (40 j) por los siguientes factores positivos:

1.º Por su gran extensión superficial y potencia que hace que el volumen sea ilimitado.

2.º Fácil acceso, pues gran parte de este grupo litológico-geotécnico está muy próximo o está atravesado por una red importante de carreteras.

3.º Por sus buenos caracteres granulométricos, buena selección, con pudingas silíceas y calcáreas generalmente lavadas.

4.º Por no presentar graves problemas técnicos para su explotación (pequeños desmontes de 5-10 metros a cielo abierto).

5.º Por constituir terrenos de poco aprovechamiento para la agricultura, por lo que su expropiación resultará relativamente económica.

Estos caracteres positivos de este grupo litológico parecen que han sido ya advertidos desde hace tiempo, como lo demuestran las numerosas explotaciones de gravas sobre este nivel a través de todo el tramo.

Otro grupo litológico muy importante, desde el punto de vista de yacimientos granulares, son los extensos glacia (37 a) que en la margen derecha están fosilizando a los materiales terciarios. Los caracteres texturales son muy semejantes a los del grupo anterior. Por su fácil acceso, potencia y granulometría se recomienda la explotación (muchos ya lo están en la actualidad) de los frentes por estar más próximos a vías de comunicación importantes.

Otros grupos litológicos que pueden ser explotados como yacimientos granulares son los aluviales del río Ebro (40 h), la terraza elevada (40 k) y algunos afloramientos de rañas (36 a). Debido a que los grupos 40 j y 37 a están ampliamente distribuidos a través de todo el tramo, pensamos

que para las necesidades de las obras públicas son suficientes las graveras actuales y otras posibles explotaciones en dichos grupos.

Sobre masas canterables en el trazado de la autopista Zaragoza-Vascongadas, tramo Tarazona-Lodosa, no nos atrevemos a hacer ninguna recomendación por las siguientes observaciones:

1.º Las masas canterables, generalmente poco abundantes a través de todo el tramo, están casi todas ellas localizadas al S. de la zona de Ablitas, pero cuyo acceso es difícil al ocupar relieves relativamente elevados y estar alejadas de líneas de comunicación importantes.

2.º Todas las masas susceptibles de explotación en cantera en las otras zonas del tramo no constituyen volúmenes considerables para su explotación ni resultarían económicas, por alternar esas masas canterables con otras más abundantes no utilizables (margas y margas yesíferas) como ocurre en la margen izquierda del río Ebro, zona de Tudela.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9. YACIMIENTOS Y CANTERAS

En el apartado ocho hemos hecho recomendaciones sobre los yacimientos granulares más importantes del tramo, así como advertimos de la falta de buenos yacimientos de masas canterables.

En el presente capítulo exponemos por zonas los caracteres principales de los yacimientos granulares, así como un mapa 1/100.000 con la situación de estos yacimientos con relación a los grupos litológicos más importantes.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ZONA DE ABLITAS (fig. 50)
YACIMIENTOS GRANULARES

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/25.000	1/50.000				
1	41°58'20" 2°09'50"	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	100.000	X		algo cementada
2	41°58'50" 2°09'10"	•	•	50.000	X		• •
3	41°59'50" 2°08'40"	•	•	200.000		X	• •
4	41°55'40" 2°00'10"	T ₂ GP+SM	40 l	100.000		X	• •
5	41°56'40" 2°00'40"	•	•	100.000	X		• •

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9.1. ZONA DE ABLITAS (fig. 50)

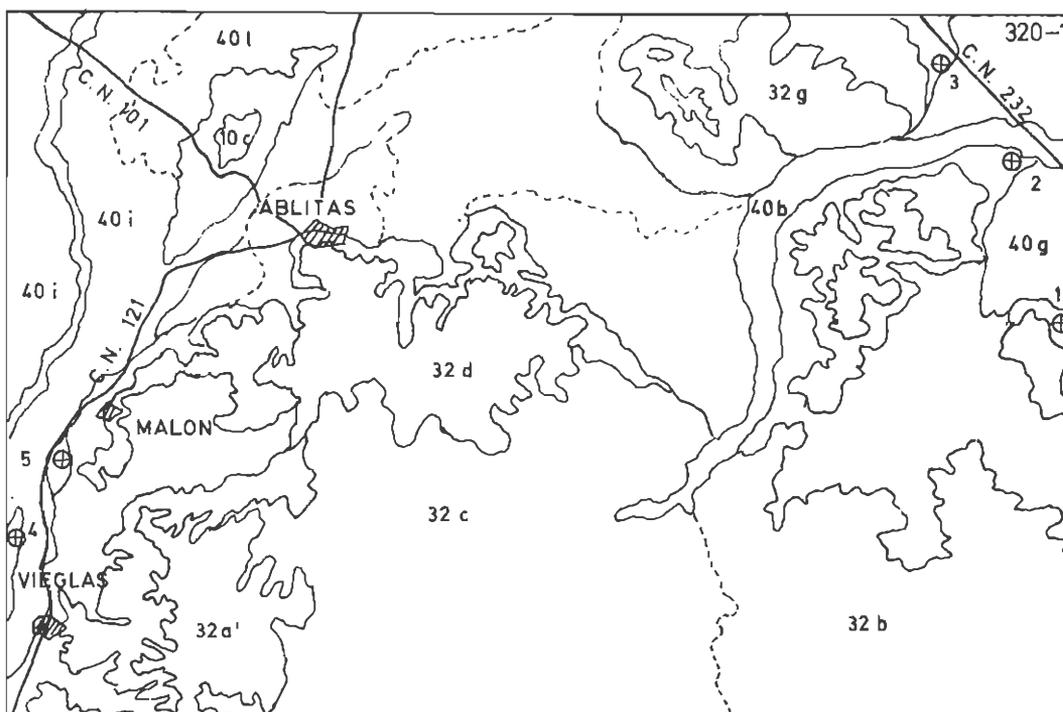


Fig. 50. Situación de los yacimientos granulares más importantes en la zona de Ablitas

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ZONA DE TUDELA (fig. 51)

YACIMIENTOS GRANULARES

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/50.000	1/25.000				
1	42°00'50" 2°10'20"	AGP+ SM	40 h	100.000		X	
2	42°01'20" 2°08'10"	•	•	100.000		X	
3	42°04'55" 2°05'20"	•	•	50.000	X		
4	42°04'55" 2°06'15"	T ₂ GP+ SM	40 j	200.000	X		algo cementada
5	42°03'50" 2°07'10"	•	•	50.000	X		• •
6	42°02'20" 2°08'50"	•	•	200.000	X		• •
7	42°04'25" 2°03'40"	c'Dc	37 a	50.000	X		• •
8	42°04'50" 2°03'10"	•	•	100.000	X		• •
9	42°04'50" 2°03'50"	•	•	100.000		X	• •
10	42°03'40" 2°03'50"	T ₁ GP+ SM	40 j	30.000	X		
11	42°03'10" 2°04'20"	c'Dc	37 a	30.000	X		algo cementada
12	42°01'15" 2°07'10"	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	200.000	X		• •
13	42°02'00" 2°02'05"	•	•	100.000		X	• •
14	42°03'10" 2°01'50"	•	•	200.000		X	• •
15	42°01'25" 1°59'25"	•	•	50.000		X	• •
16	42°03'20" 1°56'05"	T ₂ GP+ SM	40 j	150.000		X	• •
17	42°03'00" 1°54'15"	c'Dc	37 a	50.000		X	• •
18	42°02'05" 1°54'05"	•	•	50.000		X	• •
19	42°02'30" 1°52'55"	T ₂ GP+ SM	40 j	100.000		X	• •
20	42°03'10" 1°51'10"	•	•	150.000		X	• •
21	42°03'55" 1°52'00"	•	•	100.000		X	• •
22	42°04'30" 1°53'10"	•	•	ilimitado		X	• •

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9.2. ZONA DE TUDELA (fig. 51)

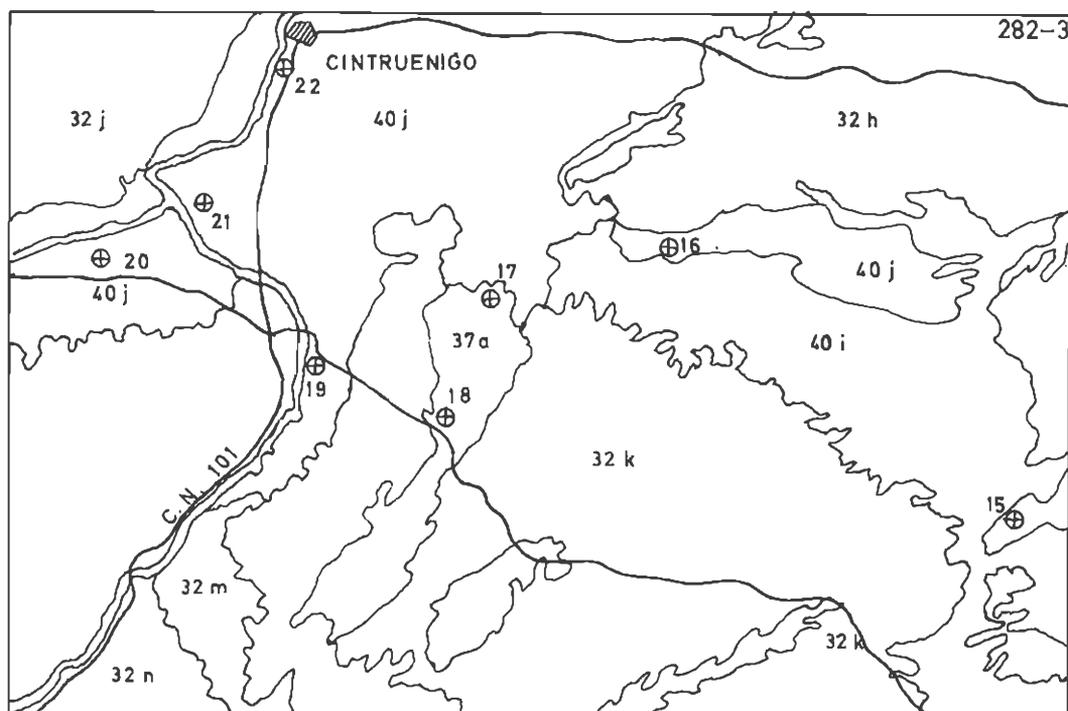
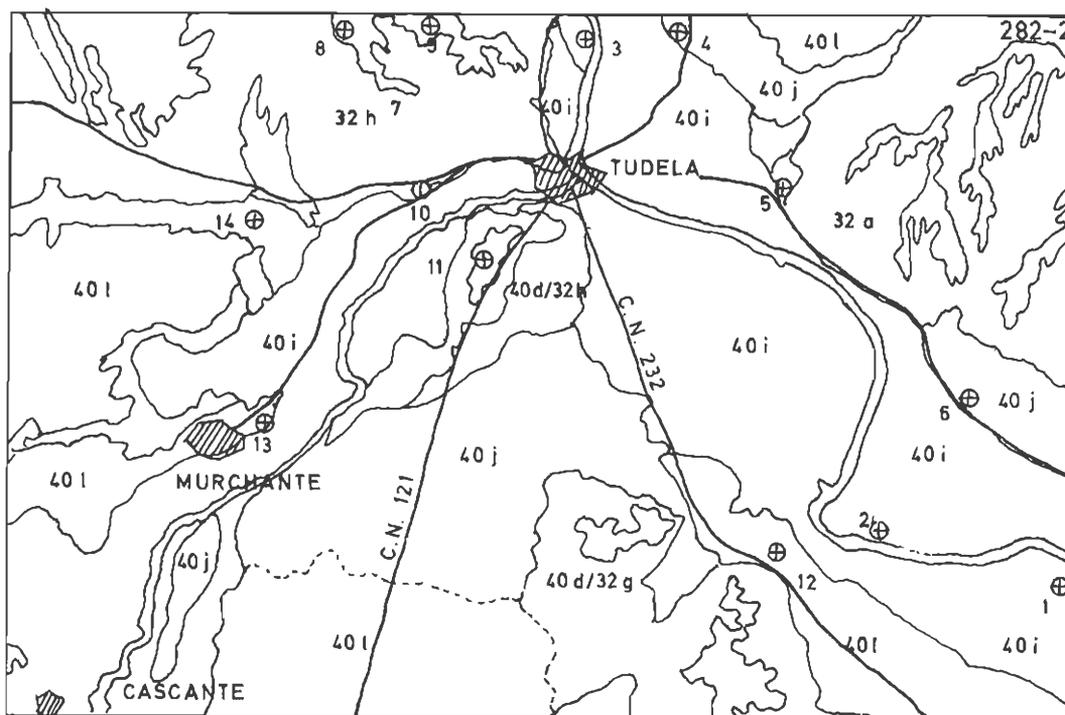


Fig. 51. Situación de los yacimientos granulares más importantes en la zona de Tudela

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ZONA DE ALFARO (fig. 52)
YACIMIENTOS GRANULARES

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/25.000	1/50.000				
1	42°05'40" 1°53'15"	T ₂ GP+ SM	40 j	ilimitado		X	algo cementada
2	42°05'15" 1°53'55"	•	•	•		X	• •
3	42°06'40" 1°55'20"	•	•	•	X		• •
4	42°06'30" 1°55'50"	•	•	•	X		• •
5	42°07'05" 1°57'00"	•	•	•		X	• •
6	42°07'40" 1°58'10"	•	•	•		X	• •
7	42°08'20" 1°59'15"	•	•	150.000	X		• •
8	42°08'35" 1°59'50"	•	•	150.000		X	• •
9	42°07'55" 1°56'35"	•	•	50.000		X	• •
10	42°09'30" 1°57'50"	c'Dc	37 a	150.000	X		• •
11	42°10'25" 1°56'45"	•	•	50.000	X		• •
12	42°09'10" 1°54'50"	T ₂ GP+ SM	40 j	100.000		X	• •
13	42°07'15" 1°53'15"	c'Dc	37 a	100.000		X	• •
14	42°06'30" 1°53'20"	•	•	100.000		X	• •
15	42°06'35" 1°51'40"	•	•	200.000		X	• •
16	42°08'20" 1°51'10"	•	•	100.000		X	• •
17	42°09'30" 1°51'20"	•	•	150.000		X	• •
18	42°10'40" 1°50'20"	•	•	150.000		X	• •
19	42°11'45" 1°51'10"	•	•	50.000		X	• •
20	42°11'30" 1°53'05"	•	•	100.000		X	• •
21	42°11'00" 1°54'25"	T ₂ GP+ SM	40 j	150.000		X	• •
22	42°13'35" 1°50'50"	•	•	100.000	X		• •

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/25.000	1/50.000				
23	42°13'20" 1°50'50"	T ₂ GP+SM	40 j	100.000	X		algo cementada
24	42°13'05" 1°51'20"	▸	▸	50.000	X		• ▸
25	42°13'00" 1°51'50"	▸	▸	50.000	X		▸ ▸
26	42°12'20" 1°53'30"	▸	▸	100.000		X	algo cementada
27	42°14'50" 1°51'40"	AGP+SM	40 h	100.000		X	
28	42°14'00" 1°53'30"	▸	▸	150.000		X	
29	42°14'45" 1°54'15"	c'Dc	37 a	100.000		X	algo cementada
30	42°13'00" 1°56'10"	AGP+SM	40 h	150.000		X	
31	42°12'15" 1°56'55"	▸	▸	250.000		X	
32	42°12'10" 1°58'10"	▸	▸	200.000		X	
33	42°11'45" 1°57'40"	▸	▸	150.000		X	
34	42°11'25" 1°58'20"	▸	▸	100.000		X	
35	42°11'05" 1°58'50"	▸	▸	50.000		X	
36	42°11'15" 1°59'50"	▸	▸	200.000		X	
37	42°12'55" 1°59'55"	▸	▸	50.000		X	
38	42°14'30" 1°57'30"	▸	▸	50.000		X	

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9.3. ZONA DE ALFARO (fig. 52)

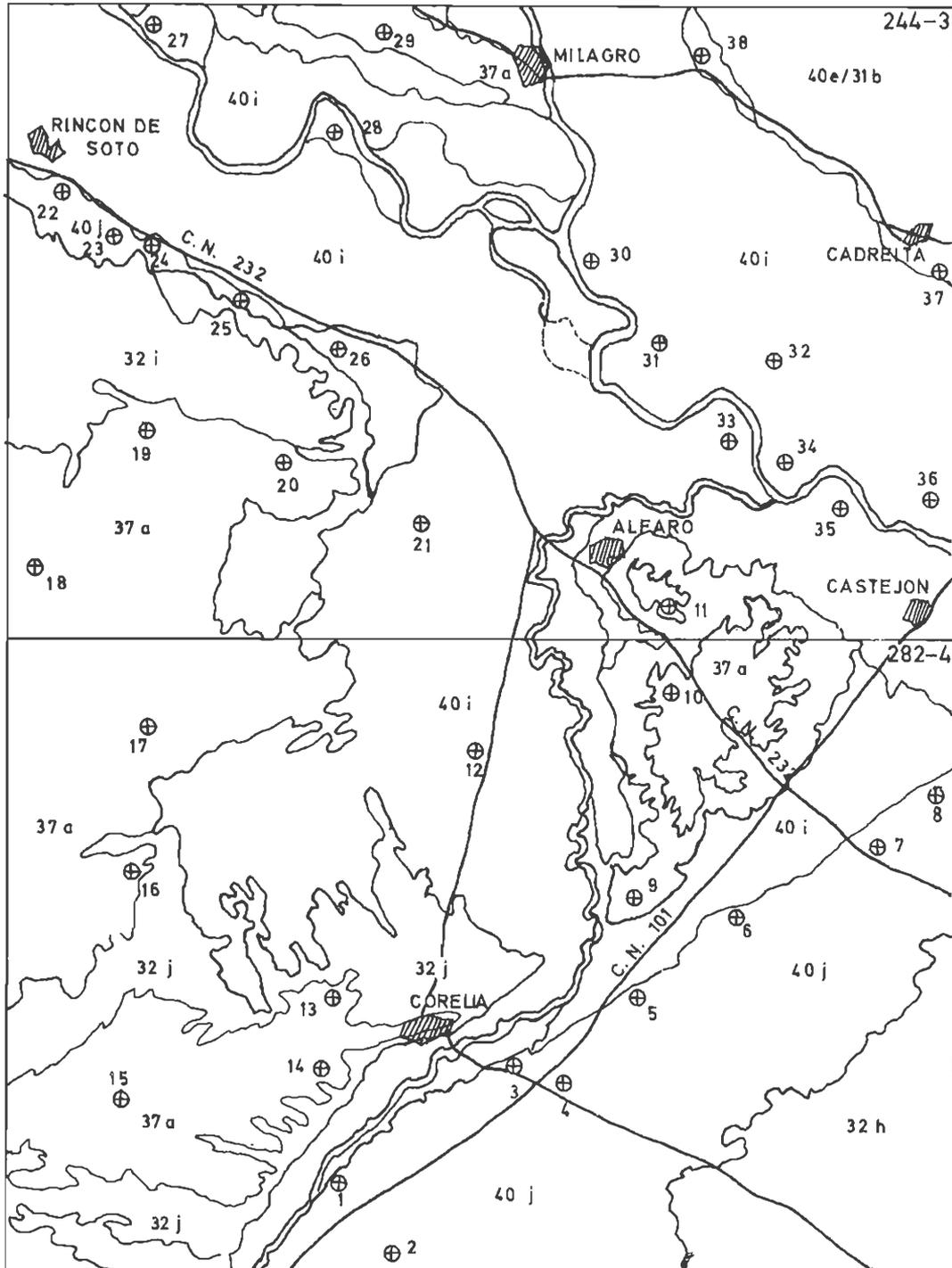


Fig. 52. Situación de los yacimientos granulares más importantes en la zona de Alfaro

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ZONA DE CALAHORRA (fig. 53)

YACIMIENTOS GRANULARES

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/50.000	1/25.000				
1	42°13'35" 1°49'55"	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	100.000		X	algo cementada
2	42°14'20" 1°48'20"	T ₂ GP + SM	40 j	200.000		X	• •
3	42°14'55" 1°49'25"	AGP + SM	40 h	100.000		X	
4	42°16'35" 1°49'35"	T ₂ GP + SM	40 i	200.000		X	algo cementada
5	42°17'10" 1°48'50"	AGP + SM	40 h	100.000		X	
6	42°16'40" 1°45'20"	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	150.000		X	algo cementada
7	42°17'50" 1°45'45"	T ₂ GP + SM	40 j	300.000		X	• •
8	42°18'35" 1°47'15"	AGP/T ₁	40 h/40 i	100.000		X	
9	42°19'45" 1°46'40"	T ₂ GP + SM	40 j	150.000		X	algo cementada
10	42°20'00" 1°45'00"	•	•	100.000	X		• •
11	42°19'05" 1°44'15"	•	•	250.000		X	• •
12	42°19'45" 1°42'55"	•	•	200.000		X	• •
13	42°19'50" 1°41'15"	•	•	100.000		X	• •
14	42°19'15" 1°40'20"	c'Dc	37 a	300.000	X		• •
15	42°19'10" 1°40'50"	•	•	200.000	X		• •
16	42°18'50" 1°42'10"	•	•	150.000		X	• •
17	42°18'20" 1°42'40"	•	•	150.000		X	• •
18	42°16'00" 1°41'15"	c'(Qt)/T ₂₋₃	40 l	100.000		X	• •
19	42°14'20" 1°41'40"	•	•	100.000		X	• •
20	42°14'15" 1°41'10"	T ₃ GP + SM	40 k	150.000		X	• •
21	42°15'10" 1°40'20"	c'Dc	37 a	100.000		X	• •

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9.4. ZONA DE CALAHORRA (fig. 53)

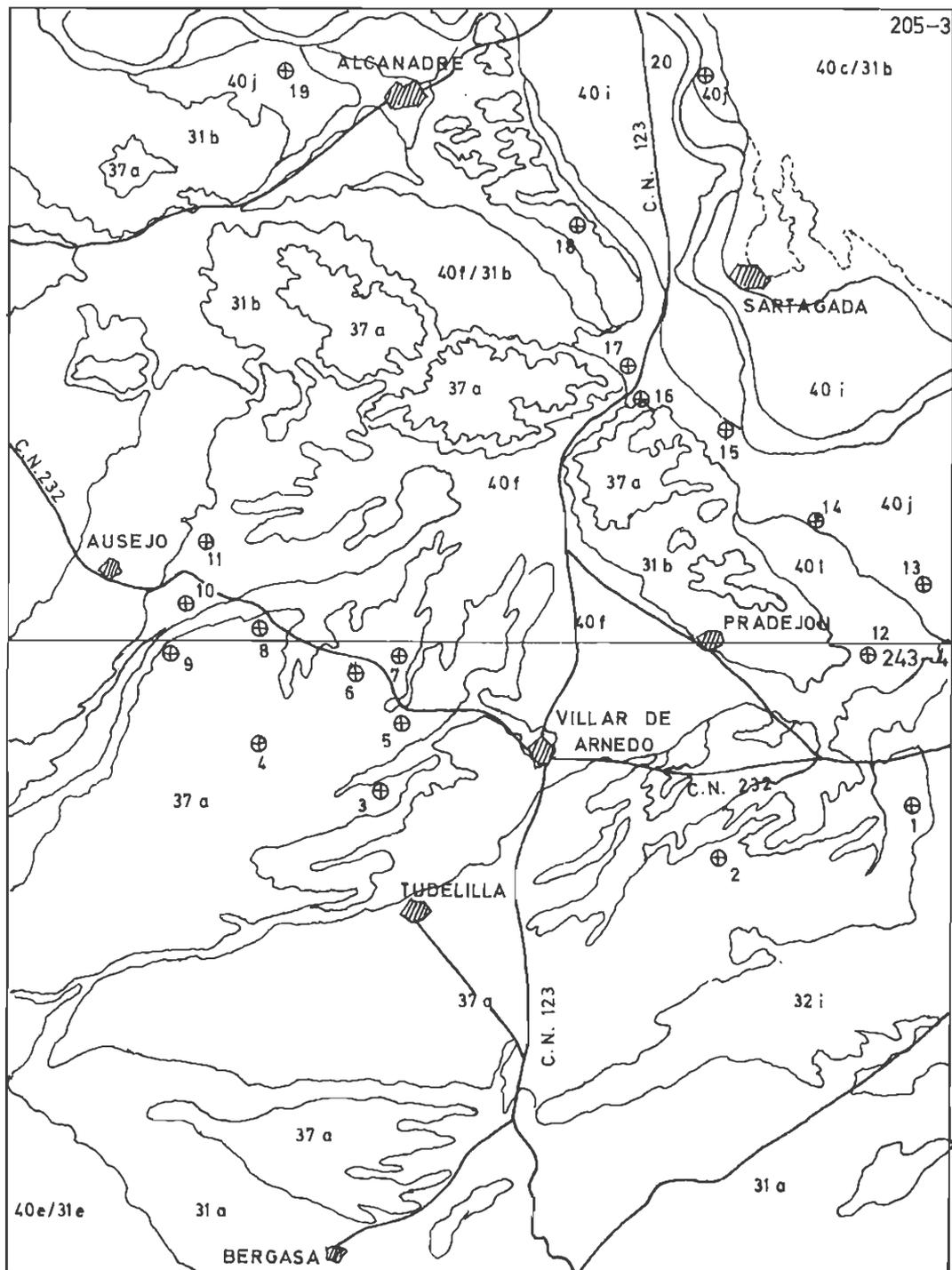


Fig. 53. Situación de los yacimientos granulares más importantes en la zona de Calahorra

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

**ZONA DE ALCANADRE (fig. 54)
YACIMIENTOS GRANULARES**

Estación	Localización	Grupos litológicos		Volumen m ³	En explot.	Para explot.	Observaciones
		1/25.000	1/50.000				
1	42°19'00'' 1°39'40''	c'Dc	37 a	100.000		X	algo cementada
2	42°18'35'' 1°37'15''	.	.	ilimitado		X	.
3	42°18'40'' 1°34'10''	.	.	200.000		X	.
4	42°18'50'' 1°32'55''	.	.	ilimitado		X	.
5	42°19'10'' 1°34'20''	.	.	.		X	.
6	42°19'40'' 1°34'05''	.	.	.	X		.
7	42°19'50'' 1°34'30''	.	.	.		X	.
8	42°20'15'' 1°32'30''	.	.	.		X	.
9	42°19'50'' 1°31'25''	.	.	.		X	.
10	42°20'20'' 1°31'55''	.	.	200.000		X	.
11	42°20'55'' 1°31'55''	.	.	ilimitado		X	.
12	42°20'10'' 1°39'00''	c'(Qt)/T ₂	40 l	200.000		X	.
13	42°20'25'' 1°39'15''	T ₂ GP+ SM	40 l	ilimitado		X	.
14	42°20'45'' 1°38'30''	.	.	.	X		.
15	42°21'40'' 1°37'40''	.	.	200.000	X		.
16	42°22'20'' 1°36'45''	.	.	250.000	X		.
17	42°22'30'' 1°36'40''	.	.	150.000	X		.
18	42°23'30'' 1°36'00''	.	.	100.000		X	.
19	42°24'40'' 1°32'45''	.	.	200.000		X	.
20	42°24'35'' 1°37'40''	.	.	100.000		X	.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

9.5. ZONA DE ALCANADRE (fig. 54)

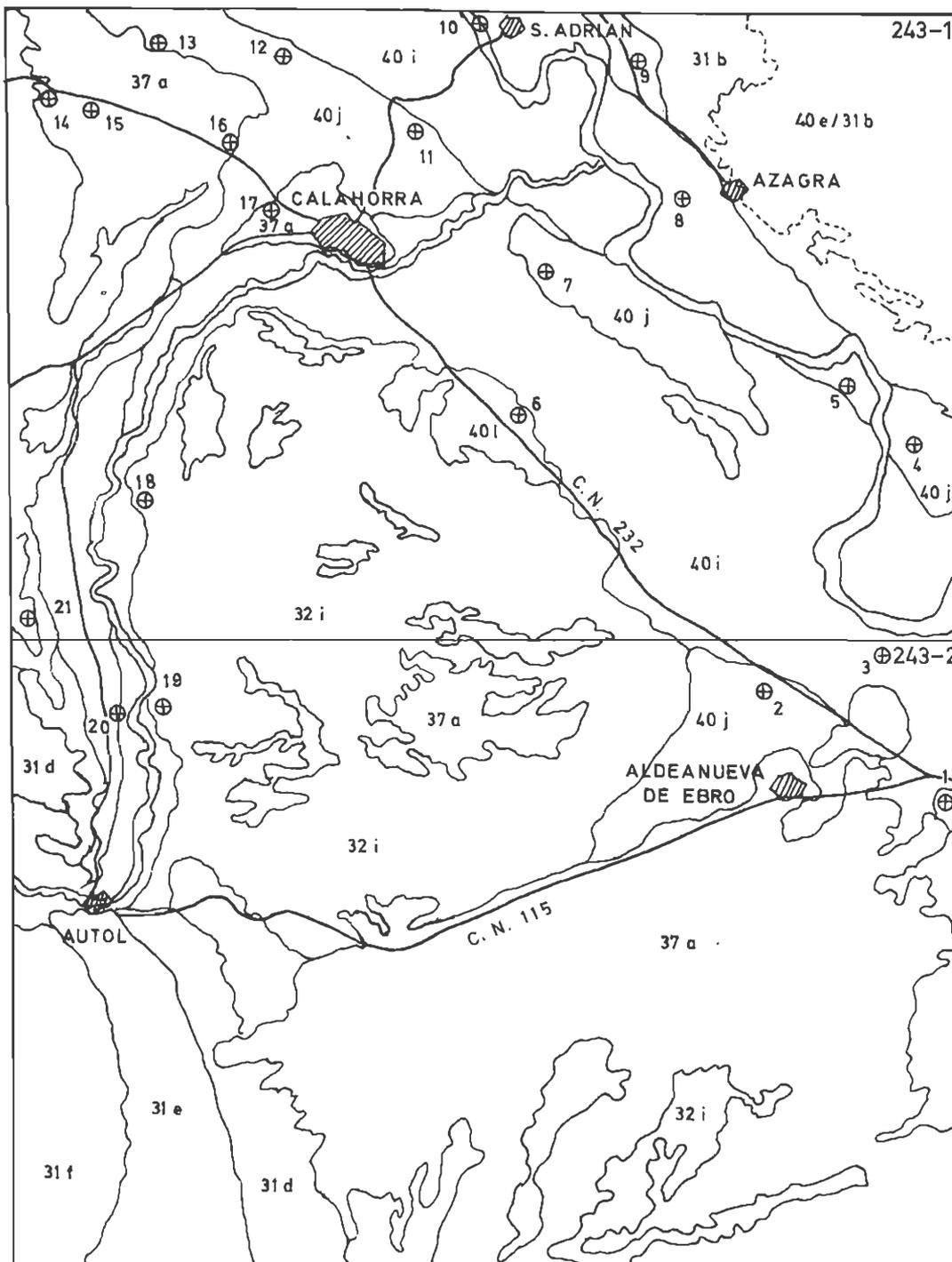
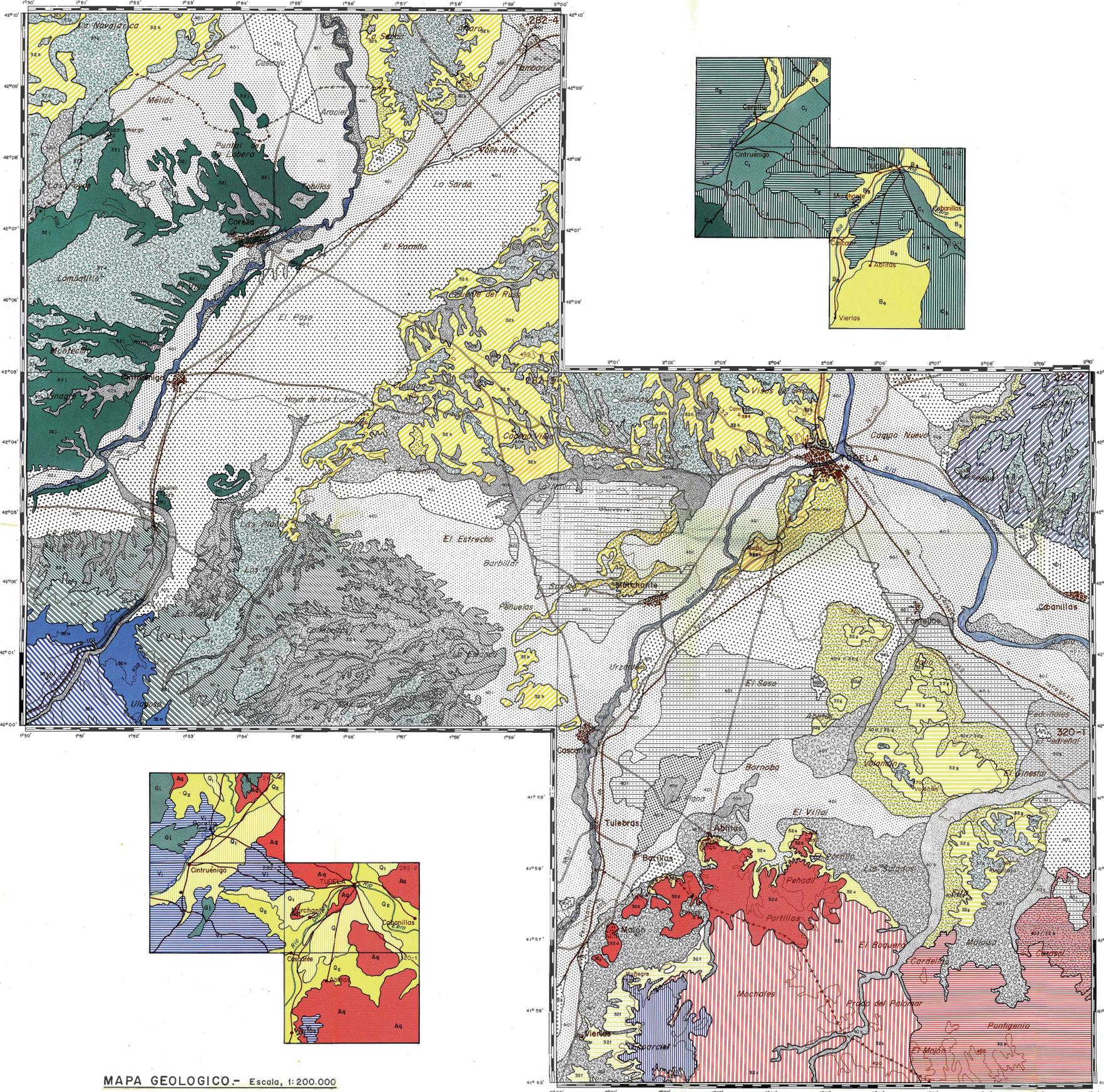
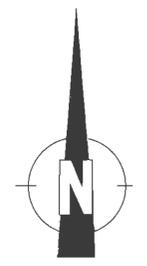


Fig. 54. Situación de los yacimientos granulares más importantes en la zona de Alcanadre



MAPA ESQUEMATICO GEOTECNICO - Escala, 1:200.000

- A- ZONAS CON PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- A₁** Terraza baja y aluviales poco a nada consolidados que descansan sobre formaciones yesíferas muy inestables al estar bajo la acción del nivel freático (fenómeno de hulecoeros). Constituye una zona con graves problemas geotécnicos a causa de hundimientos por cavernización del sustrato y por estar sujeta a inundaciones (vega baja del río Ebro).
- B- ZONAS CON ALGUNOS PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- B₁** Terraza baja y aluviales poco a nada consolidados sobre un Terciario relativamente estable constituido por margas arcillosas y areniscas. Es una zona donde pueden originarse pequeños hundimientos muy locales (zona de Tudela).
 - B₂** De relieves terciarios de moderados a acusados, constituidos por una alternancia de materiales duros y blandos. Es una zona en donde se pueden originar algunos pequeños desprendimientos y deslizamientos facilitados por pequeños acúferos colgados (S. de la zona de Abilias).
- C- ZONAS SIN PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- C₁** Terrazas y frentes de glacia consolidados. Por su potencia y grado de cementación y al no estar bajo la acción de niveles acuíferos importantes, constituyen las zonas de mayor estabilidad dentro del Tramo.
 - C₂** De relieves terciarios moderados, constituidos por margas con areniscas y yesos más o menos resistentes, fosilizados por glacia medianamente cementados. Constituyen zonas sin aparentes problemas geotécnicos (zona de Cintruénigo-Correla-Aldenuve).
 - C₃** Relieves terciarios de moderados a acusados, constituidos por materiales con buena y mediana resistencia que no presentan, en general, problemas geotécnicos, salvo descalces poco importantes (S. de Calahorra).
 - C₄** Relieves terciarios periféricos de morfología acusada, constituidos por materiales consolidados bastante resistentes. Es una zona sin problemas geotécnicos a causa de su gran estabilidad (SW. de las zonas de Tudela, Calahorra y Alcanadre).



MAPA LITOLOGICO - Escala, 1:50.000

RECUBRIMIENTOS POCO CONSOLIDADOS

- Aluviales limo-arenosos de los afluentes del Ebro. Poco a nada plásticos. Drenaje deficiente.
- Aluviales limosos y arcillo-yesíferos de la zona de Abilias. Suelos de muy mala calidad, plásticos y de baja capacidad portante y mal drenaje.
- Depositos lagunares limo-arcillosos, algo plásticos.
- Coluviales limosos de ladera con variable contenido en material más grueso.
- Coluviales limosos poco potentes con abundantes restos de glacia (pudings calco-arcillosos).
- Fondos de valle constituidos por depósitos coluviales y aluviales mal clasificados; cantos de glacia con abundante matriz arenosa y limo-arcillosa; a veces yesifera. Drenaje deficiente y capacidad portante mala.
- Conos de deyección formados por depósitos de limo sobre otros peor clasificados. Caracteres análogos al grupo 40a.
- Aluviones actuales procedentes del río Ebro y de algunos barrancos excavados en glacia antigua. Formados por gravas de pudings calcáreas y silíceas con matriz arenosa. Buen drenaje. Grupo explotable como yacimientos granulares.
- Terraza más-baja del Ebro formada por un recubrimiento aluvial limoso, sobre pudings calcáreas (a veces también silíceas) con matriz arena-limosa, poco a medianamente cementada.

FORMACIONES MARGO-ARCILLOSAS

- Formación del Portillo (320-1). Margas arcillosas abigarradas con areniscas yesíferas que intercalan finos niveles de yesos. Medianamente estable. Ripable.
- Formación de Vierlas (320-1). Margas arcillosas abigarradas que intercalan yesos conglomerados y bancos calizos. Buena estabilidad en taludes moderados. Ripable del 50 al 75 por 100.
- Formación Degollada (320-1). Margas arcillosas que intercalan areniscas yesíferas. Medianamente estable. Ripable.

FORMACIONES DETRITICAS

- Formación de Tudela (282-2, 3 y 4). Margas abigarradas que alternan con areniscas yesíferas y algunos niveles yesíferos. Bastante estable. Ripable del 50 al 100 por 100.
- Formación de Correla (282-4). Areniscas calco-yesíferas que alternan con margas abigarradas. Conjunto estable, sin problemas geotécnicos.
- Formación Peña Abarzón (282-3). Areniscas calcáreas que alternan con margas areniscosas abigarradas. Conjunto estable sin problemas geotécnicos. Ripable del 60 al 75 por 100.
- Formación de Varendillo (282-3). Conglomerados areniscosos, poco cementados, formados por pudings calcáreas de tamaño medio-fino con matriz arenosa calcárea. Conjunto medianamente estable. Ripabilidad del 50 al 75 por 100.
- Formación Ulagoso (282-3). Conglomerado calcáreo poligénico fino, bien cementado. No ripable. Buena capacidad portante. Muy estable.
- Formación de Mojon Tres Reyes (282-3). Conglomerado calcáreo poligénico grueso, bien cementado. Muy estable, sin problemas geotécnicos. No ripable.

RECUBRIMIENTOS CONSOLIDADOS

- Terraza intermedia del Ebro, constituida por gravas de pudings calcáreas (con más o menos cantos silíceos), de matriz arena-limosa y cementada por carbonatos. Esta terraza entiza en algunas zonas con los frentes de los glacia. Constituye los yacimientos granulares más importantes del Tramo.
- Terraza más elevada del Ebro estratigráficamente de posición incierta, ya que se corresponde muchas veces con restos de glacia de caracteres semejantes al grupo 40. Buena para yacimientos granulares.
- Terraza-glacia que se corresponde con los grupos 40 y 40k (terrazas del Ebro), pero que presenta caracteres intermedios entre las terrazas y los glacia; suave pendiente, verticada, etc. Buena capacidad portante.
- Clases de pudings silíceas que ocupan diversos niveles erosivos estratigráficos, pliocuaternarios. Están representados en los cuadrantes 282-2, 3 y 4). Buena capacidad portante. Constituyen yacimientos granulares importantes.

FORMACIONES YESIFERAS

- Formación de Pontignio (320-1). Margas arcillosas con bancos de yesos alabástricos que intercalan en la parte superior conglomerados y bancos calcáreos poco potentes. Bastante estable con buena capacidad portante. Ripable del 50 al 75 por 100.
- Formación de Mochales (320-1). Yesos alabástricos que alternan con margas arcillosas areniscosas con intercalación de un nivel conglomerático. Estable en taludes moderados. Ripable del 40 al 60 por 100.
- Formación de Abilias (320-1). Yesos alabástricos con frecuentes reemplazamientos de glic. Estable en taludes acusados. Poco ripable.

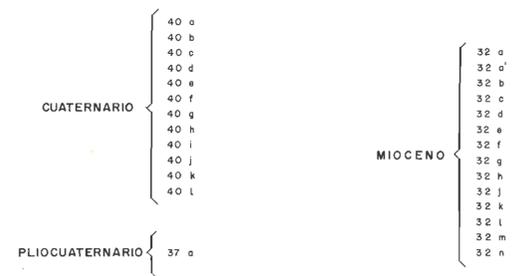
FORMACIONES CALCO-MARGOSAS

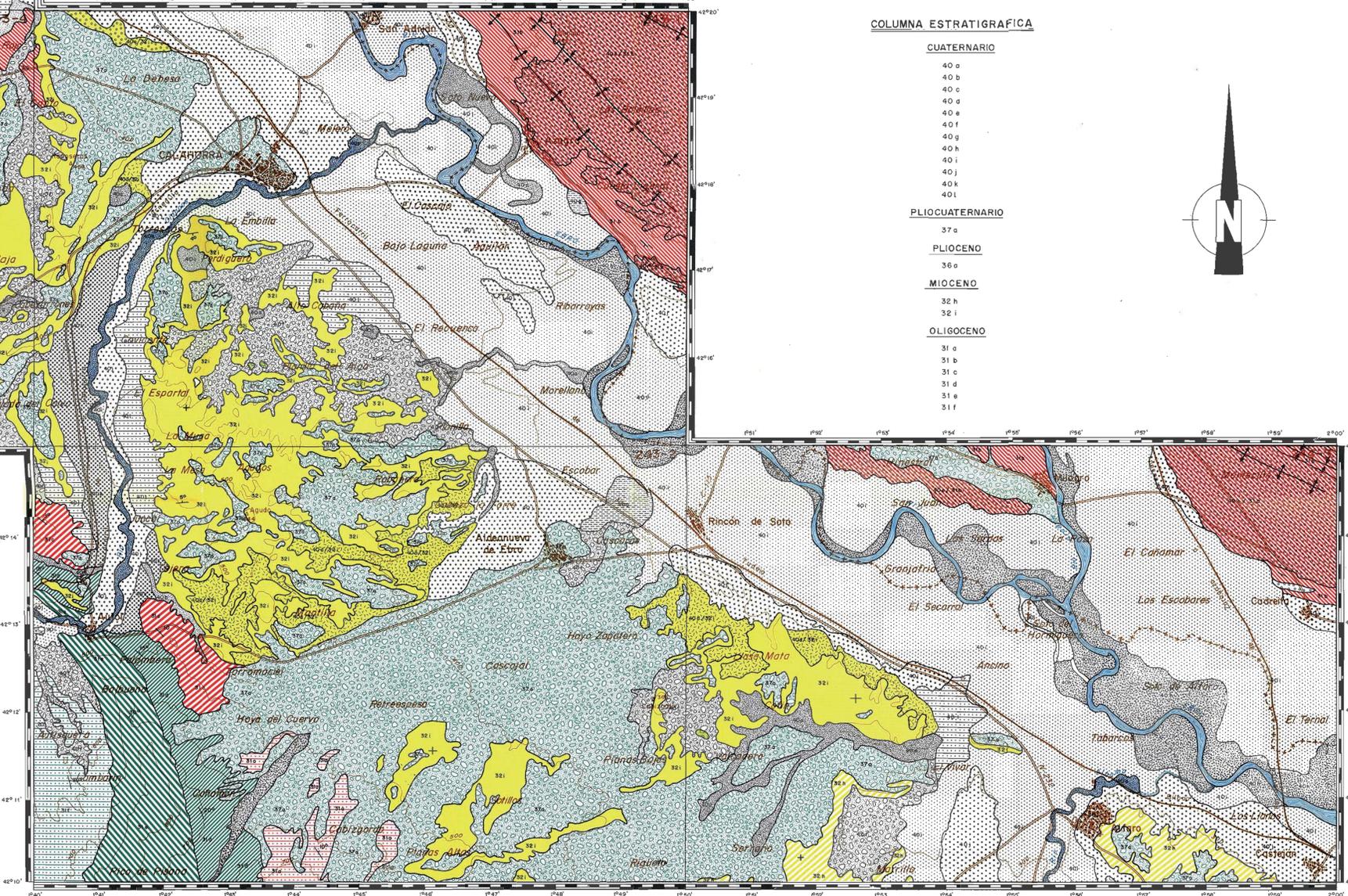
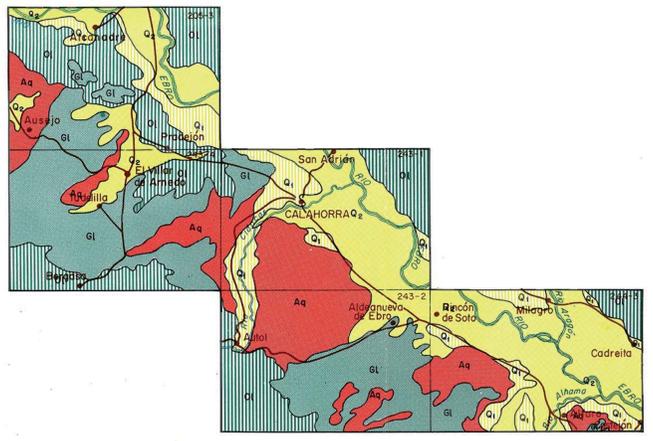
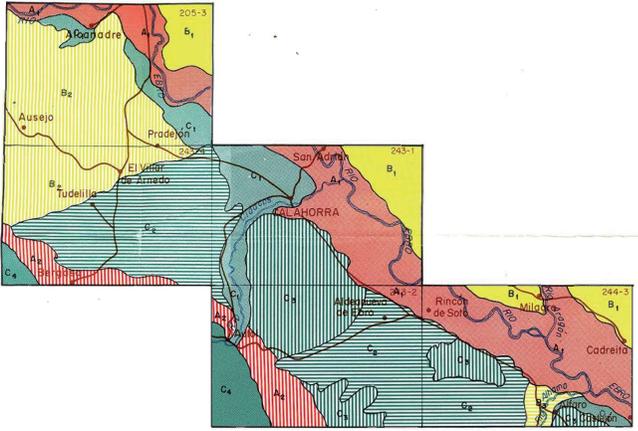
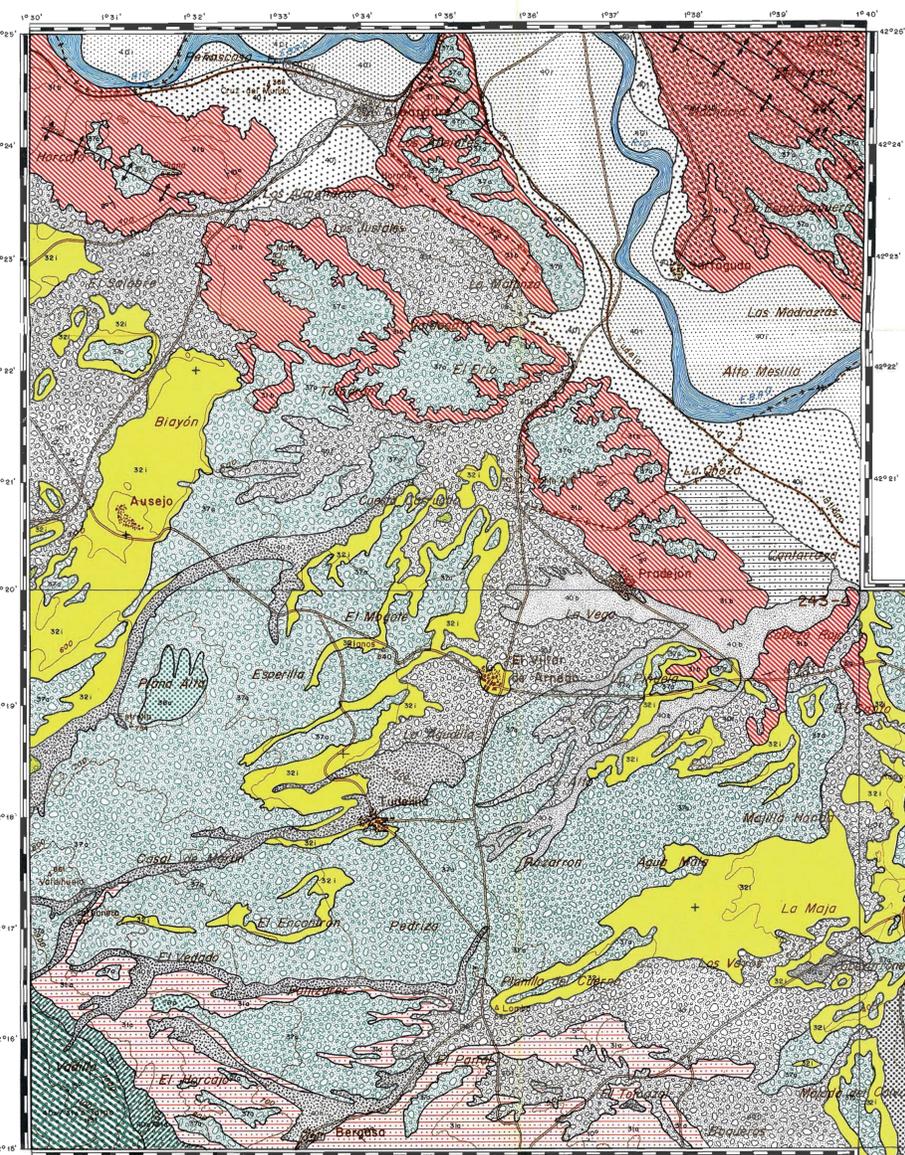
- Formación de San Gregorio (282-2). Calizas margosas tabeadas que alternan con margas arcillosas abigarradas. Bastante estable en taludes moderados. Ripabilidad del 40 por 100 (tramos calcáreos) al 80 por 100 (tramos margosos).
- Formación de Especial (320-1). Margas arcillosas-areniscosas, algo yesíferas, que intercalan bancos calcáreos poco potentes, que forman mesetas. Estable en taludes moderados Buena capacidad portante. Ripable en más del 75 por 100.

MAPA GEOLOGICO - Escala, 1:200.000

- CUATERNARIO **Q₂** Aluviales, coluviales y terrazas bajas poco consolidadas
- CUATERNARIO **Q₁** Terrazas consolidadas
- PLIO-CUATERNARIO **Gl** Glacia de pudings
- VINDOBONIENSE **V** Conglomerados, areniscas y margas areniscosas
- AQUITANIENSE **Aq** Margas arcillosas, yesos y arcillas yesíferas

COLUMNA ESTRATIGRAFICA





MAPA ESQUEMATICO GEOTECNICO - Escala, 1:200.000

- A.- ZONAS CON PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- A₁** Terresta baja y aluvial poco a nada consolidada que descansa sobre formaciones yesíferas muy inestables al estar bajo la acción del nivel freático (fenómeno de hincamientos). Constituye una zona con graves problemas geotécnicos a causa de hundimientos por cavernización del sustrato y por estar sujeta a inundaciones (vega baja del río Ebro).
 - A₂** Zona del contacto entre el Terciario inferior consolidado y resacaente con el Terciario superior margoso-yesífero blando. Constituye una zona de inestabilidad a causa de los deslizamientos del terreno según la estructura regional, originados por el desigual comportamiento de los materiales competentes e incompetentes (zona de Aulsi-Bargasa).
- B.- ZONAS CON ALGUNOS PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- B₁** De relieves terciarios poco acusados, constituidos por materiales yesíferos replegados, más o menos foliados por recubrimientos de glacia. Es una zona de posibles deslizamientos y hundimientos a causa de la interacción de las aguas freáticas en esas estructuras inestables (margen izquierda del río Ebro).
 - B₂** De relieves terciarios moderados constituidos por materiales muy blandos (margas arcillosas, yesos y margas yesíferas) sobre los que descansa potentes glacia. Pueden originarse deslizamientos y hundimientos en taludes de moderados a acusados, facilitados en gran parte por la existencia de acuíferos confinados (zona de Tudella-Aulsejo).
 - B₃** Terresta baja y aluvial poco a nada consolidada sobre un Terciario relativamente estable constituido por margas arcillosas y areniscas. Es una zona donde pueden originarse pequeños hundimientos muy locales (zona de Tudella).
- C.- ZONAS SIN PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- C₁** Terrazas y frentes de glacia consolidados. Por su potencia y grado de cementación y al no estar bajo la acción de niveles acuíferos importantes, constituyen las zonas de mayor estabilidad dentro del Tramo.
 - C₂** De relieves terciarios moderados, constituidos por margas con areniscas y yesos más o menos resistentes, foliados por glacia medianamente cementados. Constituyen zonas sin aparentes problemas geotécnicos (zona de Cintruigo-Correla-Aldanueva).
 - C₃** Relieves terciarios de moderados a acusados, constituidos por materiales con buena y mediana resistencia que no presentan, en general, problemas geotécnicos, salvo descensos poco importantes (S. de Calahorra).
 - C₄** Relieves terciarios periféricos de morfología acusada, constituidos por materiales consolidados bastante resistentes. Es una zona sin problemas geotécnicos a causa de su gran estabilidad (SW. de las zonas de Tudella, Calahorra y Aldanueva).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CUATERNARIO	
40 a	
40 b	
40 c	
40 d	
40 e	
40 f	
40 g	
40 h	
40 i	
40 j	
40 k	
40 l	
PLIOCENARIO	
37 a	
PLIOCENO	
36 e	
MIOCENO	
32 h	
32 i	
OLIGOCENO	
31 e	
31 b	
31 c	
31 d	
31 e	
31 f	



MAPA LITOLÓGICO - Escala, 1:50.000

RECUBRIMIENTOS POCO CONSOLIDADOS

- 40** Aluviales limo-arenosos de los afluentes del Ebro, poco a nada plásticos. Drenaje deficiente.
- 40b** Aluviales limosos y arcillo-yesíferos de la zona de Pradón y Aldanueva. Suelos de muy mala calidad, plásticos, de baja capacidad portante y mal drenaje.
- 40c** Depósitos lagunares limo-arcillosos, algo plásticos.
- 40d** Coluviales poco potentes, limosos, con variable contenido de material arenoso y arcillosos.
- 40e** Coluviales limosos poco potentes con variable proporción de pudngas calcáreas procedentes de restos de glacia arenados.
- 40f** Fondos de valla, constituidos por depósitos coluviales y aluviales mal clasificados, cantos de glacia con abundante matriz fina, arenosa, limosa-arcillosa y a veces, yesifera. Regular a mala capacidad portante.
- 40g** Conos de deyección constituidos fundamentalmente por limos que descansa sobre sedimentos mal clasificados (gravas, arenas y limos).
- 40h** Aluviones actuales del río Ebro y de los barrancos procedentes del S. y SE., constituidos por gravas calcáreas con abundante matriz arenosa. Buena drenaje, materiales arcillosos como yacimientos granulares.
- 40i** Terresta más baja del Ebro, constituida por depósitos limosos sobre pudngas calcáreas y silíceas con matriz arenosa y limosa, poco a medianamente cementada.

RECUBRIMIENTOS CONSOLIDADOS

- 37a** Terresta intermedia del Ebro, constituida por pudngas calcáreas y silíceas algo cementadas, con poca matriz arenosa-limosa. Constituyen los yacimientos granulares más importantes en todo el Tramo.
- 36e** Terresta más elevada del Ebro, estratigráficamente de posición incierta, ya que se corresponde muchas veces con restos de glacia. Caracteres semejantes al grupo 40j. Buena para yacimientos granulares.
- 31e** Terresta-glacia que se corresponde con los grupos 40j y 40k (terrazas del Ebro), pero que presentan caracteres intermedios entre las terrazas y los glacia, buena drenaje, traventada, etc. Buena capacidad portante.
- 37a** Glacia de pudngas silíceas que ocupan diversos niveles estratigráficos de erosión, desde el Plioceno hasta el Cuaternario. Tiene en este mapa su máximo desarrollo en los cuadrantes 243.2 y 243.4. Constituyen importantes yacimientos granulares.
- 36e** Pudngas silíceas, algo calcáreas, heterométricas, que ocupan planicies elevadas en las que se encajan los glacia. Pueden constituir yacimientos granulares.

FORMACIONES MARGOSAS

- 32a** Formación de Alifaro (243.3). Margas abigarradas que alternan con areniscas yesíferas y algún filite yesífero. Bastante estable. Ripable del 60 al 80 por 100.
- 32i** Formación de Calahorra. Grupo extenso y potente de margas muy arcillosas abigarradas que intercalan niveles de yesos y areniscas yesíferas finas. Mediana estabilidad. Ripable.

FORMACIONES DETRITICAS

- 31a** Formación de Calahorra (243.2). Bancos de areniscas calcáreas que intercalan niveles de conglomerados y bancos finos margo-areniscos. Buena estabilidad y capacidad portante. Ripable del 40 al 50 por 100.
- 31b** Formación de Balbuena (243.2). Conglomerados calcáreas poligénicos cementados por carbonatos y con poca matriz arenosa. Muy estable, sin problemas geotécnicos. No ripable.
- 31f** Formación de Lombardón (243.2). Areniscas calcáreas que intercalan niveles de conglomerados finos. Muy estable, admite taludes acusados. Poco ripable.

FORMACIONES YESIFERAS

- 31a** Formación de Bargasa (243.4). Margas arcillosas abigarradas alternando con yesos en lechos delgados y con alguna intercalación de areniscas finas. Poco a medianamente estable (deslizamientos). Ripable.
- 31b** Formación de Aldanueva (243.3). Yesos masivos alabastrinos, bien estratificados, intercalados entre margas arcillosas abigarradas, algo yesíferas. Problemas de hundimientos en el nivel freático. Ripable. Estabilidad moderada.
- 31c** Formación de Aulsi (243.3). Yesos masivos alabastrinos y sacroideos de tonos blancos que alternan con yesos limosos grisesos. Bastante estable, con buena capacidad portante. Ripable del 40 al 50 por 100.

MAPA GEOLOGICO - Escala, 1:200.000

- CUATERNARIO** **Q_c** Aluviales, coluviales y terrazas bajas poco consolidadas
- CUATERNARIO** **Q_s** Terrazas consolidadas
- PLIO-CUATERNARIO** **Gl** Glacia de pudngas
- AQUITANIENSE** **Aq** Margas arcillosas, yesos y arcillas yesíferas
- OLIGOCENO** **Co** Conglomerados, areniscas, yesos y arcillas yesíferas

