



estudio previo de terrenos



Corredor del Ebro

TRAMO : TÁRREGA - VENDRELL

**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)

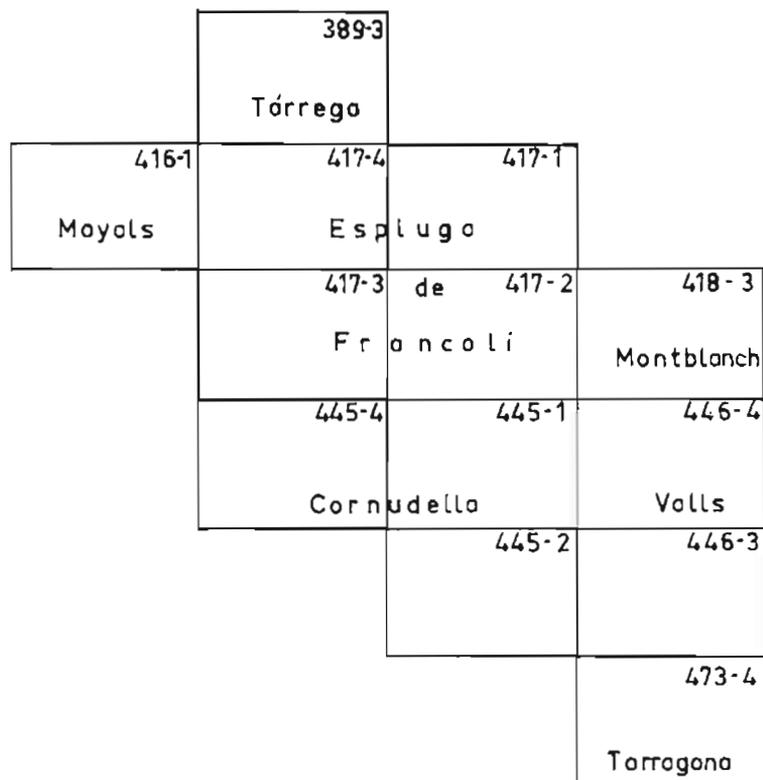
Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin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



ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS

CORREDOR DEL EBRO

TRAMO: TARREGA - VENDRELL

Fecha de ejecución: Noviembre 1972

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. Introducción	7
2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO	9.
2.1. GEOMORFOLOGIA	9
2.1.1. Generalidades	9
2.1.2. Unidades geomorfológicas	11
2.2. TECTONICA	16
2.3. ESTRATIGRAFIA	16
2.3.1. Introducción	16
a) Columna estratigráfica del PALEOZOICO - RO- CAS GRANITICAS	
b) Columna estratigráfica del MESOZOICO	
c) Columna estratigráfica de los TERCIARIOS	
d) Columna estratigráfica del PLIOCENO - CUA- TERNARIO	
2.3.2. Geología histórica y su evolución a lo largo del tramo.	22
2.4. EDAFOLOGIA	23
2.5. GRUPOS GEOTECNICOS	24
2.5.1. Introducción	24
2.5.2. Grupos litológicos-geotécnicos	26
3. ESTUDIO DE ZONAS	27
3.0. ZONAS DE ESTUDIO	27
3.1. ZONA 1; TERCIARIOS CONTINENTALES	27
3.1.1. Geomorfología y tectónica	27
3.1.2. Columna estratigráfica	31
3.1.3. Grupos geotécnicos	32
3.1.4. Resumen de los problemas geotécnicos que pre- senta la zona	40

	Pág.
3.2. ZONA 2: SIERRAS	41
3.2.1. Geomorfología y tectónica	41
3.2.2. Columna estratigráfica	45
3.2.3. Grupos geotécnicos	46
3.2.4. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la zona	56
3.3. ZONA 3: CAMPO DE TARRAGONA	57
3.3.1. Geomorfología y tectónica	57
3.3.2. Columna estratigráfica	61
3.3.3. Grupos geotécnicos	62
3.3.4. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la zona	68
4. CONCLUSIONES GEOTECNICAS	71
4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS	71
4.1.1. Zona 1: Terciarios continentales	72
4.1.2. Zona 2: Sierras	74
4.1.3. Zona 3: Campo de Tarragona	77
4.2. TRAZADOS PREFERENTES	78
5. ESTUDIO DE YACIMIENTOS	79
5.0. INTRODUCCION	79
5.1. CANTERAS	79
5.1.1. Canteras de granito S. L.	79
5.1.2. Canteras en los materiales del Muschelkalk	79
5.1.3. Canteras en los materiales del Lías	80
5.1.4. Canteras en los materiales del Cretácico	81
5.1.5. Canteras en los materiales del Oligoceno	81
5.2. GRAVERAS	
5.2.1. Graveras en glaciares	82
5.2.2. Aluviales del río Francolí	82
5.3. PRESTAMOS	82
6. BIBLIOGRAFIA	85

1. INTRODUCCION

El tramo Tárrega-Vendrell, perteneciente al Corredor del Ebro, está compuesto por los siguientes cuadrantes de las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000 que a continuación se reseñan:

Hojas 1/50.000	Cuadrantes
N.º 389 Tárrega	3
N.º 416 Mayals	1
N.º 417 Espluga de Francolí	1, 2, 3 y 4
N.º 418 Montblanch	3
N.º 445 Cornudella	1, 2 y 4
N.º 446 Valls	3 y 4
N.º 473 Tarragona	4

El presente estudio previo consta de una memoria explicativa y dos planos, conteniendo cada uno de ellos un mapa litológico-estructural a escala 1/50.000 y tres esquemas a escala 1/200.000 de todo el tramo, en donde se sintetizan los caracteres geológicos, geotécnicos y las formaciones y suelos de poco espesor.

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

Dirección General de Carreteras.—Sección de Geotecnia y Prospecciones:

Antonio Alcaide Pérez, doctor ingeniero de Caminos.

José Antonio Hinojosa Cabrera, ingeniero de Caminos.

María Concepción Bonet Muñoz, doctor en Ciencias Geológicas.

Gemat, S. L.:

Vicente Sánchez Cela, doctor en Ciencias Geológicas.

Salvador Ordóñez Delgado, licenciado en Ciencias Geológicas.

Severino Fernández Blanco, ingeniero de Caminos.

Este estudio ha sido realizado bajo el asesoramiento del doctor ingeniero de Caminos don Angel García Yagüe.

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. GEOMORFOLOGIA

2.1.1. Generalidades

Los caracteres geomorfológicos del tramo están íntimamente relacionados con la existencia en la zona central de una alineación montañosa de dirección NE.-SO., y constituida fundamentalmente por materiales gneícos, pizarrosos y del mesozoico. Estos relieves, que hasta el Cuaternario antiguo aislaban una «zona» al N. y otra al S., condicionaron en gran manera la evolución geomorfológica del tramo. Al N. se formó, durante los tiempos terciarios, una gran cuenca que corresponde al borde S. de la gran cuenca del río Ebro, donde se depositaron abundantes sedimentos de facies continentales. Al S., en cambio, al estar en comunicación con el mar abierto estas facies, o no se depositaron, o fueron erosionadas. Más tarde, al retirarse el mar (levantamiento de las sierras), tiene lugar una sedimentación de mantos aluvio-coluviales de tipo glacis. Los sedimentos transgresivos calcareníticos apenas afectan a esta morfología de glacis (fig. 1).

ESQUEMA MORFOLOGICO DEL TRAMO (N — S)

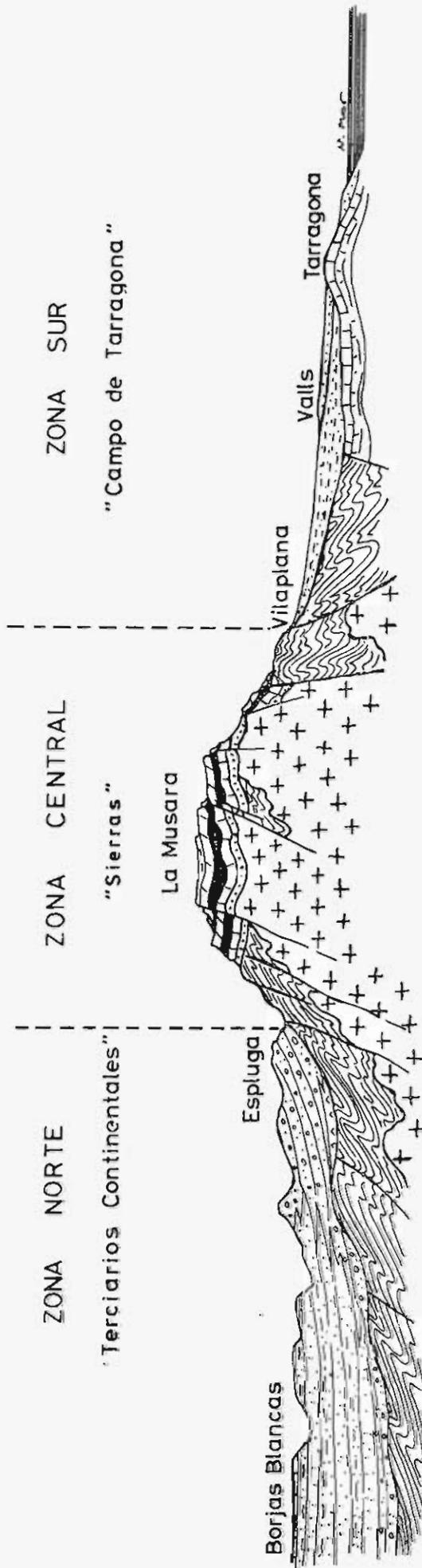


Fig. 1. Esquema morfológico N.-S. del tramo.

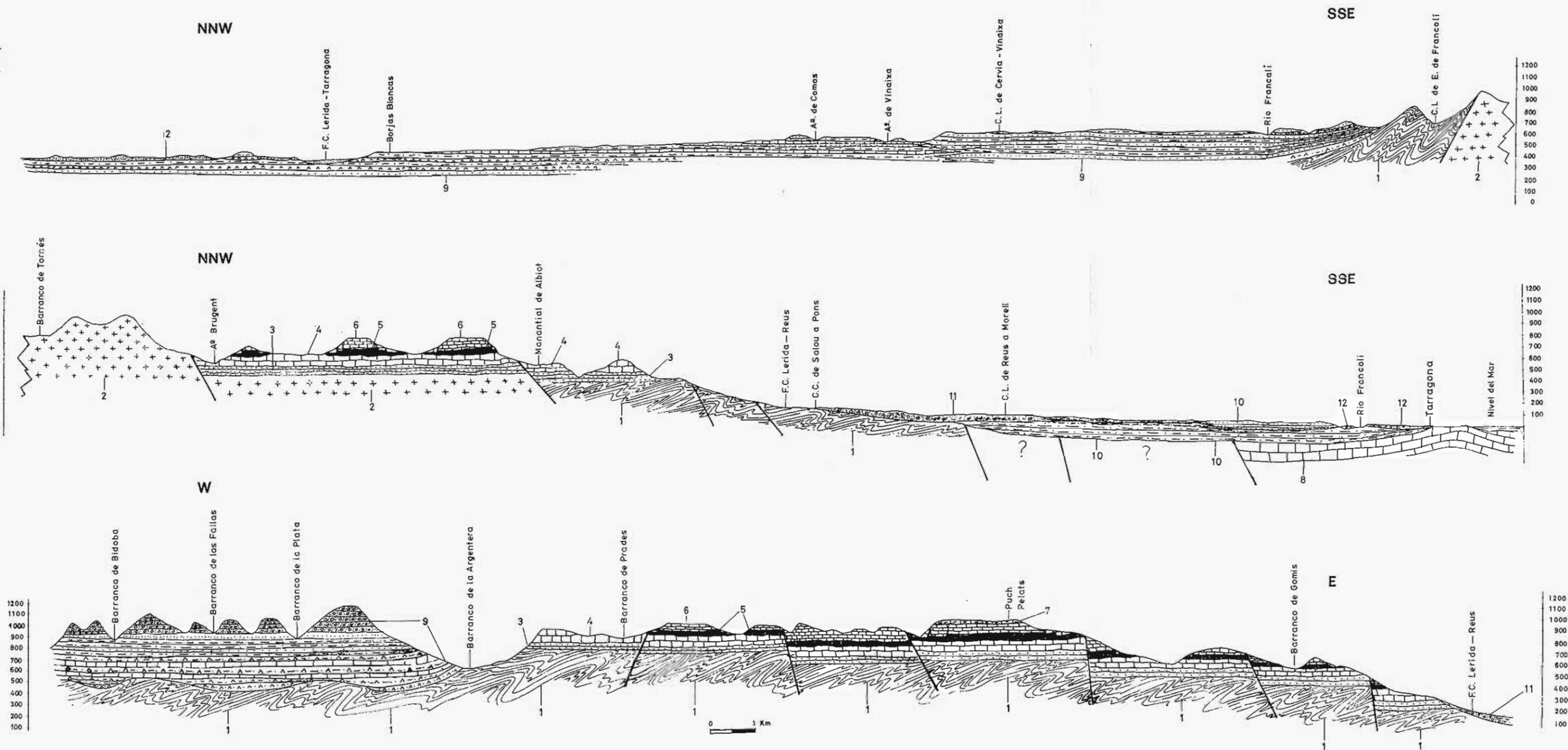


Fig. 2. Cortes generales a lo largo del tramo con los caracteres morfológicos, estructurales y litológicos más sobresalientes. 1, pizarras; 2, granitos; 3, Buntsandstein; 4, Muschalkalk; 5, Keuper; 6, Lías; 7, Jurásico; 8, Cretácico; 9, Oligoceno; 10, Mioceno; 11, glacia; y 12, Cuaternario.

Estos caracteres hacen que se definan en el tramo tres grandes zonas geomorfológicas:

Zona Norte, constituida por relieves del Terciario Continental, de morfología muy desigual según la evolución sedimentológica.

Zona Central, formada por sierras de estructuras tabulares escalonadas (horst), originadas por la «reactivación tectónica» de los granitos durante el Terciario Inferior.

Zona Sur, constituida por amplios glacis erosivos que fosilizan a los materiales más antiguos.

Los caracteres geomorfológicos más acusados a lo largo del tramo se reflejan en los cortes generales de la figura 2.

2.1.2. Unidades geomorfológicas

Dentro de las tres grandes zonas geomorfológicas, podemos distinguir las siguientes unidades:

Zona Norte

- a) Relieves terciarios.
- b) Fondos de valle, glacis y aluviales.

Zona Central

- c) Macizos pizarrosos-graníticos.
- d) Plataformas mesozoicas.
- e) Taludes fuertes.
- f) Fondos de valle entre sierras.

Zona Sur

- g) Relieves cretácicos.
- h) Glacis de erosión.
- i) Valle del río Francolí.

a) **Relieves terciarios.**—La morfología de los materiales del Terciario Continental de la Zona Norte está íntimamente relacionada con su evolución sedimentológica dentro de la cuenca. La evolución en el espacio y en



Fig. 3. Relieves del Terciario continental al N. del tramo.

el tiempo de los materiales sedimentarios ha hecho que aparezcan los relieves más acusados en dos zonas características: 1.º, en la zona de borde, donde se acumulan materiales detríticos groseros muy cementados; 2.º, en la Zona Central (fuera del tramo), donde a los sedimentos finos se superponen niveles calcáreos compactos.

Los relieves terciarios en el tramo presentan formas diversas según su proximidad al área madre (sierras): son algo agrestes cerca de las sierras. Más hacia el N., al existir una alternancia de capas blandas y duras, se originan relieves tabulares (fig. 3); y en áreas intermedias, al estar constituido el Terciario por materiales más blandos, los relieves son más suaves.

b) **Fondos de valles, glacis y aluviales.**—En la Zona Norte es muy característica la relación entre los fondos de valles, glacis y aluviales a causa de constituir tres episodios evolutivos geomorfológicos y sedimentológicos.

La erosión fluvio-coluvial de los materiales del Terciario margo-areniscoso origina amplios barrancos de fondo plano, que al ir ensanchándose se transforman en glacis erosivos de tipo aluvial, de morfología plana, que contienen abundantes sedimentos polimícticos, con restos de terciarios aislados sin erosionar. Sobre estos glacis, más tarde se encaja la red fluvial, que en esta zona es muy somera (fig. 4).



Fig. 4. Fondos de valle, evolucionando a glacis aluviales en el área de Borjas Blancas.

c) **Macizos pizarrosos-graníticos.**—Esta unidad se localiza en la parte Central del tramo. Aunque de topografía acusada, su morfología es suave a causa de la relativa alterabilidad de estos materiales, excepto en aquellas zonas donde el grado de silicificación del Paleozoico es más acusado (pizarras cuarcíticas), en las que se originan relieves en crestas, análogos a los de las cuarcitas (fig. 5).

d) **Plataformas mesozoicas.**—Es quizá la unidad geomorfológica-estructural más importante de todo el tramo. Hay dos tipos de plataformas: triásicas y jurásicas. Estos dos tipos se distinguen según los materiales superiores que culminan la serie. Las plataformas triásicas están constituidas por un zócalo paleozoico pizarroso-granítico peniplanizado, fosilizado por areniscas y calizas del Trias, atribuidas al Buntsandstein y Mschelkalk, que

constituyen un nivel morfológico, ya que aparecen casi siempre juntas. Las plataformas jurásicas son mucho más reducidas a causa de la tectónica

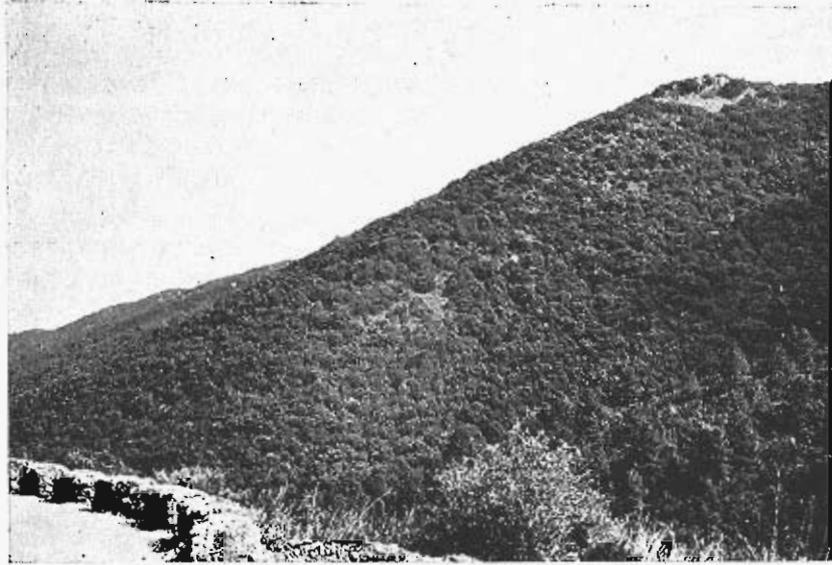


Fig. 5. Relieves originados por las pizarras silicificadas y granitoides el SW. de Espluga de Francoli.

tipo horts y de los deslizamientos, interviniendo las facies Keuper en su morfología (fig. 6). En las plataformas jurásicas son frecuentes las inflexio-

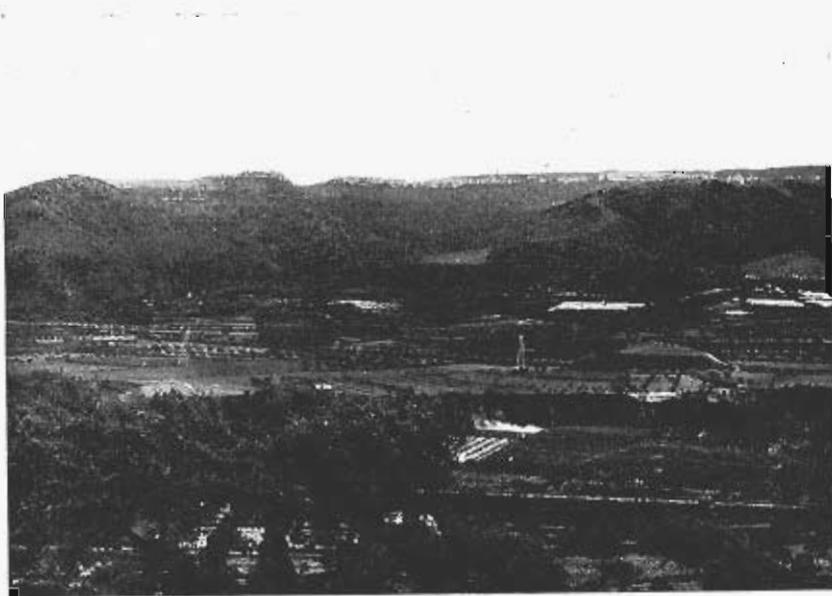


Fig. 6. Plataforma mesozoica de Els Plans, constituida por sedimentos del Buntsandstein y Muschalkalk que descansan sobre el paleozoico.

nes de tipo tectónico que hacen que los «mantos» de paquetes dolomíticos desciendan estructuralmente hasta el fondo de los valles (fig. portada).

e) **Taludes fuertes.**—Esta unidad geomorfológica ha sido considerada a causa de la influencia fundamental en los caracteres geotécnicos de los materiales (grupos litológicos) localizados en estos taludes. Corresponden a las zonas morfológicas comprendidas entre el borde de las plataformas y los fondos de valle entre sierras. Debido a su acusada pendiente y a que casi siempre están localizados en los bordes de los horst, contienen abundantes materiales brechoides, y coluviales en general, que acentúan la peligrosidad de los mismos.

f) **Fondos de valle entre sierras.**—Corresponden a amplios valles de sustrato pizarroso sobre el que se han depositado sedimentos finos evaporíticos de edad terciaria. Debido a que las vertientes están constituidas por materiales pizarrosos, son, en general, de morfología suave.

g) **Relieves cretácicos.**—Están muy localizados, ya que únicamente afloran en el área de Taragona. Están formados por cerros de relieve suave, de tipo «estructural», conservando la forma de los anticlinales muy tendidos de los materiales cretácicos. Estos relieves están en disarmonía con los del Triás de la Zona Central por estar «hundidos» a causa, sin duda, de grandes fallas de dirección NE.-SO.

h) **Glacis de erosión.**—Estos materiales constituyen una unidad geomorfológica muy importante en la parte S. de las sierras, tanto por su extensión superficial como por su potencia.

Están constituidos por numerosos mantos de materiales coluvio-aluviales, subaéreos, que se vienen formando con continuidad desde los tiempos terciarios hasta el presente. A causa de las diferencias topográficas acusadas, originadas por el levantamiento de la parte central, su evolución sedimentológica espacial es bien manifiesta, variando desde típicos piedemontes groseros, al borde de las sierras, hasta materiales arcillo-margosos en la plataforma costera. Debido a la convergencia sedimentológica en el tiempo, es difícil separar los glacis antiguos (terciarios) de los más modernos (pliocenos y cuaternarios). Acaso el factor «conglomerático» puede ser indicativo de los cambios climatológicos pliocénicos-cuaternarios (fig. 7).



Fig. 7. Glacis de Valls, al S. de la Sierra de Miramar.

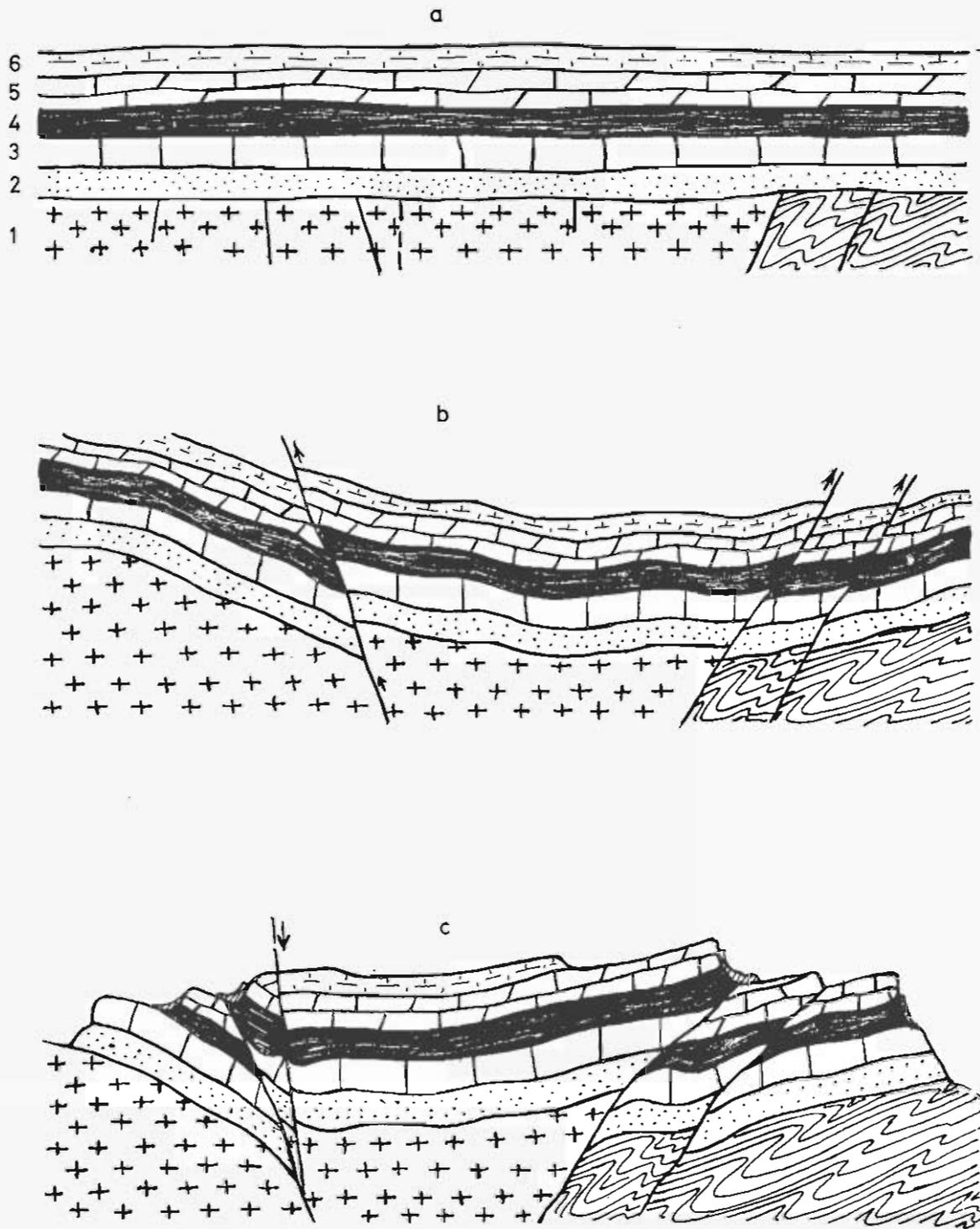


Fig. 8. Evolución estructural de los macizos tipos horst, en la Zona Central.
 a, estado inicial; b, fase de reactivación; c, estado final actual.

Las peculiaridades climatológicas y edafológicas hacen que se desarrollen sobre estos materiales costras calcáreas muy características.

i) **Valle del río Francolí** .—El río Francolí, en una fase aún juvenil, ha «labrado» un valle de evolución rápida, constituido por unidades geomorfológicas características, pero con sedimentos principalmente de origen lateral.

Dentro del valle, amplio y poco encajado, se pueden distinguir tres niveles geomorfológicos diferentes: terraza-glacis, terraza y lecho fluvial.

La terraza-glacis está constituida por los frentes de glacis; de suave pendiente, está algo trabajada por las aguas fluviales de las épocas de grandes avenidas, y se caracteriza por estar algo encalichada.

Las terrazas constituyen un nivel bastante continuo, sobre todo cerca del mar. De morfología plana, están constituidas por materiales de origen longitudinal y lateral no encalichados y de facies finas. Corresponden al nivel más bajo con relación al lecho del río, con dos o más niveles erosivos.

El lecho del río está ocupado por materiales poligénicos y de granulometría diversa: desde cantos (calcáreos, graníticos, etc.) de 6-8 centímetros hasta limos cuarzo-calcareníticos.

2.2. TECTONICA

En la zona estudiada debemos distinguir tres clases de estructuras que han sido originadas por procesos tectónicos diferentes:

- A) Tectónica hercínica.
- B) Tectónica alpina.
- C) Tectónica reciente gravitatoria.

La tectónica hercínica está íntimamente ligada a una importante granitización que ha afectado a los materiales paleozoicos muy diferencialmente. Los caracteres petro-estructurales indican que estos sedimentos están poco metamorfozados, lo que unido a la tectónica de fracturas y suaves pliegues permite inducir que esta granitización ha sido «muy lenta», por lo que descartamos la idea de un plutón intrusivo.

La tectónica alpina se caracteriza fundamentalmente por una removiliación diferencial del paleozoico pizarroso-granítico, cuyo resultado ha sido un levantamiento a favor de fallas paralelepédicas de las masas graníticas, con formación de abundantes estructuras tipo horst, como se aprecia muy bien en las sierras de Prades-Miramar (fig. 8).

La tectónica reciente gravitatoria origina deslizamientos y hundimientos a causa de la relativamente elevada plasticidad de los materiales de facies keuper, que hace que los potentes bancos dolomíticos superpuestos se deslicen gravitacionalmente. Estos deslizamientos gravitacionales vienen sucediéndose desde el Terciario inferior hasta la actualidad.

La tectónica alpina y los deslizamientos-hundimientos hacen que los tramos litológicos se repitan dos y más veces, dando origen a falsas interpretaciones tanto en los espesores como en la sucesión de las series estratigráficas (fig. 9).

En el apartado 3, «Estudio de zonas», se hace una descripción más detallada de los caracteres tectónicos del tramo, y en el apartado 4, «Conclusiones Geotécnicas», se hace sobre todo hincapié en la tectónica alpina y en la de deslizamientos y hundimientos, ya que creemos son factores primordiales para definir los caracteres geotécnicos locales.

2.3. ESTRATIGRAFIA

2.3.1. Introducción

En el tramo Tárrega-Vendrell del Corredor del Ebro, están representados los siguientes pisos estratigráficos:

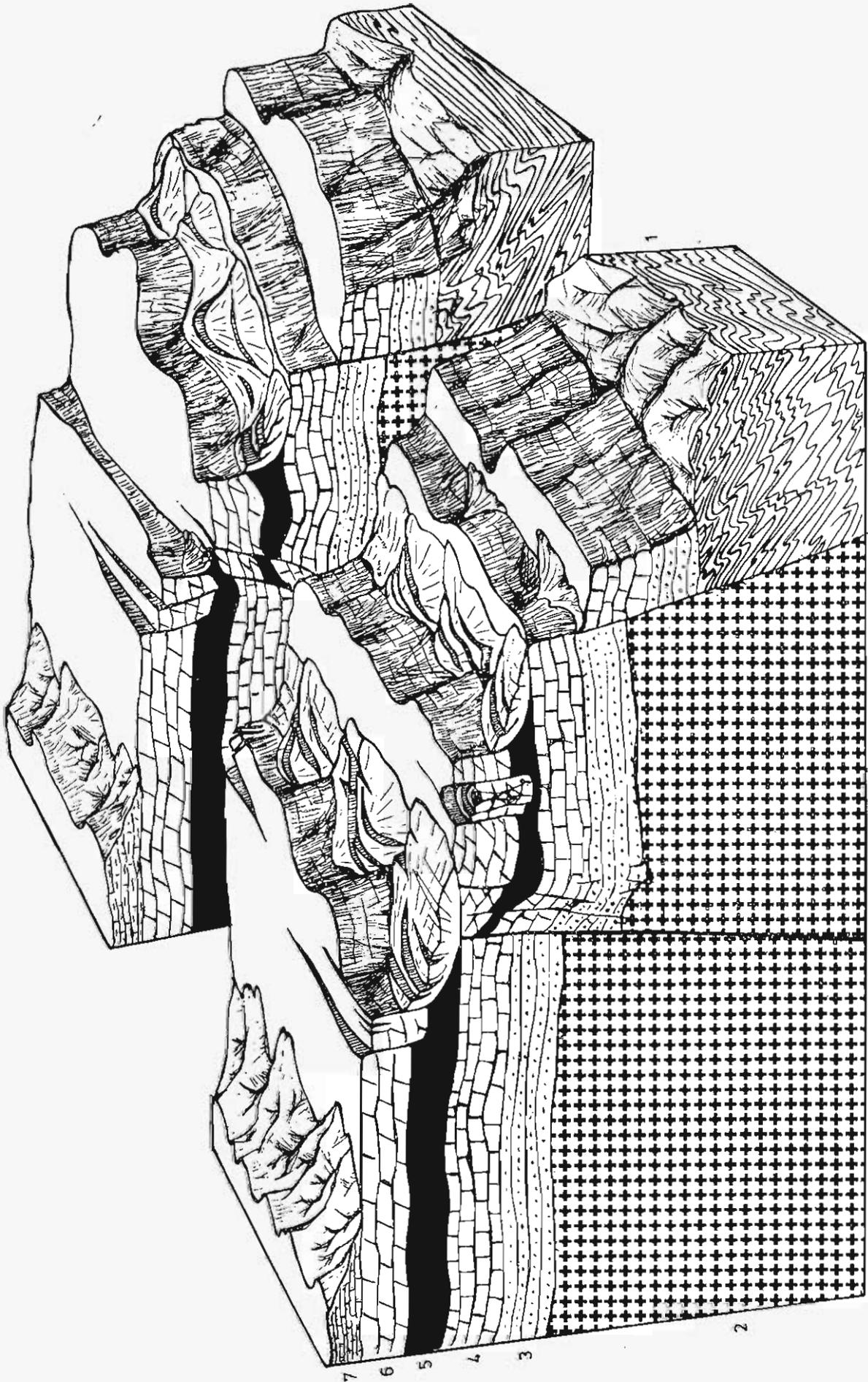


Fig. 9. Bloque estructural de la Sierra de la Musara, en que la tectónica de horst hace que se repitan grupos litológicos en la vertical. 1, Paleozoico; 2, granitos; 3, Buntsandstein; 4, Muschalkalk; 5, Keuper; 6, Lias; 7, Jurásico.

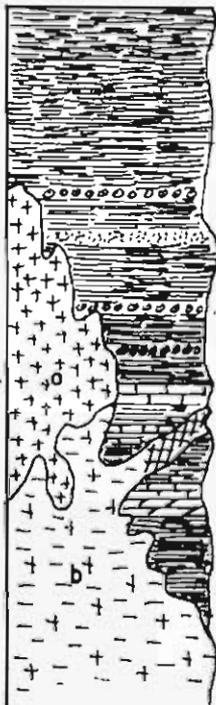
- a) Rocas graníticas y del Paleozoico medio-superior.
- b) Un Mesozoico que comprende el Triás bastante completo (1) y un Suprakeuper-Lias. En la zona de Tarragona aparece parte de la serie Cretácica.
- c) Un Terciario Inferior continental y un Terciario Medio marino.
- d) Depósitos pliocenos y cuaternarios continentales (glacis, coluviales, terrazas, etc.).

Debido a que la estratigrafía del Triás no está suficientemente definida por falta de criterios paleontológicos más rigurosos, debemos entender que cuando se habla de Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper nos referimos más a facies litológicos que a unidades estratigráficas, por lo cual hemos establecido la simbología de 20 (a, b, c) en lugar de 21, 22 y 23.

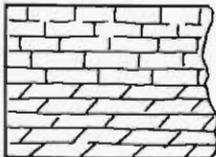
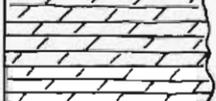
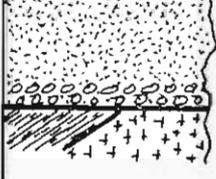
La descripción lito-estructural, así como geotécnica de los diferentes materiales, se describen en los apartados de las zonas de estudio.

(1) La sucesión litoestratigráfica del Triás, que no concuerda con los datos bibliográficos existentes, ha sido definida por estudios de cartografía-fotogeología complementados por análisis petrográficos y geoquímicos.

Columna estratigráfica del Paleozoico-rocas graníticas

E D A D	Espesor (m.)	COLUMNA	DESCRIPCION	Grupo Litológico	
				Fotoplano	1/50.000
CARBONIFERO	500		Pizarras, subgrauvacas, microconglomerados, pizarras carbonosas, etc.	Mp	15 a
			Los mismos materiales más o menos granitizados y silicificados.	Mp Pg	15 b
			Porfiritas básicas brechoides.	Ff	04 a
DEVONICO	> 200		Pizarras con intercalaciones calco-dolomíticas.	Mp (Qc)	13 a
SILURICO			Granodioritas, dioritas y pórfidos granodioríticos más o menos alterados.	P'g	01 b
			a) Facies ácidas. b) Facies básicas.	Pg	01 a

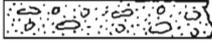
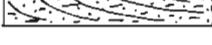
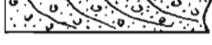
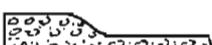
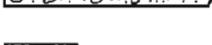
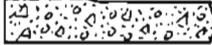
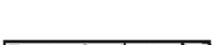
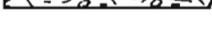
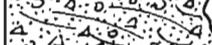
Columna estratigráfica del Mesozoico

E D A D	Espesor (m.)	COLUMNA	DESCRIPCION	Grupo Litológico	
				Fotoplano	1/50.000
CRETACICO	70		Dolomías pardo - grisáceas con calizas blanco - amarillentas en estructura anticlinal.	Qd + Qc	28 a
JURASICO INF.	30		Calizas y margas dolomíticas, estratificadas en lechos y capas.	Qm Qd · Qm	24 b
LIAS	70		Dolomías blanco - grisáceas bien estratificadas en bancos.	Qd	24 a
KEUPER	70		Arcillas margo-yesíferas versicolores con lechos de yesos de tonos claros.	Ar Qm · Qy	20 c
MUSCHELKALK	80		Calizas alternando con calizas dolomíticas y algún lecho margoso, de colores amarillentos claros, bien estratificadas.	Qc + Qc Qd	20 b
BUNTSANDTEIN	50		Areniscas rojas micáceas finas con cemento arcillo-micáceo, con pudingas y conglomerados cuarcíticos en la base. Pizarras y granitos.	Do (Dp)	20 o

Columna estratigráfica del Terciario

E D A D	Espesor (m.)	COLUMNA	DESCRIPCION	Grupo Litológico	
				Fotoplano	1/50.000
AREA DE MONTSANT-ALBI					
OLIGOCENO	250		Conglomerados calcáreos en bancos de 1-6 m. muy cementados y bien estratificados, con intercalaciones areniscosas-arcillosas.	Dc(DaAr)	31 i
	200		Areniscas calcáreas con conglomerados que intercalan arcillas margosas.	Da-Dc(ArQm)	31 h
			Areniscas calcáreas alternando con margas arcillosas-areniscosas rojizas.	Da-QmArDa	31 f
	50		Margas arcillo-yesíferas rojizas alternando con bancos de areniscas y alguno calcáreo.	QmArQy-Da(Qc)	31 c
20		Yesos alabastrinos que intercalan arcillas margosas rojizas.	Qy(ArQm)	31 a	
AREA DE ESPLUGA-B.BLANCAS					
OLIGOCENO	40		Margas arcillosas con areniscas y calizas blancas.	QmAr-Da-Qc	31 g
	80		Margas arcillosas rojizas y areniscas calcáreas.	QmAr-Da(Qc)	31 e
	50		Margas arcillo-yesíferas plásticas.	QmAr(Qy)Da	31 d
	50		Margas arcillo-arenosas rojizas.	QmArDa(Qy+Dc)	31 b
AREA DE TARRAGONA					
MIOCENO	10		Calcarenitas amarillentas masivas fosilíferas.	DoQc	32 d
	60		Areniscas calcáreas amarillentas poco compactas.	Da	32 c
	>30		Margas arcillo-calcáreas nodulosas.	QmArQc	32 o

Columna estratigráfica del Plioceno-Cuaternario

E D A D	Espesor (m.)	COLUMNA	DESCRIPCION	Grupo Litológico	
				Fotoplano	1/50.000
CUATERNARIO	> 6		Playas arenosas actuales.	R3	40 k
	3-5		Arenas y gravas del río Francolí.	A3+GP	40 j
	4		Aluviales limosos.	A4, a4	40 i
	5		Mantos aluviales limo - organógenos.	A4	40 h
	1-4		Aluviales arenosos.	A3, a3	40 g
	< 3		Coluviales arenosos y limosos.	c3, c4, c3-4	40 f
	0,5-3		Coluvio - aluviales areno-limosos.	(a+c)3-4	40 e
	3-30		Coluviones de aglomerados y brechas en taludes fuertes.	CBL+GP	40 d
	2-10		Conos de deyección poligénicos.	D3+GP	40 c
	3,5		Terraza del río Francolí.	T3-4+GP	40 b
	5		Terraza glacis.	Tc3-4+GP	40 a
	PLIO-CUATERN.	3-5		Glacis alto de B. Blancas.	Dz3
5			Glacis bajo de B. Blancas.	Dz4	37 c
PLIOCENO	4		Coluviales margo - arcillosos con cantos calcáreos diseminados.	Dz2	37 a
	4		Costra travertínica con cantos calcáreos con matriz calcarenítica.	Q+Dp	36 b
	> 10		Glacis coluvio - aluviales de granulometría variable.	Dz1	36 a

2.3.2. Geología histórica

La evolución histórica de los materiales a lo largo del tramo ha sido la siguiente:

a) Los materiales más antiguos corresponden a series pizarrosas que intercalan calizas dolomíticas atribuidas al Silúrico-Devónico. Sobre estos sedimentos aparecen pizarras, subgrauvacas, etc., del Carbonífero.

b) Granitización hercínica que origina granitos y granitoides anfibólicos con abundantes silicificaciones de las rocas pizarrosas y que se traduce en una deformación y elevación de los terrenos del Paleozoico.

c) Desde el Paleozoico hasta el Mesozoico Inferior hay una larga etapa en la cual el terreno se peniplaniza.

d) Sedimentación detrítica en el Triás Inferior (facies Bunt) constituido por las peculiares facies rojas de areniscas, con conglomerados cuarcíticos en la base (potencia, 40-100 m.).

e) Sedimentación calco-dolomítica de facies Muschelkalk formada por una serie bien estratificada de bancos calcáreos y calco-dolomíticos (potencia, 50-80 m.).

f) Sedimentación de materiales detríticos finos y evaporíticos, constituidos por abundantes lutitas versicolares y yesos, característicos de la facies de tipo Keuper (potencia, 40-70 m.).

g) A través de un tránsito margo-dolomítico se depositan abundantes dolomías bien estratificadas, azoicas, que por su «situación lito-estratigráfica» pueden ser atribuidas al Lías Inferior (potencia, 60-100 m.).

h) La serie mesozoica culmina en esta área con depósitos margo-dolomíticos en estratos de variable potencia, que pueden ser atribuidos al Lías Superior o Jurásico Inferior (potencia, 20-40 m.).

i) Levantamiento durante el Jurásico en la zona de Prades-Miramar; esto hace que exista un hiato estratigráfico desde el Jurásico Inferior hasta el Terciario Inferior. Hacia el NE. este levantamiento va perdiendo gradiente, lo que hace que no sólo aparezcan series más completas del Jurásico, sino que el Cretácico esté presente con potentes formaciones (Aptense-Albense-Cenomanense).

j) En el Terciario Inferior se manifiesta una tectónica de bloques que se traduce en un ascenso topográfico de gran parte de los macizos paleozoicos-mesozoicos. Esto origina grandes aportes de tipo continental a causa de una morfología muy acusada. Los primeros materiales son muy someros, arcillo-yesíferos con intercalaciones calcáreas, e indican un primer período de gran tranquilidad (Eoceno).

k) En el Oligoceno Inferior tienen lugar nuevas reactivaciones del zócalo paleozoico, que se traducen en un levantamiento de las masas graníticas a favor de estructuras tipo horst, que afectan hasta los materiales del Terciario Inferior, con sistemas de fracturas paralelepédicas y romboidales.

l) Durante el Oligoceno, estas estructuras de horst se manifiestan de una forma pulsacional, lo que da lugar, sobre todo en las zonas de borde, a potentes formaciones detríticas gruesas (conglomerados calcáreos) que alternan con otras más finas, areniscas y arcillas, con intercalaciones salobres. Hasta el Mioceno ha seguido perdurando esta sedimentación rítmica.

m) Los sedimentos del Mioceno de la cuenca del Ebro se depositan en la zona del tramo discordantemente sobre el Oligoceno en una fase de mayor tranquilidad, lo que da lugar a sedimentos de tipo continental: detríticos finos, carbonáticos y sales. Por convergencia de facies, estos sedimentos son difíciles de separar de los del Eoceno-Oligoceno, salvo en las zonas de borde.

n) Al mismo tiempo que se deposita el Mioceno de la Cuenca Continental del Ebro, tiene lugar, en la parte E. y SE. de las sierras paleozoicas-mesozoicas, una sedimentación subaérea a modo de grandes mantos coluvio-aluviales (glacis), que con continuidad se superponen unos a otros con pendientes suaves hacia el mar. Este tipo de sedimentación se viene realizando desde el Mioceno Inferior hasta la actualidad.

- o) Transgresión marina durante el Mioceno, depositándose areniscas y calizas areniscosas con abundante fauna.
- p) Durante el Terciario Superior siguen los depósitos tipo glacis, que indentan y convergen con los glacis antiguos y con el Terciario marino.
- q) Durante el Plioceno y Plio-Cuaternario, los glacis son de tipo aluvial; al mismo tiempo tiene lugar el encajamiento de la red fluvial actual.
- r) Formación de terrazas, terrazas-glacis y depósitos aluviales durante el Cuaternario.

2.4. EDAFOLOGIA

Para poder establecer de una manera clara los suelos y formaciones superficiales del tramo, es necesario tener en cuenta los factores climatológicos y geomorfológicos, ya que son estos dos factores los que afectan fundamentalmente al proceso edáfico.

Para la descripción de los suelos vamos a utilizar la división en zonas definidas en el apartado 2.1. En cada zona haremos una breve mención del clima, indicando a continuación los tipos de suelos que han podido distinguirse.

ZONA NORTE

El clima de esta zona es prácticamente de tipo continental, con precipitaciones escasas, por estar aislado de la influencia marina por las sierras de Prades y Miramar. Los suelos de la zona, salvo excepciones, están poco evolucionados, reflejando claramente los materiales infrayacentes de los que proceden.

Hemos distinguido los siguientes tipos de suelos:

- a) Suelos con un contenido en arcilla menor del 35 por 100, muy permeables, con gravas y arenas de naturaleza calcárea diseminadas; carecen de horizonte orgánico; su máximo espesor se observa en zonas deprimidas; en el esquema a escala 1/200.000, de suelos y formaciones superficiales, se han presentado por NC-1. Se desarrollan sobre los grupos 31 h y 31 i.
- b) Suelos con una cantidad de arcilla superior a los anteriores, sin llegar a alcanzar el 35 por 100, con arenas y limos como constituyentes fundamentales, poco permeables, potencia variable, siendo el nivel orgánico prácticamente inexistente. Se desarrollan sobre los grupos 31 e, 31 f y 31 g. En el esquema correspondiente se ha representado por NC-2.
- c) Suelos de naturaleza arcillosa, desarrollados sobre el grupo 31 d, algo más evolucionados y con mayor contenido de arcilla que los anteriores, presentando gravas y arenas calcáreas diseminadas. Se han representado por C-1.
- d) En las áreas deprimidas al norte de la zona se desarrolla un tipo de suelos caracterizado por la presencia de un horizonte muy rico en materia orgánica. Estos suelos están condicionados por el escaso drenaje de dichas áreas y por un nivel freático próximo a la superficie. Se han representado por C-3 en el citado esquema de suelos y formaciones superficiales.

ZONA CENTRO

Las características geomorfológicas de esta zona son desfavorables para el desarrollo de suelos potentes. Si exceptuamos los desarrollados sobre los grupos del Oligoceno, no existen auténticos suelos en esta zona. La mayoría de las formaciones superficiales son eluviales cuyas características responden más a una alteración mecánica del material infrayacente que a un proceso edáfico complejo. Hemos distinguido:

- e) Sobre los oligocenos de la facies de borde se desarrollan suelos análogos al «a)» de la Zona Norte.

f) Suelos limosos caracterizados por la presencia de limos yesíferos, que pueden llegar a tener hasta tres metros en fondos de valle; son muy erosionables y poco permeables. En el esquema han sido representados por L-2. Se desarrollan sobre los grupos 31 a, 31 b y 31 c.

g) Eluviales desarrollados sobre granitos, granitoides y pizarras granitizadas, localmente potentes, arenosos, asimilables a suelos no coherentes, permeables y muy erosionables, sobre los que se desarrollan bosques de familias de pináceas, típicas de suelos silíceos. En el esquema se han representado por E-1.

h) Eluviales desarrollados sobre áreas de pizarras, de naturaleza limosas, no coherentes, de baja permeabilidad y poca potencia; vegetación tipo monte bajo. Se han representado por E-2 en el esquema.

i) Sobre los mesozoicos de las sierras de Prades y Miramar se desarrolla una serie compleja de materiales eluviales que obedecen a las variadas características tectónicas y litológicas de la zona. La presencia de arcillas expansivas en las facies keuperoides (Lucas, 1962) condicionan el carácter de suelos cohesivos sobreconsolidados de los eluviales desarrollados sobre las zonas de fractura, que hacen aflorar el Keuper pinzado y sobre los afloramientos «in situ» del Keuper.

El resto de los eluviales son de naturaleza arcillosa, poco potentes, con escasa fracción arenosa y poco permeables. Todos estos eluviales se han representado por E-3 en el esquema de suelos y formaciones superficiales.

ZONA SUR

El clima de esta zona es de tipo Mediterráneo, con precipitaciones relativamente escasas. Esta aridez condiciona el desarrollo de costras travertínicas sobre los materiales porosos y permeables. Estas costras, que estabilizan los materiales sueltos sobre los que se desarrollan, son poco permeables.

La génesis de estas costras puede atribuirse a un proceso edáfico de disolución y precipitación de carbonatos, junto con otro de circulación de aguas a través de los niveles porosos, condicionada por la pendiente deposicional de los terciarios y glaciés. En esta zona hemos distinguido los siguientes tipos de suelos:

j) Suelos de arenas calcáreas, travertinizados en superficie, que se desarrollan sobre los terciarios marinos arenosos. Se han representado en el esquema por NC-3.

k) Suelos limosos desarrollados sobre los glaciés conglomeráticos (36 a); presentan un nivel rico en materia orgánica. La travertinización del glaciés condiciona la baja permeabilidad de estos suelos. En el esquema de suelos y formaciones superficiales se han representado por L-1.

l) Suelos limosos con abundante material orgánico, desarrollado sobre las zonas bajas del aluvial del río Francolí y otros aluviales poco importantes del ángulo SO. de la zona. Son bastante potentes y presentan mal drenaje. Se han representado por L-3 en el citado esquema.

m) Suelos arcillosos, localmente con gravas y arenas calcáreas, que presentan caracteres de alta plasticidad cuando están embebidos en agua, lo que ocurre normalmente en zonas deprimidas. En el esquema correspondiente se han representado por C-2. Se desarrollan sobre los terciarios continentales margosos (32 a).

2.5. GRUPOS GEOTECNICOS

2.5.1. Introducción

En el presente apartado se realiza una clasificación geotécnica de los distintos grupos litológicos enumerados en las columnas estratigráficas (2.3.1.). Se acompaña en el apartado 2.5.2., y se ha efectuado atendiendo

a las características geotécnicas de los grupos litológicos supuestos individualizados, esto es, considerando exclusivamente su litología.

Hemos distinguido así 28 grupos geotécnicos, designados por las letras del alfabeto, y que en general coinciden con los grupos litológicos. Se han realizado, no obstante, agrupaciones en los grupos 13 a, 15 a y 15 b, que constituyen el A; en los 04 a y 01 a, que constituyen el B; en los 31 b y 31 c, que constituyen el K; en los 31 e, 31 f y 31 g, que constituyen el M; en los 36 a y 36 b, que constituyen el T; en los 37 a, 37 b y 37 c, que constituyen el U; en los 40 a y 40 b, que constituyen el V; en los 40 e, 40 f y 40 g, que constituyen el Z₁; y en los 40 h y 40 i, que constituyen el Z₂.

El número de grupos geotécnicos, siempre de acuerdo con el criterio antes señalado, se podía haber reducido aun más, pero por cuestión de orden y claridad de exposición se ha respetado, en general, la columna estratigráfica.

Las características de estos grupos geotécnicos se describen con detalle en los apartados 3.1.3., 3.2.3. y 3.3.3.

En los apartados 3.1.4., 3.2.4. y 3.3.4. de resumen de los problemas geotécnicos de cada zona, así como en el apartado 4, «Conclusiones geotécnicas», se valoran y analizan los principales problemas geotécnicos atendiendo a todos los factores que los condicionan: morfológicos, litológicos, estratigráficos y tectónicos. Es decir, que el comportamiento de cada grupo geotécnico, definido en atención a su litología, se analiza en función del relieve local, del tipo y grado de tectonización, y de las características de los grupos que constituyen su entorno en el afloramiento en cuestión.

2.5.2. GRUPOS LITOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

Grupo 1/50.000	Fotoplanos	Grupo geotécnico	Grupo 1/50.000	Fotoplanos	Grupo geotécnico
40 k	R3	Z ₄	31 i	Dc(DaAr)	O
40 j	A3+GP	Z ₃	31 h	Da · Dc(ArQm)	N
40 i	A4, a4	Z ₂	31 g	QmAr · Da · Qc	M
40 h	A'4		31 f	Da · QmArDa	
40 g	A3, a3	Z ₁	31 e	QmAr · Da(Qc)	L
40 f	c3, c3 · 4		31 d	QmAr(Qy) · Da	
40 e	(a+c)3, 3 · 4		31 b	QmArDa(Qy+Dc)	
40 d	CBI+GP	31 c	QmArQy · Da(Qc)		
40 c	D3+GP	Y	31 a	Qy(ArQm)	J
40 b	T3 · 4+GP	X			
40 a	TC3 · 4+GP		V	28 a	Qd+Qc
			24 b	QmQd · Qc	H
37 c	DZ ₄	U	24 a	Qd	G
37 b	DZ ₃		20 c	ArQm · Qy	F
37 a	DZ ₂		20 b	Qc+QcQd	E
36 b	QtDp	T	20 a	Da(Dp)	D
36 a	DZ ₁				
32 d	DaQc	S	01 b	P'g	C
32 c	Da	R	01 a	Pg	
32 b	DaQc/QmArQc(Dc)	Q	04 a	Fí	
32 a	QmArQc(Dc)	P	15 b	MpPg	
			15 a	Mp	
			13 a	Mp(Qc)	

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.0. ZONAS DE ESTUDIO

Como se ha dicho en el apartado 2.1. (Geomorfología), aparecen en el presente tramo tres grandes zonas con caracteres geomorfológicos muy definidos.

Zona 1.—Terciario Continental (Norte).

Zona 2.—Sierras paleozoicas-mesozoicas (Central).

Zona 3.—Campo de Tarragona (Sur).

Su amplitud y situación relativa se esquematiza en la figura 10.

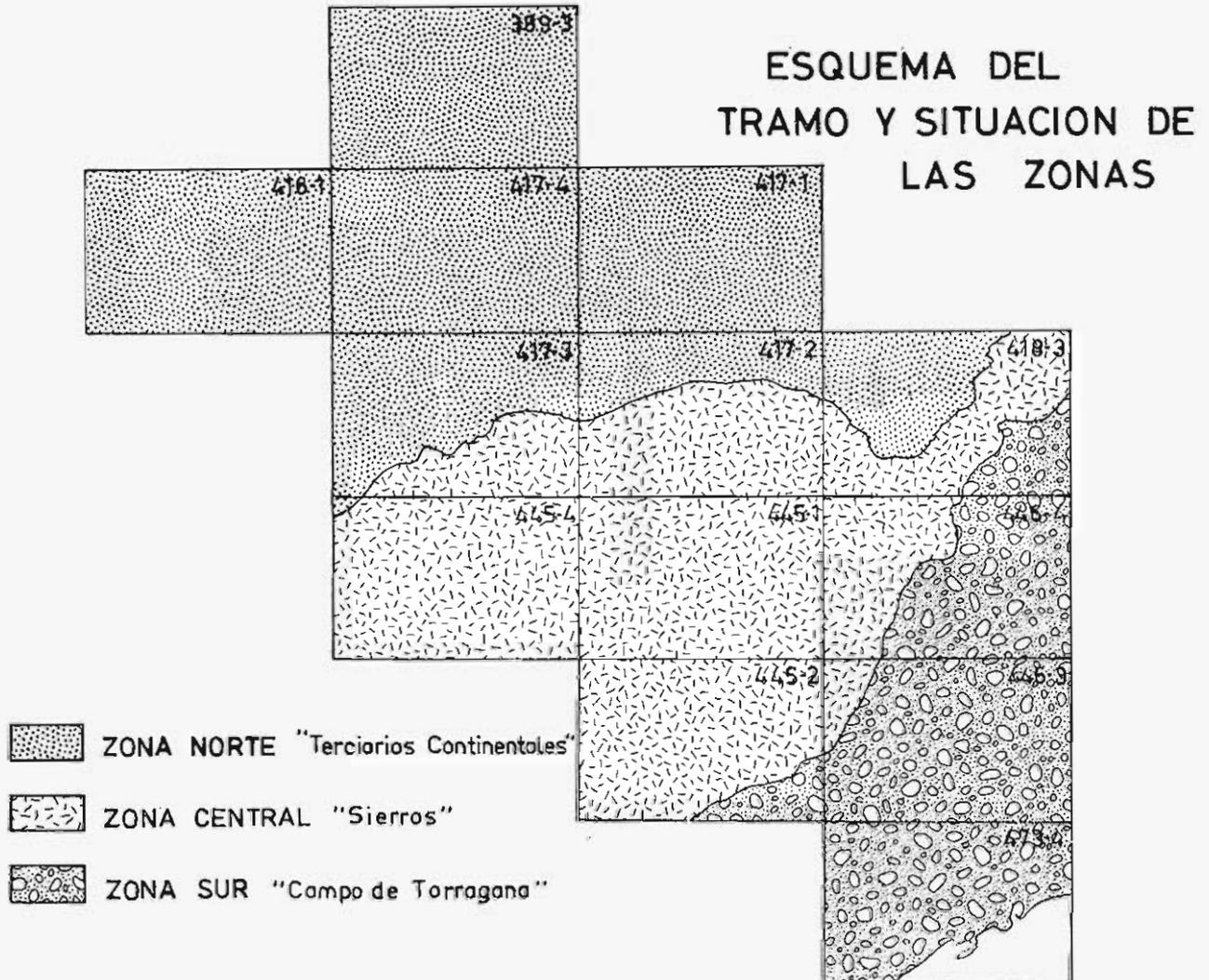


Fig. 10. Esquema de situación de las distintas zonas en el tramo.

3.1. ZONA 1.—TERCIARIOS CONTINENTALES (NORTE) (fig. 11)

3.1.1. Geomorfología y tectónica.

La Zona Norte comprende una gran unidad geomorfológica situada al Norte de las sierras paleozoicas mesozoicas, constituida por materiales de borde de cuenca.

Esta zona pertenece a su vez a una unidad geológica mucho mayor, como es la cuenca del Ebro, correspondiendo a una pequeña parte de ella y constituida por materiales con facies continentales que abarcan desde el Terciario Inferior hasta el Superior (Eoceno-Plioceno).

Esta cuenca, de características continentales, fue originada a consecuencia de la elevación durante el Terciario Inferior de los materiales graníticos-paleozoicos y, por consiguiente, de los sedimentos mesozoicos que los recubrían. Se originó así una gran barrera natural que aisló a la futura cuenca del Ebro, localizada al N.NO., del mar abierto, localizado al S.SE.

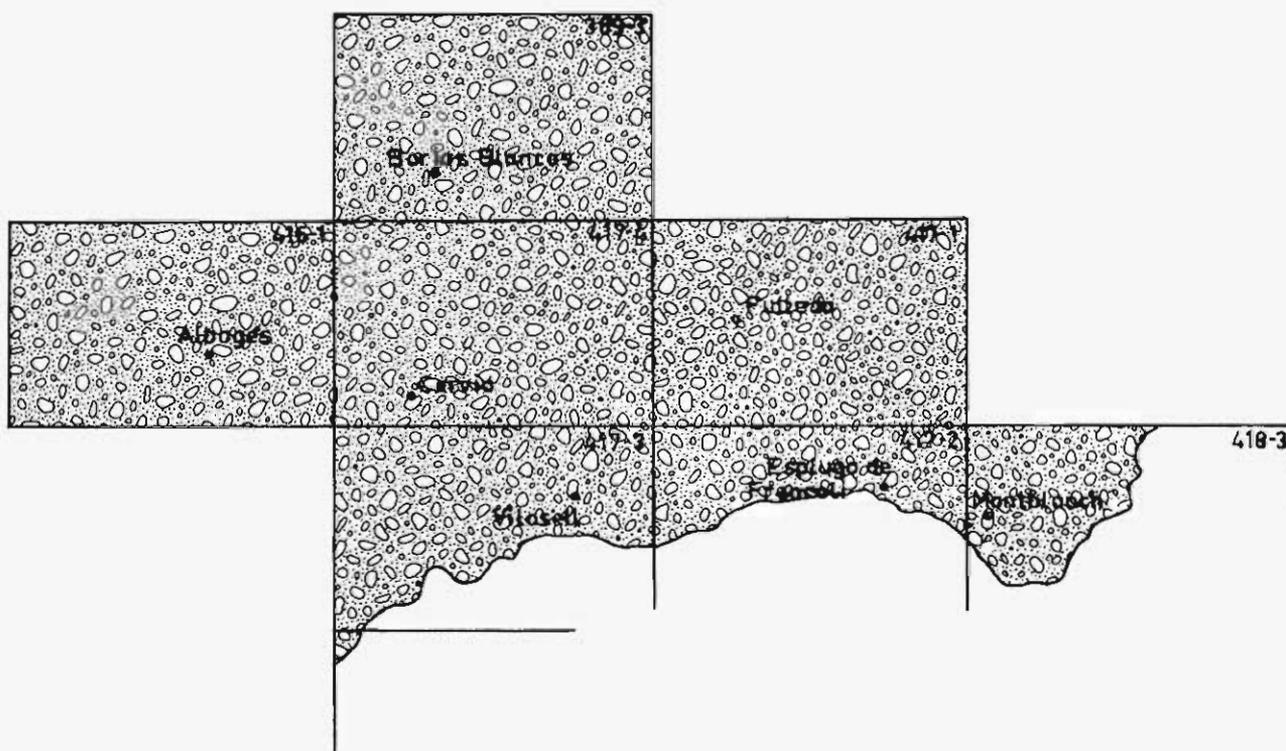


Fig. 11. Esquema de situación de la Zona 1. (Terciarios Continentales)

La geomorfología de la zona ha sido consecuencia de la evolución tectónica-sedimentológica de esta cuenca continental. El levantamiento de las sierras ha originado abundantes materiales detríticos, de granulometría muy variada, que han ido evolucionando espacialmente y a través de los tiempos terciarios (fig. 12). Estas facies sedimentarias han condicionado la morfología actual del tramo en esta zona. Así, encontramos relieves relativamente fuertes en áreas de bordes de cuenca, en donde se localizan potentes formaciones conglomeráticas muy cementadas; relieves intermedios que corresponden a facies más alejadas del borde, constituidas por una alternancia de materiales coherentes (calizas y calcarenitas) y otros blandos (margas arcillosas y yesíferas); y por último, relieves suaves (fig. 13) constituidos por facies sedimentarias finas con evaporitas y que se desarrollan

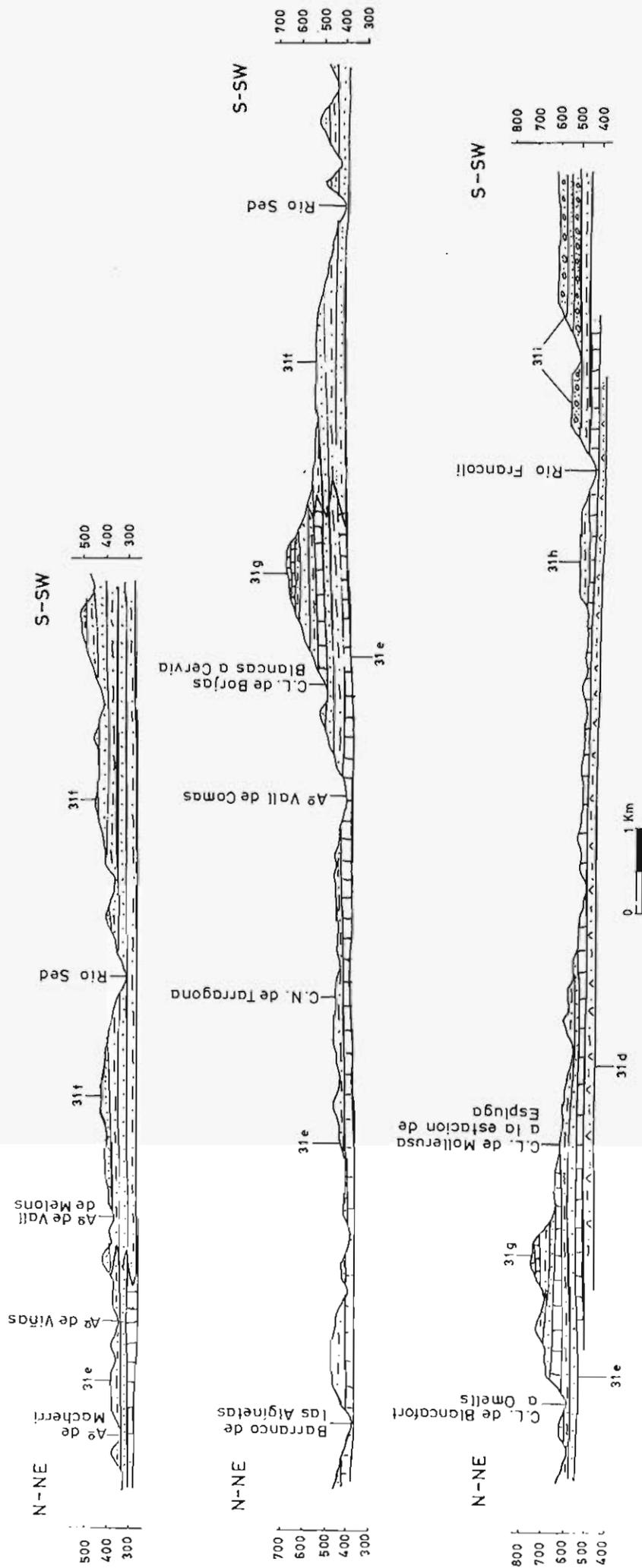


Fig. 12. Cortes geológicos de la Zona Norte con los caracteres morfológicos y litológicos más acusados.

en dos áreas: una de tipo longitudinal en el borde las sierras, y la otra, más alejada, en el interior de la cuenca, que corresponde a una evolución hacia una sedimentación más somera de los materiales detríticos.

La tectónica en esta zona está poco patente, excepto en los contactos con la zona de sierras. Aquí, a causa de los fuertes taludes paleozoicos-mesozoicos y a la tectónica pulsacional de los horst, se depositaron los materiales de borde con fuertes pendientes deposicionales. Estos acusados buzamientos, añadidos a las reactivaciones de las estructuras antiguas durante el Terciario, motivaron que los contactos, ya de por sí discordantes, entre el Terciario y el Paleozoico Mesozoico se mecanizaran en numerosos puntos, dando origen a que diversos autores interpretaran estos contactos como contactos por falla («gran falla de Poblet»). Estos contactos mecanizados no afectan ni mucho menos a todo el borde de la cuenca y, por supuesto, no profundizan estratigráficamente, por lo que la idea de contacto por falla entre estas dos formaciones debemos desecharla.

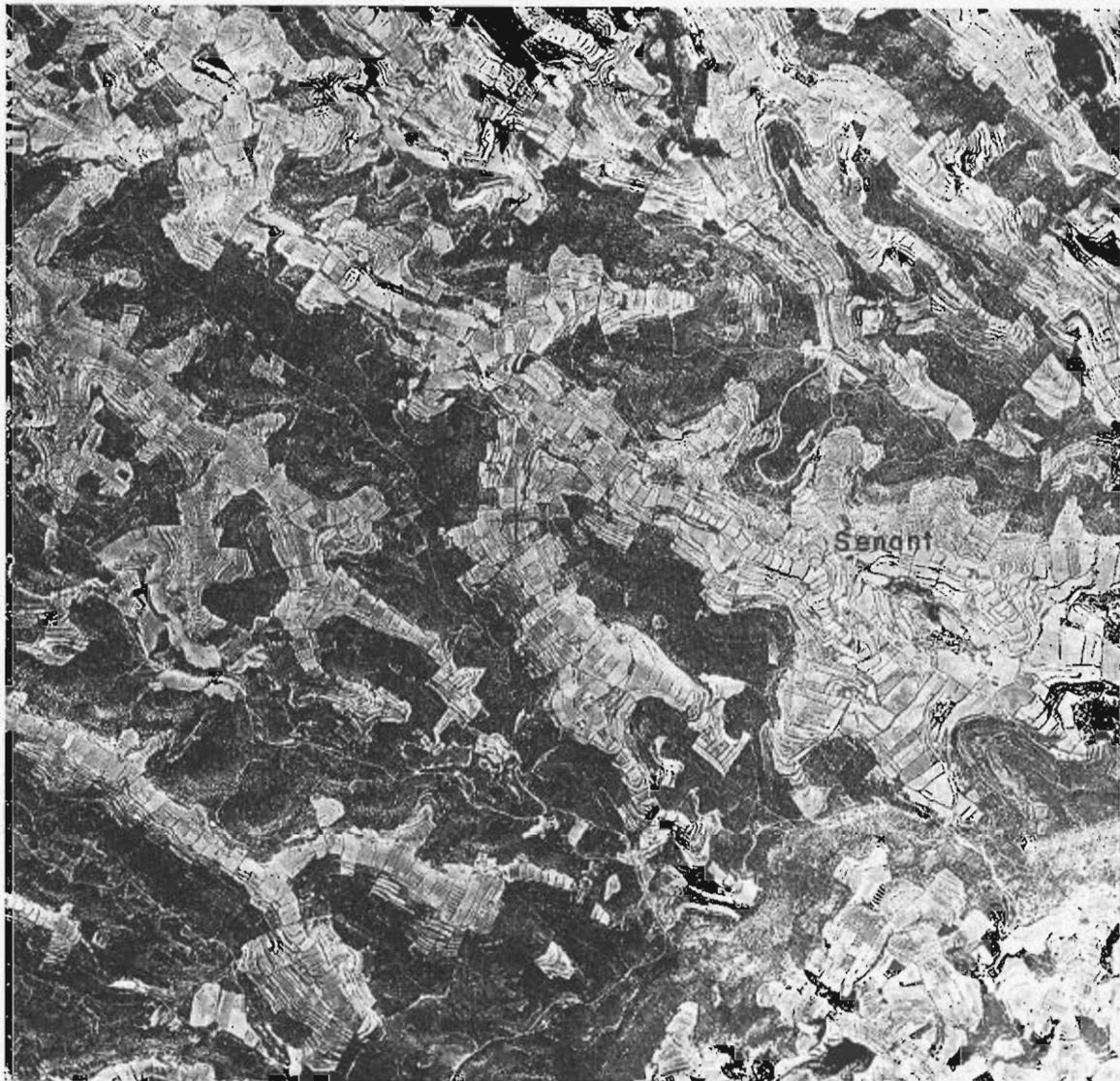
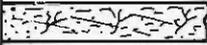
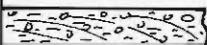
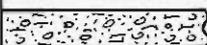
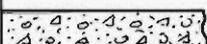
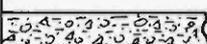
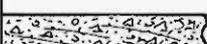
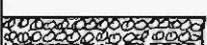
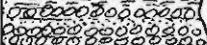
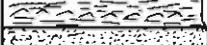


Fig. 13. Foto área de los relieves del Terciario en la Zona Norte.

3.1.2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Columna litológica	Referencia			Descripción	Edad
	Fotoplanos	Mapa 1/50.000	Grupo Geol.		
	A3+GP	40j	Z ₃	Arenas y gravas del río Francolí.	CUATERNARIO
	A4,a4	40i	Z ₂	Mantos aluviales limosos con materia orgánica.	"
	A'4	40h			"
	A3,a3	40g	Z ₁	Aluviales, coluviales y fondos de valle areno-limosos de poca potencia.	"
	c3,c3-4	40f			"
	(a+c)3,4	40e			"
	T3-4+GP	40b	V	Gravas con matriz limo-arenosa de la terraza del río Francolí.	"
	Dz4	37c	U	Glacis conglomerativos de dos niveles de erosión en Borjas Blancas.	PLIO-CUATER.
	Dz3	37b			"
	Dz1	36o	T	Glacis aluvial, conglomerático.	PLIOCENO
	Dc(DaAr)	31i	O	Conglomerados calcáreos muy cementados en bancos potentes.	OLIGOCENO
	Da·Dc(ArQm)	31h	N	Areniscas y conglomerados calcáreos con niveles arcillo-margosos.	"
	QmAr·Da·Qc	31g	M	Margas arcillosas con areniscas y calizas en alternancia e intercalaciones de variable espesor.	"
	Da·QmArDa	31f			"
	QmAr·Da(Qc)	31e			"
	QmAr(Qy)·Da	31d			L
	QmArDa(Qy+Dc)	31b	K	Margas arcillo-arenosas con algún yeso y banco de conglomerado.	"

3.1.3. Grupos geotécnicos

K) MARGAS ARCILLO-ARENOSAS DE ESPLUGA (31 b)

Litología.—Formación de margas arcillo-arenosas de tonos rojizos y algún yeso diseminado, que intercalan bancos de conglomerados calcáreos que lateralmente pasan a calizas o calizas conglomeráticas (fig. 14).

Estructura.—Constituye una formación bastante continua en el contacto de las sierras. Se presenta de bien a medianamente estratificada; buza unos 10-15° hacia el N. Potencia máxima aproximada, 45 metros.

Geotecnia.—El tamaño de las partículas es en general inferior a los 0,7 milímetros (tamiz núm. 200 de la serie ASTM) y la plasticidad puede calificarse como media, englobándose, según Casagrande, en el grupo CL. Cuando tiene como cobertura al grupo 31 h, presenta taludes bastante fuertes. Se sostiene con taludes verticales de casi cinco metros (como ocurre en la carretera nacional entre La Riba y Montblanch). En superficie se muestra bastante alterado y cuarteado, aunque no parece esta alteración atmosférica penetre mucho.

La ripabilidad del grupo es alta y la permeabilidad varía localmente según el contenido de arenas, aunque en conjunto es impermeable. Puede



Fig. 14. Talud del grupo 31 b en la carretera nacional subiendo al puerto de Lilla.

plantear problemas de drenaje superficial, con frecuentes encharcamientos; pues dada su situación, el nivel freático está alto; sin embargo, no se han apreciado problemas especiales en las carreteras existentes.

Dada su erosionabilidad, puede originar el colmatado de las cunetas y contaminación de las bases granulares que puedan utilizarse.

La presencia de yesos no ocasiona, en general, problemas importantes.

En este grupo no se han observado movimientos de terreno, a pesar de que el ligero buzamiento es, a veces, según ladera. En los bordes de las sierras aparecen sobre él coluviales de pequeña extensión localmente poco estabilizados, que pueden ocasionar problemas de inestabilidad local (grupo 36 a, T).

L) MARGAS ARCILLOSAS Y ARENISCAS CON YESOS DISEMINADOS DE BORJAS BLANCAS (31 d)

Litología.—Conjunto formado por margas arcillosas plásticas de tonos pardo-rojizos con yesos diseminados que alternan, sobre todo, hacia el techo, con capas de areniscas calcareníticas muy finas de colores pardo-amarillentos (fig. 15).

Estructura.—Esta formación, que origina relieves suaves, está bien estratificada con estratos subhorizontales que constituyen las laderas de los valles aluviales muy abiertos de la parte N. de la zona (potencia máxima aproximada, 50 m.).

Gectecnia.—Los niveles margosos son bastante ripables; el tamaño de las partículas es, en general, inferior a 0,7 milímetros; el contenido en carbonatos es del orden del 50 por 100, y su plasticidad, de media a alta (I. P. de 15 a 25), pudiendo clasificarse, según Casagrande, como CL-CH. En el área situada al NE. de Espluga de Francolí la plasticidad es mayor hacia el NO. En Borjas Blancas la plasticidad suele ser alta.

En las áreas de menor plasticidad se encuentran taludes verticales de más de cinco metros (C. N. de Montblanch a Borjas Blancas, poco después de la desviación a Senent).

Los niveles de areniscas son bastante heterogéneos en cuanto a la ripabilidad, variando esta de alta a baja.

No hay problemas importantes de desprendimientos de bloques, pues los niveles de areniscas suelen ser poco potentes con relación a los margosos.

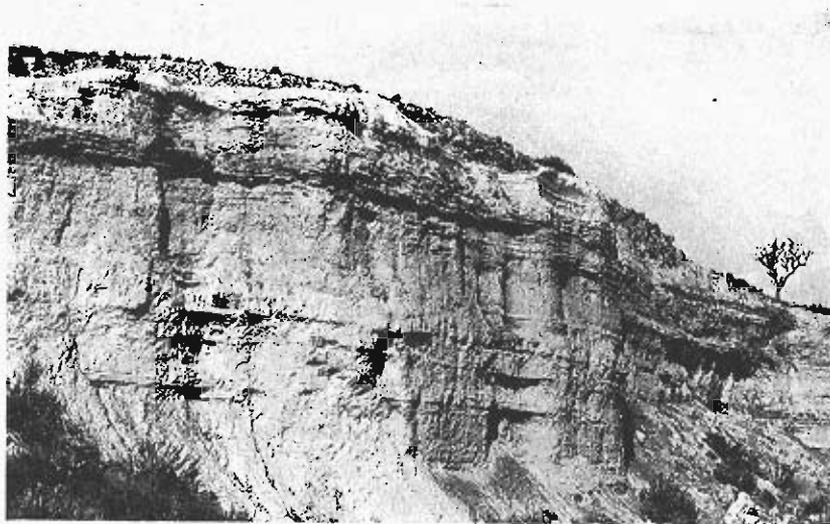


Fig. 15. Margas arcillo-arenosas con algún yeso del grupo 31 d.

La presencia de yesos no plantea, en general, problemas de tipo especial. En los taludes pueden presentarse problemas derivados de la erosión diferencial, análogos a los indicados para el grupo M.

La permeabilidad de la formación es baja y puede plantear problemas de drenaje superficial, sobre todo hacia el centro y norte de los afloramientos, donde se aprecian frecuentes encharcamientos.

M) MARGAS ARCILLOSAS, ARENISCAS Y NIVELES DE CALIZA (31 e, 31 f y 31 g)

Litología.—Grupo geotécnico de litología variable, pero con caracteres geomorfológicos-geotécnicos análogos.

Está constituido por alternancias e intercalaciones de margas arcillosas de colores rojizos-parduzcos, areniscas calcáreas finas y algunas calizas blancas (fig. 16).



Fig. 16. Areniscas y margas arcillosas del grupo 31 e, en Montblanquet.

Estructura.—Conjunto en general bien estratificado y subhorizontal a causa de los bancos de areniscas compactas y los lechos y capas de calizas. Constituye relieves de moderados a acusados, de estructura generalmente tabular. Potencia, 40-100 metros.

Geotecnia.—Los paquetes margosos tienen alta ripabilidad. Su plasticidad es, en general, baja. El tamaño de las partículas es inferior a 4 milímetros, predominando las inferiores a 0,7 milímetros; se pueden clasificar, según Casagrande, en el grupo ML.

Los paquetes de areniscas son bastante heterogéneos en cuanto a su ripabilidad; a pesar de encontrarse puntos en que es muy baja, se pueden calificar como no ripables, salvo en aquellas áreas en que el espesor es pequeño en relación con el de los niveles margosos, como ocurre hacia el Noroeste y en algunos puntos del centro.

Los cerros aparecen cubiertos por paquetes de areniscas bastante potentes, muy cuarteadas en los bordes, y en algunos lugares se curvan, o modo de escamas, al quedar descalzados, debido al mayor avance de la erosión en los paquetes margosos. En las laderas aparecen frecuentemente bloques desprendidos de la coronación de los cerros en algunos puntos del centro de la zona y hacia el SE., donde se observan bloques de hasta 3 metros de diámetro (fig. 17). En ellas los niveles de areniscas suelen ser menos potentes, desarrollándose los fondos de valle en los niveles más margosos.

A pesar de que la frecuencia de los desprendimientos de bloques antes señalados es elevada, debe preverse su peligrosidad hacia el SE. y en algunos puntos del centro de la franja que constituye el grupo B. Se deben evitar en lo posible las laderas recubiertas por bloques, así como los bordes de los cerros y las mesas en que es claro el asiento diferencial apuntado, y en todo caso prever los problemas que plantean.



Fig. 17. Grandes bancos de areniscas del grupo 31 f con algunos descalces, en Albagés.

Hacia el NE. y en el centro, los niveles margosos suelen ser más potentes que los de areniscas, y las coronaciones planas de los cerros son más estables. Sin embargo, permanece el problema de desprendimientos de bloques de pequeño tamaño en los taludes que se realicen por erosión de los niveles margosos, con un avance progresivo de los mismos y consiguiente acumulación de materiales en las cunetas.

En general no existirán problemas de drenaje, salvo en algunos fondos de valle más arcillosos.

Debe destacarse la existencia en la parte central y al NE. del grupo, de un nivel de calizas (31 g) de bastante extensión y de potencia superior a los 5 metros. En su explotación posiblemente darán bastante porcentajes de finos debido al alto contenido margoso, por lo que serían precisos ensayos adecuados.

N) ARENISCAS Y CONGLOMERADOS DE ALBI (31 h)

Litología.—Conglomerados calcáreos medianamente cementados que alternan con areniscas calcáreas y niveles arcillo-margosos de colores pardo-rojizos. Los cantos son de subangulosos subredondeados, oscilando el tamaño medio entre 2 y 6 centímetros (fig. 18).

Estructura.—Bien estratificados en bancos de variables espesor, de 0,3 a 3 metros, y buzamientos variables según su proximidad a la zona de sierras (área madre).

Geotecnia.—Las intercalaciones margosas tienen poco espesor, son po-

co compactas y de alta ripabilidad. Los niveles de conglomerados presentan baja ripabilidad; son bastante heterogéneos en cuanto a la fragilidad, variando de puntos de alta fragilidad a otros muy bien cementados. Los bordes topográficos y las capas superiores aparecen bastante redondeados y cuarteados.



Fig. 18. Conglomerados calcáreos y areniscas del grupo 31 h, cerca de Vimbodi.

La permeabilidad de la formación es baja, pero el drenaje superficial está, en general, suficientemente asegurado. Se exceptúan algunos lugares que se desarrollan en un nivel margoso excepcionalmente potente y algunos fondos de valle que se suelen presentar hacia el N. y O. del grupo.

Dada la disposición subhorizontal del conjunto, excepto en los bordes de las sierras, no deben esperarse problemas de corrimientos. Los taludes naturales que presentan son en altura y pendiente crecientes hacia el S., variando de casi verticales a unos 35°, siempre altos. En general admitirán taludes subverticales, salvo en las áreas en que los niveles margosos sean de espesor superior al medio.

Los bordes de los cerros son bastante inestables, dado el cuarteamiento que presentan, y las laderas aparecen recubiertas con frecuencia de bloques caídos, bastante grandes y poco estabilizados.

Hacia el N., donde los niveles margosos son más potentes, pueden presentarse problemas constructivos y de explotación derivados de la erosión diferencial.

Otro problema puede radicar en la posible existencia de acuíferos a media latera.

O) CONGLOMERADOS DE POBLA DE CIERVOLES (31 i) (fig. 19)

Debido a que este grupo litológico-geotécnico adquiere una mayor importancia en la Zona Central, se describe en el apartado 3.2.3. (O).

Señalamos, no obstante, que sus características geotécnicas en esta zona son similares a las indicadas para el grupo N), pues se presentan en estratificación subhorizontal (al N. de la zona de flexión de los estratos). Los taludes naturales son en general más altos y de mayores pendientes, y los problemas derivados de las intercalaciones margosas se reducen por el menor espesor de éstas.



Fig. 19. Conglomerados del grupo 31 i algo replegados, cerca de Poblá de Ciérvoles.

T) COLUVIALES-GLACIS DE POBLET (36 a)

Litología.—Materiales coluvio-aluviales constituidos por sedimentos de granulometría muy variable, que oscilan desde piedemontes de cantos y bloques hasta microconglomerados con abundante matriz areno-límbosa. Están algo encalichados en superficie (fig. 20).

Estructura.—Estructura típica de mantos coluviales tipo glacis aluvio-coluvial, con pendientes de 5 a 10°. Convergen con las terrazas y aluviales del río Francolí (potencia aproximada, 4 m.).

Geotecnia.—Constituyen una serie de manchas de pequeña extensión en el S. de la zona. Las costras superficiales los estabilizan, por lo que la capacidad portante es en general aceptable. No obstante, en los puntos de mayor espesor presentan problemas de deslizamientos, y los taludes son

en general bastante inestables por su fácil erosionabilidad (así, carretera de Espluga a Prades, cerca del cruce con el barranco de la Argentada).

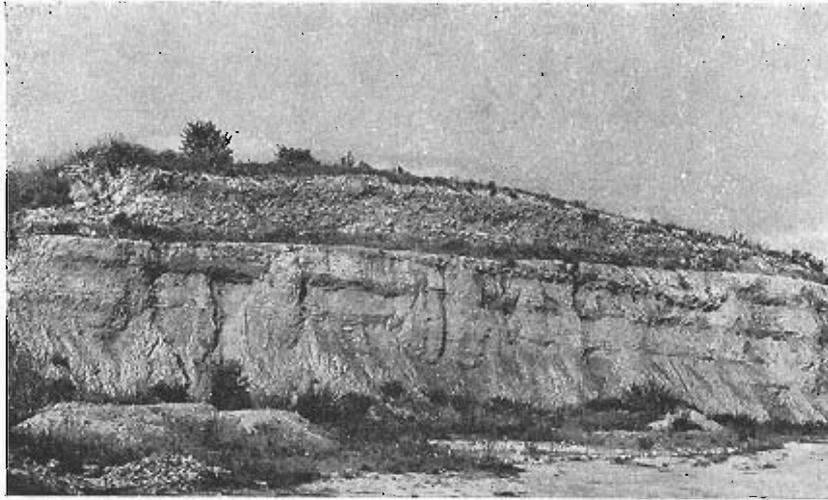


Fig. 20. Terraza-glacis (grupo 40 a) cerca de Espluga de Francolí que descansa sobre el grupo 31 d.

La ripabilidad es alta en las partes superiores encalichadas, cuyo espesor es variable. La permeabilidad del conjunto es en general alta y no presenta problemas de drenaje.

U) GLACIS DE BORJAS BLANCAS (37 b, 37 c)

Litología.—Conglomerados y microconglomerados polimícticos, fundamentalmente calcáreos, con abundante matriz areno-limosa y diferencialmente cementados (fig. 21).

Estructura.—Corresponden a dos niveles geomorfológicos. El 37 b, el más alto, es más suelto y más conglomerático que el 37 c, siendo su potencia de 3 a 5 metros, y fosiliza al grupo 31 d. El grupo 37 c corresponde al glacis de media ladera, de suave pendiente, algo más cementado que el 37 b y con una potencia de 5 metros.

Geotecnia.—Confieren cierta estabilidad a las formaciones terciarias (31 d), a las que fosilizan generalmente en estructuras tabulares. La permeabilidad es de media a alta; son localmente ripables, con buen drenaje por infiltración; taludes naturales bajos. Constituyen algunos yacimientos granulares en el área de Borjas Blancas.

V) TERRAZA DEL RIO FRANCOLI (40 b)

Litología.—Terraza baja del río Francolí, constituida por materiales polimícticos de conglomerados y matriz arenosa.

Estructura.—Típica de terraza, con poco desarrollo superficial; pasa lateralmente a coluviales de tipo glacis. Potencia, 3-4 metros.

Geotecnia.—Los materiales de este grupo son poco coherentes y permeables. Constituyen en algunos puntos yacimientos granulares.

Z₁) ALUVIALES, COLUVIALES Y FONDOS DE VALLE (40 , 40 f, 40 g)

Este grupo geotécnico está constituido por aluviales, coluviales y recubrimientos en general de caracteres limo-arenosos y con potencias menores de 3,5 metros. Las características geotécnicas están definidas por los materiales infrayacentes.



Fig. 21. Glacis (37 c) cerca de Borjas Blancas.

Z₂) ALUVIALES LIMO-ARCILLOSOS CON MATERIA ORGANICA (40 h, 40 i)

Litología.—Son aluviales antiguos de colores oscuros, granulometría muy fina y variable contenido en materia orgánica.

Estructura.—Constituyen, sobre todo el grupo 40 h, amplios mantos aluviales de estructura plana, que fosilizan al Terciario margo-arcilloso (31 d). Potencia, 3-5 metros.

Geotecnia.—Las características geotécnicas son bastante aceptables cuando está seco, pero debido a que el nivel freático está muy alto y la escorrentía superficial apenas tiene lugar, en cuanto llueve son frecuentes los encharcamientos y embarrancamientos, que se mantienen durante bastante tiempo. En tales circunstancias pierde el terreno toda su capacidad portante y adquiere las características de muy plástico, fluyendo entre los dedos con facilidad, con el peligro de asientos importantes.

Debe cuidarse en grado sumo el drenaje en estas áreas y evitar hacer desmontes, manteniéndose siempre por encima del nivel actual del terreno. Con una base suficiente y drenaje adecuado se evitarían los problemas anteriores.

Z.) ALUVIALES DEL RIO FRANCOLI (40 J)

Litología.—Constituyen los sedimentos del lecho del río Francoli, formados por gravas y arenas polimícticas muy sueltas (cantos de calizas, granitos, dioritas, pizarras, etc.).

Estructura.—Lecho poco profundo y de poca extensión superficial, ya que corresponde a la cabecera del río de caracteres casi torrenciales. Potencia, 3-5 metros.

Geotecnia.—Constituyen los mejores yacimientos granulares de todo el tramo.

3.1.4. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la zona

Se indican a continuación los principales problemas geotécnicos en la zona:

- 1.º Al N. de la zona se desarrolla fundamentalmente el grupo Z₂, siendo de destacar en él:
 - Abundante materia orgánica.
 - Encharcamientos superficiales y embarrancamientos; mal drenaje.
 - Problemas de asientos.
 - Plasticidad alta.
- 2.º Hacia el E., S. y SE. de la zona, se desarrollan los grupos O, N y M (31 f), siendo de destacar en ellos:
 - Taludes regresivos por efectos erosivos diferenciales.
 - Desprendimientos de bloques e inestabilidad de los ya caídos.
 - Posibles acuíferos de pequeña cuantía a media ladera.
- 3.º Hacia el centro y oeste de la zona se desarrolla el grupo M (31 e y 31 g), siendo de destacar en él:
 - Problemas similares a los del 2, pero en menor escala, salvo en algunas zonas muy localizadas.
 - Nivel de calizas canterables en el grupo 31 g, con bastantes finos en el machaqueo.
- 4.º En el N., en el O. y SE. se desarrolla el grupo L (31 d), siendo de destacar en él:
 - Encharcamientos superficiales; mal drenaje.
 - Plasticidad de media a alta.
 - Erosionable y alterable.
 - Problemas de erosión diferencial en los taludes.
- 5.º En el S. se desarrolla el grupo T (36 a) en tres manchas, siendo de destacar en él:
 - Inestabilidad de los taludes.
 - Erosionabilidad alta.

- 6.º En el S. se desarrollan varias manchas del grupo K (31 b), siendo de destacar en él:
- Plasticidad media.
 - Permeabilidad baja.
 - Alterable y erosionable.

3.2. ZONA 2.—SIERRAS PALEOZOICAS - MESOZOICAS (CENTRAL) (fig. 22)

3.2.1. Geomorfología y tectónica.

Como se ha explicado en el capítulo de geomorfología, esta zona de sierras ha tenido una capital importancia en la evolución geomorfológica de gran parte del tramo; pues su existencia, desde los tiempos del Terciario antiguo, ha condicionado en ambas vertientes de la sierra dos áreas de caracteres geomorfológicos muy peculiares.

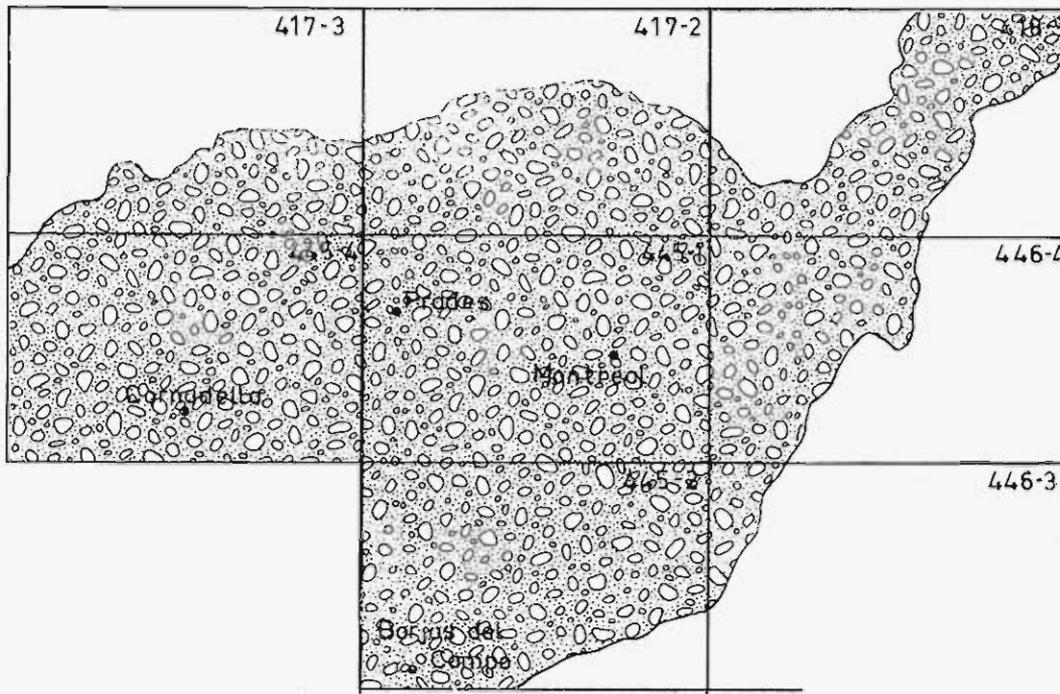


Fig. 22 Esquema de situación de la Zona 2. (Sierras)

Constituye una zona de relieves muy acusados, formados por un zócalo paleozoico, granitizado diferencialmente, y por sedimentos mesozoicos (Trías y Lías). En la parte occidental los relieves están formados, en gran parte, por sedimentos del Terciario (sierra de Monsant).

La tectónica alpina, los caracteres litológicos y la erosión pliocuaternaria han condicionado dentro de esta gran unidad geomorfológica unas estructuras de relieves muy característicos y que ya han sido descritos en el apartado 2.1.2. (unidades geomorfológicas) (fig. 23).

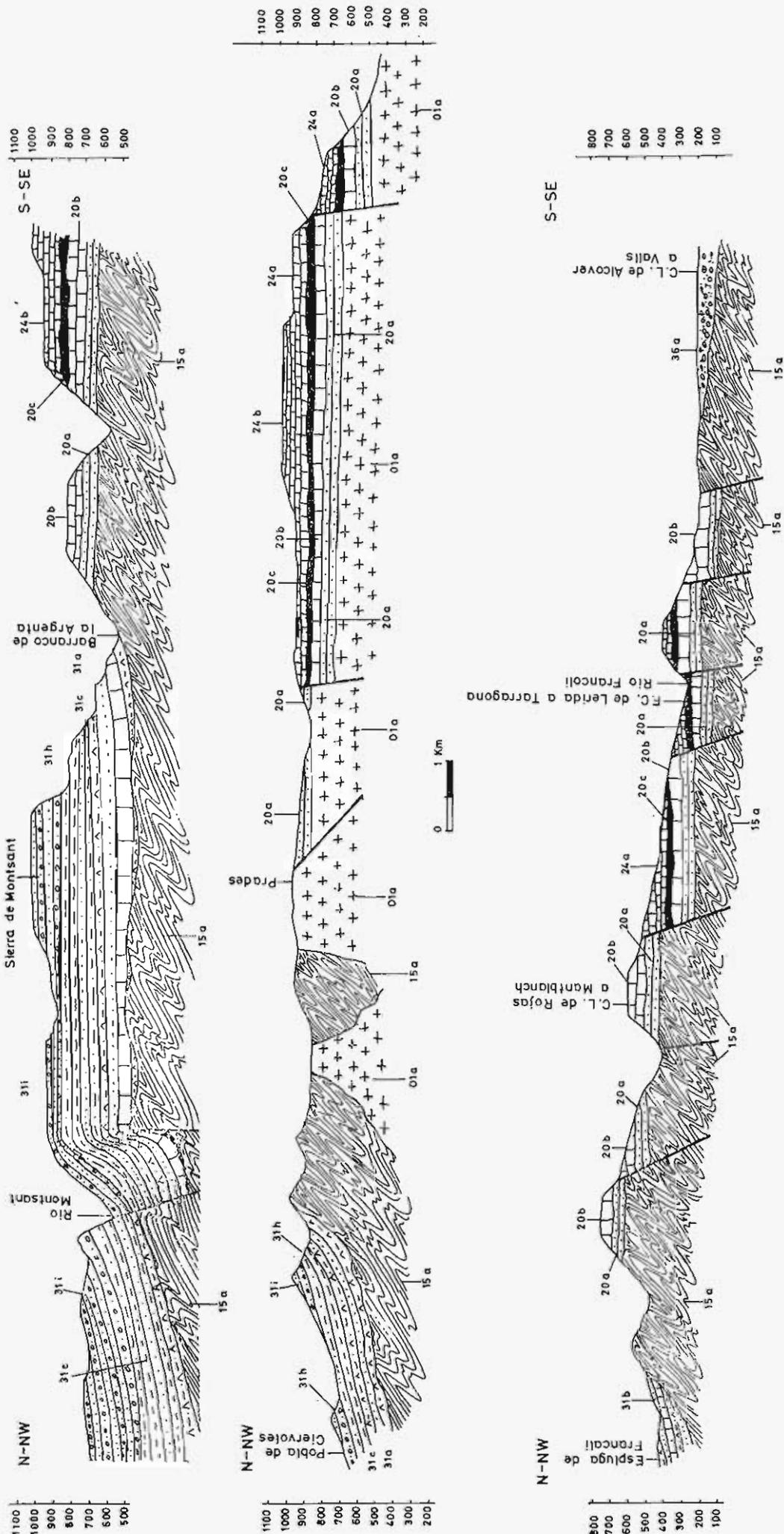


Fig. 23. Cortes geológicos generales de la zona 2 (Central) con los caracteres monológicos y mológicos más acusados.

En aquellos lugares donde las series sedimentarias están más completas, como en La Musara, la morfología es tabular-escalonada a causa de la tectónica tipo horst, que, junto con los deslizamientos gravitacionales, origina que se repitan las series litológicas en la vertical. Corresponden a áreas de taludes fuertes con abundantes materiales de tipo aglomerados brechoides.

Cuando los materiales pizarrosos-graníticos están fosilizados por las areniscas y calizas del Triás, se forman plataformas calcáreas que, debido a la coherencia de los materiales triásicos, defienden de la erosión al sustrato paleozoico. Cuando fosilizan a pizarras silicificadas se forman taludes muy fuertes, como en el área de Castellfullit-Els Plans, Ciurana, etc.

Cuando el zócalo paleozoico no está recubierto por materiales del Mesozoico, la morfología del relieve suele ser menos acusada, con cerros topográficamente más bajos y de pendientes más suaves. Se exceptúan aquellas áreas donde el Paleozoico está fuertemente silicificado, como ocurre al S. de Poblet, en el área de Castellfullit, donde la morfología agreste está modelada por pizarras cuarcíticas y granitoides de diaclasado vertical.

Estas sierras, alineadas en sentido NE.-SO., están atravesadas por el río Francolí. Es un típico caso de proceso de epigénesis, en que el cauce del río, evolucionando en la parte N. hacia el S., al llegar a las sierras recubiertas por el Oligoceno se encaja primero en estos materiales y luego, más tarde, en los del Paleozoico. Este encajamiento ha sido facilitado por las inflexiones diferenciales ocasionadas por los empujes ascensionales de la tectónica tipo horst; así, el cauce del río se ha abierto paso aprovechando las inflexiones de La Riba (foto de la portada y fig. 24).

Como se ha adelantado en el subcapítulo 2.2., «Tectónica», los procesos tectónicos originan en esta zona diversas facies estructurales y que corresponden a ciclos bien diferenciados:



Fig. 24. Inflexión de las dolomías del Lías en La Riba, que ha facilitado el curso del río Francolí.

- Tectónica hercínica, con granitización y abundantes fracturas en los materiales pizarrosos y graníticos.
- Tectónica alpina, durante el Terciario Inferior, con abundantes estructuras tipo horst.
- Tectónica reciente, en la cual incluimos los deslizamientos y hundimientos.

La tectónica alpina y la de deslizamientos son la causa de que aparezcan, en los fondos de valle, numerosos retazos aislados, de calizas del Muschelkalk y dolomías del Lias, en contactos mecanizados con el paleozoico pizarroso (fig. 25).



Fig. 25. Placas calco-dolomíticas que se han deslizado hasta el nivel de glacis en Fontscaldes. 1) Paleozoico; 2) Muschelkalk; 3) Keuper; 4) Lias; 5) Oligoceno; 6) Glacis; y 7) placas calcáreas alóctonas.

3.2.2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Columna litológica	Referencia			Descripción	Edad
	Fotoplanos	Mapa 1/50.000	Grupo Geot.		
	A3+GP	40j	Z ₃	Arenas y gravas del río Francolí.	CUATERNARI.
	A3,4	40i	Z ₂	Aluviales limo-arenosos.	"
	c3,c3.4	40f	Z ₁	Coluviales y fondos de valle arenolimosos poco potentes.	"
	(a+c)3.4	40e			"
	CBt+GP	40d	Y	Coluviones de aglomerados y bloques brechoides con matriz fina.	"
	T3.4+GP	40b	V	Gravas con arenas y limos de la terraza del río Francolí.	"
	Dc(DaAr)	31i	O	Conglomerados calcáreos muy cementados en bancos potentes.	OLIGOCENO
	Da-Dc(ArQm)	31h	N	Areniscas y conglomerados calcáreos con niveles arcillo-margosos.	"
	QmArQy-Da(Qc)	31c	K	Margas arcillosas yesíferas y areniscas con alguna caliza.	"
	Qy(ArQm)	31a	J	Yesos alabastrinos con arcillas margosas.	"
	QmQd-Qc	24b	H	Margas dolomíticas y calizas en estructura tableada.	JURASICO
	Qd	24a	G	Dolomías bien estratificadas.	LIAS
	ArQm-Qy	20c	F	Arcillas margosas abigarradas con yesos sacaroideos y fibrosos.	TRIAS
	Qc+QcQd	20b	E	Alternancia de calizas y calizas dolomíticas.	"
	Da(Dp)	20a	D	Areniscas rojas micáceas con pudingas y conglomerados cuarcíticos.	"
	P'g	01b	C	Rocas graníticas básicas alteradas de relieves suaves.	PALEOZOICO
	Pg	01a	B	Granodioritas, dioritas, pórfidos graníticos y diques de porfiritas básicas.	"
	Ff	04a			"
	MpPg	15b	A	Pizarras diferencialmente granitizadas, con potentes formaciones pizarrosas que intercalan calizas magnesianas.	"
	Mp	15a			"
	Mp(Qc)	13a			"

3.2.3. Grupos geotécnicos

A) PIZARRAS, SUBGRAUVACAS, ETC., CON CALIZAS (13 a, 15 a, 15 b)

Litología.—Potente formación, fundamentalmente «pizarrosa», que comprende las series sedimentarias comprendidas entre el Silúrico y el Carbonífero. Las rocas dominantes son pizarras samíticas, de tonos gris-verdosos, que intercalan hacia la base (Silúrico-Devónico) areniscas pizarrosas y lechos de calizas magnesianas. Hacia el tramo medio aparecen microconglomerados silíceos y subgrauvacas, para terminar con una potente formación de pizarras samíticas con intercalaciones de niveles carbonosos (Carbonífero). Este conjunto pizarroso ha sido diferencialmente granitizado. En él se han incluido pizarras graníticas (15 b) de facies intermedias entre las pizarras y rocas graníticas, constituidas fundamentalmente por pizarras silíceas y cuarcíticas, difícil de cartografiar a causa de la gran diferenciabilidad del proceso (fig. 26).



Fig. 26. Pizarras del grupo 15 a (Carbonífero) cerca de Poblet.

Estructura.—Conjunto bien estratificado, con pizarrosidad generalmente concordante con la estratificación. De poco a medianamente afectado por la tectónica hercínica, que se traduce en numerosas fracturas cerca de las zonas de mayor granitización y en un suave plegamiento de tipo isoclinal. La potencia total de conjunto puede alcanzar los 700 metros. La pizarrosidad está bastante marcada en el área de Prades-Cornudella (fig. 27).

Geotecnia.—Este grupo geotécnico se presenta en cuatro grandes manchas: al N., S. y E. de la sierra de Prades, y al S. de la sierra de Miramar.

Da taludes bastante estables, tendidos y muy altos. La topografía es en general ondulada. Es más brusca en la mancha E.

La alterabilidad depende en la mancha E. del grado de silicificación, y en la S. y N. de la sierra de Prades, de la intensidad de granitización. En función del espesor y características de la zona alterada, el terreno es más o menos impermeable.

Son ripables en la parte superficial alterada. En los cortes existentes se aprecia una mayor alterabilidad en la mancha del S. de la sierra de Miramar y en la del N. de la sierra de Prades. Pudiendo calificarse de poco alterables, en general, las del E. y las granitizadas.

La estabilidad de los taludes dependerá de la dirección de pizarrosidad, admitiendo, en caso de corte contra ladera, cortes verticales altos, algo menos estables en los afloramientos de mayor grado de alterabilidad, pero sin problemas de tipo especial.



Fig. 27. Pizarras del grupo 15a con laeado muy marcado cerca de Prades.

B) GRANITOS S. L. Y PORFIRITAS (04 a, 01 a)

Litología.—Se trata de rocas graníticas con facies mineralógicas y texturales muy diversas. Los tipos más abundantes corresponden a granodioritas de grano medio, subporfídicas, con más o menos cantidad de apófisis más ácidas de pórfidos granodioríticos y sieníticos. En general, las facies básicas corresponden a las rocas más profundas, mientras que las ácidas corresponden a los afloramientos más «altos». En la serie inferior (Devónico) se emplaza una facies de poca extensión de porfiritas básicas brechoideas.

Estructura.—Debido a que corresponden a facies de «poca intensidad» de granitización, presentan, excepto las rocas básicas, texturas que conservan los caracteres de las rocas sedimentarias: seudoestratificación, diaclasado cuarcítico, etc. (fig. 28). En cambio, las rocas más básicas, dioríticas, presentan la típica estructura batolítica en formas de erosión granítica.

Todos los tipos petrográficos presentan fracturas que son continuidad de la serie pizarrosa regional. El conjunto de fracturas delimitan estructuras tipo horst.

Gectecnia.—Los caracteres geotécnicos son función del tipo petrográfico y del grado de diaclasado. Los materiales son en general muy alterables. La permeabilidad es media y en función del grado de diaclasado. La ripabilidad es baja en roca fresca, pudiendo ser localmente muy alta según el grado de alterabilidad y diaclasado.

En la parte N. de la zona presenta taludes variables de 45° a casi verticales y de altura superior a los 50 metros (Castellfullit). Dada la tectonización, da una topografía a modo de crestones separados entre sí por zonas más tendidas que constituyen verdaderos canchales o pedrizas, cuya estabilidad es precaria, constituyendo una zona a tramos bastante inestable.

En la parte S. la tectonización es menor, con topografía más suave, no siendo frecuentes los canchales antes citados.



Fig. 28. Granitos de morfología cuarcítica del grupo 01 a de Castellfullit.

C) DIORITAS Y GRANITOS ANFIBOLICOS DE ALEIXAR (01 b)

Litología.—Este grupo geotécnico está constituido por las rocas graníticas de facies más básicas. Son, en general, granodioritas anfibólicas, cuarzdioritas y dioritas micáceo-anfibólicas de grano medio a grueso y con un constante manto aluvial de alteración (fig. 29).



Fig. 29. Granodioritas anfibólicas alteradas (01 b), en Aleixar.

Estructura.—Estas facies más básicas corresponden al «muro» de las rocas graníticas, por lo que casi siempre ocupan las laderas y fondos del valle. Su morfología es de típico roquedal granítico recubierto por un espeso manto de eluviales. Constituyen dentro del conjunto paleozoico los relieves más suaves.

Geotecnia.—Este grupo es erosionable, permeable y muy ripable. Es arrastrado fácilmente por el agua. El espesor del manto de alteración varía de un punto a otro y es poco predecible. Los taludes se erosionan con facilidad, produciéndose acumulaciones en el pie y avanzando progresivamente.

D) ARENISCAS ROJIZAS DE FACIES BUNT (20 a) (fig. 30)

Litología.—Areniscas rojas de cemento arcillo-micáceo de grano fino, medianamente seleccionadas. Hacia el muro aparecen conglomerados cuarcíticos de cemento arcillo-silíceo, de cantos subredondeados de 4 a 6 centímetros de mediana. En el contacto con el Paleozoico se observan con frecuencia limolitas margosas rojizas.

Estructura.—Las areniscas se presentan con estratificación masiva o en grandes bancos no muy bien delimitados, subhorizontales, pero que se encuentran a muy diversas alturas a causa de la tectónica alpina tipo horst. La potencia oscila entre 40 y 70 metros.



Fig. 30. Areniscas del Bunt (B) y calizas del Muschelkalk (M) sobre pizarras del Paleozoico (P), en Ciurana.

Geotecnia.—Formación muy coherente que admite taludes verticales y muy altos. Baja permeabilidad y ripabilidad. Poco alterables y erosionables por su coherencia y por estar con una cobertura resistente (grupo 20 b). A causa de la mayor erosión de las pizarras infrayacentes, pueden originarse en este grupo, unido al grupo E, algunos desplomes de cierta importancia. De otra manera, no presentan ningún problema digno de mención.

E) CALIZAS DE FACIES MUSCHELKALK (20 b)

Litología.—Grupo constituido por calizas blanco-grisáceas y calizas dolomíticas grises, con algún lecho de margas calcáreas de tonos amarillentos claros.

Estructura.—Conjunto muy bien estratificado en capas de 0,5 a 1 metro de espesor, generalmente subhorizontales, excepto en los valles en donde son frecuentes los klippe en contacto con las pizarras, pudiendo presentar en ellos fuertes buzamientos. La tectónica de horst alpina hace que, como la facies Bunt, se encuentren a diversas cotas.

Geotecnia.—Morfológicamente forman una unidad con el grupo 20 a [D]], constituyendo uno de los conjuntos más estables de zona; origina una morfología característica denominada «Relieves de plataforma» (figura 30).

Da taludes verticales e indefinidos mayores de 40 metros. Buen drenaje por escorrentía o por permeabilidad a través de las fisuras. En los bordes de los taludes aparecen muy fisurados, y, a causa de la mayor erosión de las pizarras sobre las que descansa el conjunto constituido por este grupo y el D) (20 a), se pueden producir por descalce desplomes de cierta importancia, análogos a los que se ha ido produciendo en tiempos pasados y de los que se van alimentando los coluviones de ladera, si bien parecen ser de baja frecuencia.

Constituyen una buena zona de canteras, existiendo en la actualidad varias en explotación, tanto en la formación «in situ», como en las placas caídas al fondo de los valles. Estas placas aparecen más fisuradas por el propio fenómeno de caída.

F) ARCILLAS VERSICOLORS Y YESOS DE FACIES KEUPER (20 c)

Litología.—Conjunto formado por arcillas margo-limosas versicolores, que localmente pueden ser yesíferas, alternando sobre todo hacia el tramo medio, con yesos masivos sacaroideos y fibrosos. La serie comienza y termina con margas tableadas, de tonos amarillentos y de poco espesor.

Estructura.—Debido a la tectónica de pisos y a causa de la incompetencia de estos materiales, es difícil encontrar la serie inalterada. Salvo en el muro y techo más margosos, su estructura es casi masiva, aunque a pequeña escala se aprecian laminaciones por diferente litología (arcillas-yesos) (fig. 31). Potencia, 40-70 metros.

Geotecnia.—Conjunto muy inestable y de baja permeabilidad. Drenaje pésimo; da lugar a la formación de acuíferos a media ladera, con frecuentes encharcamientos superficiales. Alta alterabilidad, erosionabilidad y solubilidad. Taludes bastante bajos y tendidos, poco estables. Este grupo geotécnico es el responsable de los problemas de hundimientos y deslizamientos de bloques que afectan a los materiales suprayacentes. Su inestabilidad es aún mayor cuando estos materiales no están «in situ», pues estos afloramientos autóctonos continúan su movimiento descendente hoy en día, siendo frecuentes deslizamientos y corrimientos de importancia. Los efectos de las características del grupo se pueden comprobar en las carreteras de la zona de La Musara, como en la carretera de Montreal y Capafons, y en la de La Riba a Farena.

G) DOLOMIAS DE LA MUSARA (24 a)

Litología.—Formación monótona constituida por dolomías blanco-grisáceas. Hacia el muro aparecen en tránsito al Keuper margas dolomíticas tableadas de pequeño espesor.

Estructura.—Conjunto muy bien estratificado en capas de 0,3 a 1 metro. Debido a la tectónica alpina y de pisos (deslizamientos y hundimientos sobre el Keuper), es difícil encontrar la serie intacta. Excepto en la plataforma de La Musara, lo corriente es encontrar grandes placas con buza-

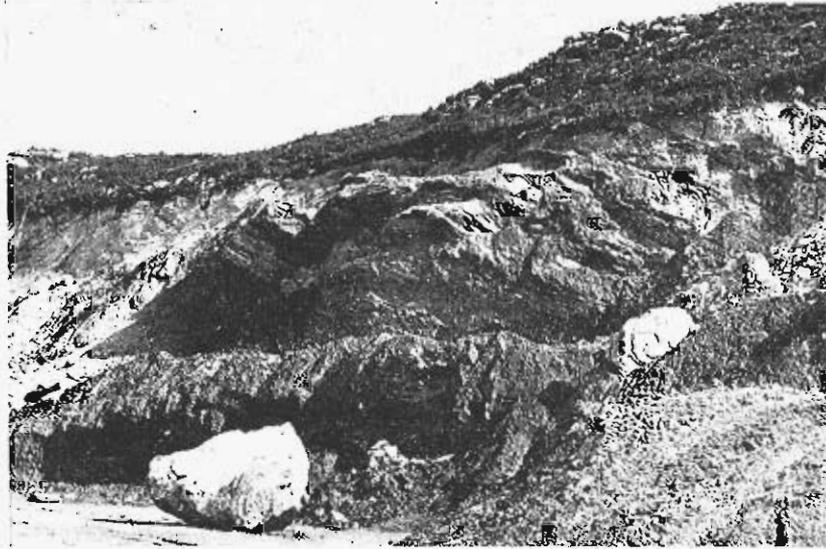


Fig. 31. Arcillas margosas y yesos fibrosos de facies Keuper (20 c), en la carretera de Rojals.

mientos muy variables según la pendiente topográfica. Esto ha originado que aparezcan retazos de dolomías en los fondos de valle, en contactos mecanizados (klippe) con el Paleozoico (fig. 32).



Fig. 32. Dolomías del Lías (24 a), en La Riba.

Geotecnia.—Grupo muy coherente que presenta problemas geotécnicos. Estos provienen por descansar este grupo sobre el 20 c muy inestable. Es permeable por fisuración y constituye una inagotable área canterable de buena calidad. Taludes naturales indefinidos y verticales en los que por erosión diferencial (zona de La Musara) pueden producirse desplomes importantes y cuyos bordes aparecen muy fisurados e inestables. La frecuencia de los citados movimientos es superior a la de los comentados en los grupos D) y E).

H) CALIZAS Y MARGAS DOLOMITICAS DE PUCH-PELATS (24 b)

Litología.—Formación constituida por calizas y margas dolomíticas de tonos amarillentos. Hacia el muro pasa a dolomías más o menos margosas y grisáceas, mientras que hacia el techo son margas blancas-amarillentas.

Estructura.—Estos materiales, que corresponden a sedimentos que culminan la serie mesozoica en esta zona, aparecen bien estratificados en capas y lechos, con frecuentes estructuras flyschoides que originan formas de erosión en graderío. La potencia máxima no sobrepasa los 30 metros.

Geotecnia.—Constituyen materiales poco coherentes de baja permeabilidad y mal drenaje. Ripables en las zonas con facies flyschoides y en general alterables. Taludes naturales de medios a bajos, con pendiente aproximada de unos 25°.

En aquellas zonas, en que por causa de la tectónica de bloques ha quedado en contacto con las facies Keuper [20 c, F)], se presentan grandes problemas de drenaje y estabilidad, siendo frecuentes los repliegues y corrimientos superficiales (así, en la carretera de La Musara a Montreal). En las zonas más altas, sin la proximidad de las facies Keuper y con estratos en general más potentes, los problemas se reducen.

J) YESOS CON ARCILLAS MARGOSAS DE ULLDEMOLINS (31 a)

Litología.—Formación que corresponde a los primeros sedimentos terciarios en la zona de estudio. Está formada por yesos blancos alabastrinos, coherentes, distribuidos irregularmente, que intercalan arcillas margosas pardo-rojizas, localmente con yesos diseminados. Son frecuentes los nódulos y lentejones de sílex (fig. 33).



Fig. 33. Bancos de yesos blancos alternando con arcillas margosas (31 a), cerca de Ulldemolins.

Estructura.—Conjunto mal estratificado, excepto los bancos de yesos, a causa de su composición litológica y de estar fosilizando paleorrelieves pizarrosos, ocupando las depresiones, por lo que tienen que adaptarse a esa morfología. Suele ser un nivel bastante continuo entre las sierras de Monsant y Miramar, aunque en general hacia el E. van perdiendo espesor. Potencia, 20 metros.

Geotecnia.—La importancia del grupo es pequeña dada su extensión. Su ripabilidad es alta, pese a la presencia de nódulos de sílex.

El material es impermeable y soluble, pero no parece que sea esto un gran problema cuando, por ejemplo, se encuentran en Ulldemolins muros realizados con trozos de estos yesos alabastrinos. Los taludes que presenta son bajos y tendidos, pero admitirá, en general, taludes verticales de 2 a 3 metros.

K) MARGAS ARCILLO-YESIFERAS Y ARENISCAS DE ALBARCA (31 c)

Litología.—Margas arcillosas, de colores rojizos, con lechos de yesos fibrosos y cristales diseminados, alternando con capas de calcarenitas de grano fino y de tonos amarillo-grisáceos. Esporádicamente aparece algún nivel de microconglomerados en tránsito a areniscas (fig. 34).



Fig. 34. Margas arcillosas y areniscas con algún conglomerado (31 c), en Albarca.

Estructura.—Formación de unos 50 metros de potencia, de bien a medianamente estratificada, con buzamientos subparalelos a la «paleomorfología» del Paleozoico. Está defendida de la erosión por el grupo 31 h, más coherente (pueblo de Albarca).

Geotecnia.—El conjunto presenta baja permeabilidad; la escorrentía, en general, es deficiente. Los niveles más arcillosos tienen una plasticidad de media a alta, pudiendo clasificarse, según Casagrande, como CI. El drenaje superficial es muy deficiente, siendo frecuentes los encharcamientos.

Se presenta con taludes naturales bajos y tendidos, originando una topografía suave y ondulada. La alterabilidad y erosionabilidad son bastante uniformes y, en general, altas.

Puede presentar problemas por el contenido de sulfatos, tanto propios como adquiridos; pues dada su situación, hacia el fondo del valle acumula materiales arcillosos-yesíferos de otras formaciones. Localmente puede presentar problemas de asentamientos, sobre todo hacia el N.

N) ARENISCAS Y CONGLOMERADOS DE ALBI (31 h)

Este grupo ha sido descrito con detalle en el apartado 3.1.3. N).

En esta zona se desarrolla en dos áreas: una al NO., en el borde de la sierra de Prades, y otra al O., en la base de la sierra de Monsant.

En la segunda área citada se encuentra recubierto por bancos de conglomerados procedentes del grupo O) (31 i) y de sus niveles superiores. Estos son de tamaño variable, desde 0,5 metros a los 2 y 3 metros de diámetro. Están muchas veces en situación bastante inestable y es frecuente la caída de bloques a lo largo de la ladera (carretera de Cornudella a La Morera). Se origina así un área de cierta peligrosidad.

En la primera de las áreas citadas, la extensión es pequeña y no se plantea este problema.

O) CONGLOMERADOS DE LA SIERRA DE MONSANT (31 i)

Litología.—Potente formación de conglomerados calcáreos, muy cementados, con cantos de tamaño y redondez muy variable; estos son de 2 a 10 centímetros, oscilando entre angulosos y sobredondeados. El grado de cementación llega a ser tan acusado que más bien parecen calizas. Presenta intercalaciones de margas arenosas que disminuyen hacia el techo, en donde se confunden con las discontinuidades de los planos de estratificación (fig. 35).



Fig. 35. Parte meridional de la Sierra de Monsant constituida por potentes conglomerados calcáreos (31 i)

Estructura.—Se presenta en capas y bancos de 0,5 a 5 metros de potencia, en general subhorizontales (sierra de Monsant), pero que buzan a veces más de 40° en el N. de esta sierra. Este grupo, por aumento de las intercalaciones areno-margosas, pasa insensiblemente al grupo 31 h infrayacente.

Geotecnia.—Para la descripción de sus caracteres geotécnicos se deben distinguir dos áreas: una al NO. de la zona, en el borde NE. de la sierra de Prades, y otra al O., en el techo de la sierra de Monsant.

Al NE. de la sierra de Prades se presentan buzando hacia el N., y se plantea el problema potencial de corrimientos de los paquetes de conglomerados sobre las intercalaciones margosas. Aquí se observan con frecuencia bloques desprendidos de tamaño variable, que a veces alcanzan los 3 metros de diámetro. Estos dos fenómenos han de tenerse en cuenta en el proyecto de taludes importantes en esta zona, que deberán analizarse cuidadosamente.

En el techo de la sierra de Monsant estos materiales se presentan subhorizontales y no plantean ningún problema especial, a excepción de los periódicos desplomes de los bordes de los cantiles de conglomerados. Este fenómeno es de poca frecuencia, pero se observan en los valles que rodean esta sierra (carretera de Cornudella a La Morera) bloques caídos de gran tamaño.

La permeabilidad del conjunto es baja, pero el drenaje superficial está asegurado por escorrentía superficial y por filtración a través de las fisuras.

Los conglomerados son de baja ripabilidad y poco erosionables; no suelen ser frágiles en el área O., y presentan cierta fragilidad en el área NO. Aunque las intercalaciones margosas son esporádicas, tienen gran importancia en la zona de flexura por sus efectos, ya comentados.

Presentan taludes verticales indefinidos, aunque en la Zona del Norte predominan las pendientes estructurales.

V) TERRAZAS DEL RIO FRANCOLI (40 b)

Los caracteres geomorfológicos y geotécnicos de los materiales de las terrazas del río Francolí en esta zona son análogos a los descritos en la Zona Norte [3.1.3., V)]. Además tienen tan poco desarrollo superficial en esta zona (área entre La Riba y Picamoixons), que omitimos aquí la descripción litológica-geotécnica.

Y) AGLOMERADOS BRECHOIDES DE TALUDES FUERTES (40 d)

Litología.—Conjunto muy heterogéneo de bloques, aglomerados y conglomerados, con matriz poligénica de materiales detríticos y margo-yesíferos originados por desprendimientos y deslizamientos de los materiales dolomíticos del Suprakeuper.

Estructura.—Presenta un aspecto caótico, concentrándose en áreas de fuertes taludes coronados por materiales del Jurárico, que descansan sobre las arcillas y yesos plásticos del Keuper. Esta formación discontinua puede alcanzar los 20 metros de espesor.

Geotecnia.—Dentro de la gran inestabilidad de estos materiales, pues la mayoría se están moviendo, los caracteres geotécnicos dependen del tamaño de los bloques, de la cantidad de matriz arcillo-yesífera, del grado de recristalización y de la pendiente topográfica. Presentan en general drenaje adecuado y ripabilidad diferencial por los factores antes citados.

Existe en ellos el problema de deslizamientos a todas las escalas (por ejemplo, carretera de Alcover a Albiol), desplazamientos según ladera de conjuntos de bloques, e incluso desmoronamientos por arrastre de las partes más finas. Constituye, pues, una formación peligrosa, aunque localmente puede parecer muy estabilizada.

Z₁) COLUVIALES Y FONDOS DE VALLE (40 e, 40 f)

Constituyen recubrimientos superficiales de poca potencia y granulometría fina (areno-limosas) y de características análogas a las ya descritas para el mismo grupo geotécnico en la Zona Norte [3.1.3., Z₁)].

Z₂) ALUVIALES ARENOSOS (40 i)

Ha sido descrito en la Zona Norte [apartado 3.1.3., Z₂)]

Z₃) GRAVAS Y ARENAS DEL RIO FRANCOLI (40 j)

Ha sido descrito en la Zona Norte [apartado 3.1.3., Z₃)]

3.2.4. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la zona

1.º Grupo B:

- Problemas de inestabilidad en las zonas más tectonizadas donde se desarrollan frecuentes canchales.

2.º Grupo C:

- Erosionabilidad alta.

3.º Grupo F:

- Mal drenaje.
- Presencia de yesos; alterabilidad y erosionabilidad.
- Asientos y corrimientos superficiales.
- Causa de grandes hundimientos y movimientos en la zona.
- Inestabilidad general.

4.º Grupo H:

- Mal drenaje; muy erosionable.
- En las áreas flyschoides, en contacto con el Keuper, problemas de repliegues y de corrimientos superficiales.

5.º Grupo O), al N. de la sierra de Prades, con pendientes estructurales:

- Acuíferos a media ladera.
- Problemas de corrimientos de bloques de conglomerados según ladera, a favor de los niveles margosos.

6.º Borde O. de la sierra de Monsant:

- Inestabilidad en las laderas por los recubrimientos de bloques de conglomerados.
- Peligro de desplomes del techo de la sierra.

7.º Borde S. y O. de la sierra de Prades:

- Movimientos en la actualidad.
- Deslizamientos a todas las escalas.
- Peligro de desplomes de los bordes de los cantiles.
- Hundimientos condicionados por las facies Keuper.

8.º Valle entre la sierra de Monsant y la sierra de Prades:

- Problemas derivados de la presencia de yesos.
- Formaciones de plasticidad de media a alta.
- Problemas de drenaje.
- Asientos importantes en algunas zonas.

9.º Grupo G, de la sierra de Miramar y bordes de la sierra de Prades,

- Áreas en general muy tectonizadas y fracturadas.

3.3. ZONA 3.—CAMPO DE TARRAGONA (fig. 36)

3.3.1. Geomorfología y tectónica

Los caracteres geomorfológicos de esta zona vienen definidos principalmente por el gran desarrollo de los glaciares de erosión. A su vez, éstos



Fig. 36. Esquema de situación de la Zona (3).

han sido condicionados por la evolución morfoestructural de los relieves de la zona 2, por la climatología regional, y por su evolución desde los tiempos pre-glaciares hasta la actualidad (fig. 37).

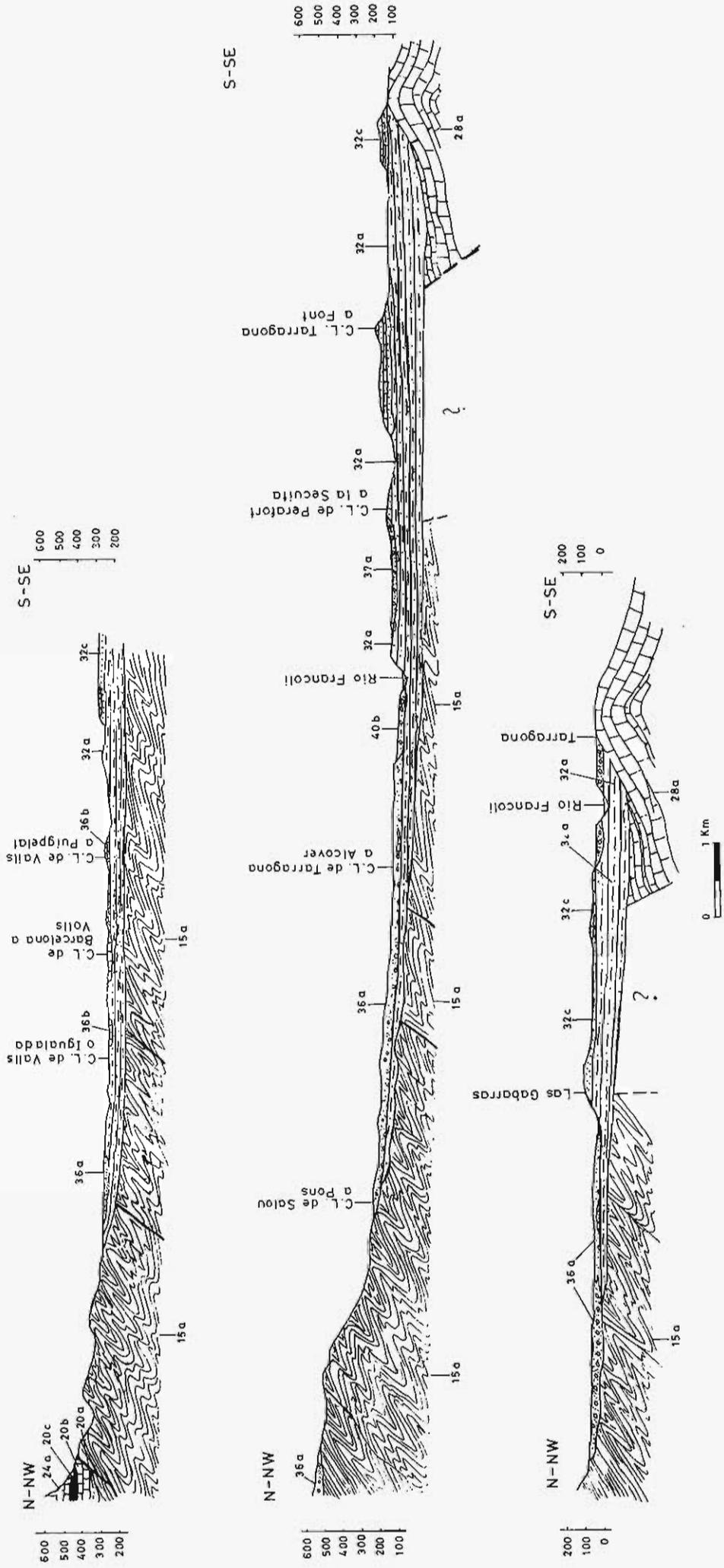


Fig. 37. Cortes geológicos generales de la Zona 3 con los caracteres morfológicos y litológicos más acusados.

La elevación de las sierras durante el Terciario Inferior condicionaría, lo mismo que en la zona 1, una sedimentación detrítica abundante. Estos materiales del Terciario Inferior no aparecen en esta zona a causa, según parece, de la erosión marina.

Durante el Terciario Medio el mar se retira (regresión), adquiriendo los depósitos de piedemonte amplio desarrollo, lo que, según parece, estaba favorecido por ulteriores «pulsaciones» de las sierras. Así, se forman grandes mantos de características coluvio-aluviales, que al mismo tiempo que evolucionaban según la pendiente topográfica, erosionaban al sustrato (glacis erosivos), originando las típicas formas planas de pendiente suave.

Estos grandes mantos se han ido formando desde el Mioceno hasta el Cuaternario, superponiéndose unos a otros con convergencias morfoestructurales y de facies litológicas, por lo que resulta casi imposible establecer una estratigrafía de estas secuencias. Los últimos glaciares importantes parecen ser que se formaron durante el Plioceno, con facies más conglomeráticas, que creemos equivalen al nivel de la raña (fig. 38).

Esta morfología suave, de glaciares, se ha conservado gracias al desarrollo de travertinos superficiales que fosilizaron a estos materiales, relativamente poco coherentes. Ello ha sido consecuencia de una época de climatología árida y de un proceso edafológico bien definido.

Esta morfología casi plana ha sido alterada suavemente, durante el Terciario, por la sedimentación marina de tipo calcarenítico, y sobre todo durante el Cuaternario, por el proceso erosivo-sedimentológico de la red fluvial del río Francolí y glaciares aluviales modernos (fig. 39).



Fig. 38. Glaciares del Campo de Tarragona (al fondo Valls).

El resultado es una morfología muy suave, con una red fluvial poco encajada, de amplios valles, relieves terciarios marinos que sobresalen topográficamente muy poco sobre el nivel de glaciares y pequeños asomos del Cretácico en estructuras abombadas.

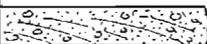
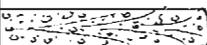
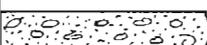
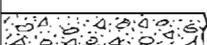
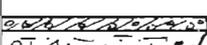
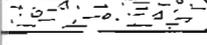
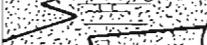
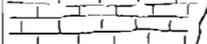
No se aprecian signos tectónicos en esta zona, excepto en los afloramientos cretácicos: amplios anticlinales y algo fallados en fracturas NO.-SE. En profundidad, son evidentes amplias fallas, con gran desnivel en la vertical, que han originado una disarmonía estratigráfica entre las series lito-

lógicas de las sierras con relación a su situación al E. y SE. Este sistema de fallas están hoy en día fosilizados por los amplios y potentes sedimentos de tipo glaciés. No se han apreciado reactivaciones de fracturas según estas direcciones de edad moderna.



Fig. 39. Foto área del valle del río Francolí con los diversos niveles morfológicos. 1) lecho actual; 2 y 2') terrazas del río Francolí; 3) conos de deyección; 4 y 4') terrazas glaciés; 5 y 5') glaciés; 6) glaciés aluvial; 7) Terciario continental; 8) costras calcáreas.

3.3.2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Columna litológica	Referencia			Descripción	Edad
	Fotoplanos	Mapa 1/50.000	Grupo Geot.		
	R3	40 k	Z ₄	Playa actual arenosa.	CUATERNARIO
	A4, a4	40 i	Z ₂	Manto aluvial limoso.	"
	A3, a3	40 g	Z ₁	Aluviales y fondos de valle arenosos y areno-limosos.	"
	(a+c) 3-4	40 e			"
	D3+GP	40 c	X	Conos de deyección de arenas y gravas.	"
	T3-4+GP	40 b	V	Terraza y terraza glacis del río Francolí.	"
	TC 3-4+GP	40 a			"
	DZ2	37 a	U	Coluviales margo-arcillosos con cantos calcáreos.	PLIO-CUATER.
	QtDp	36 b	T	Glacis coluvio-aluvial de granulometría variable y travertinizados en superficie.	PLIOCENO
	Dz1	36 a			"
	DaQc	32 d	S	Calcarenitas porosas cementadas.	MIOCENO
	Da	32 c	R		"
	DaQc/QmArQc	32 b	Q	Areniscas y calcarenitas sobre margas arcillo-carbonatadas de textura nodulosa.	"
	QmArQc	32 a	P		"
	Qd+Qc	28	I	Dolomias y calizas en bancos masivos.	CRETACICO

3.3.2. Columna estratigráfica

I) DOLOMIAS Y CALIZAS DE TARRAGONA (28 a)

Litología.—Dolomías pardo grisáceas y calizas blanco-amarillentas.

Estructura.—Afloran en anticlinales suaves, con estratificación en bancos potentes y algo fisuradas. A grandes rasgos, los paquetes dolomíticos corresponden al muro de la formación. La potencia vista sobrepasa los 60 metros.

Geotecnia.—Conjunto muy estable, sin problemas geotécnicos. Se presenta con taludes indefinidos, pendientes de unos 60°, pero admitiendo, sin duda, taludes verticales. Constituye buenos yacimientos canterables, actualmente en explotación (fig. 40). El drenaje superficial está asegurado por escorrentía o infiltración cuando aparecen fisurados. El único problema puede consistir en las dificultades de excavación.

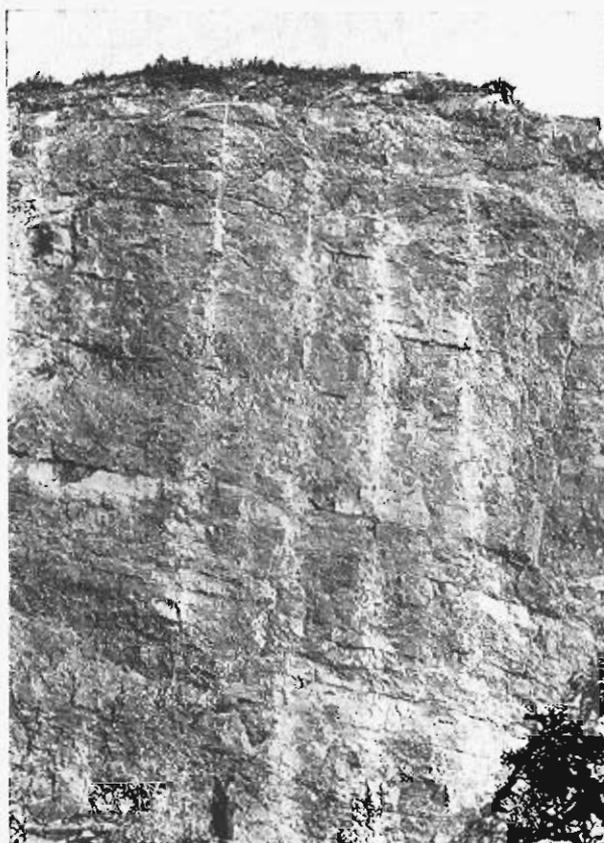


Fig. 40. Cantera de las calizas del Cretácico (28 a), al norte de Tarragona.

P) MARGAS NODULOSAS DE VALLS (32 a)

Litología.—Este grupo litológico-geotécnico abarca gran parte de la Zona Sur, aunque sus afloramientos están enmascarados al estar fosilizado

por los mantos de glaciis plio-cuaternarios. Está formado por margas arcillosas calcáreas de colores pardo-rojizos que convergen hacia el techo con los materiales del glaciis de litología análoga, sobre todo en la parte meridional (fig. 41).

Estructura.—Debido a que son materiales de características subéreas, conservan la estructura deposicional; es decir, formando mantos de suaves pendientes hacia el mar y con una textura granulométrica que es función de la proximidad del área madre. Son frecuentes las costras calcáreas. Un carácter estructural marcado es el aspecto noduloso originado por las concreciones calcáreas.

Geotecnia.—Este grupo tiene permeabilidad baja. El drenaje superficial es deficiente, produciéndose frecuentes encharcamientos superficiales. Los niveles más arcillosos (áreas cercanas al mar) presentan una plasticidad media. El conjunto tiene una ripabilidad alta.



Fig. 41. Talud del F. C. en Valls constituido por el glaciis 36 a que fosiliza al grupo 32 a

Aunque los taludes naturales existentes son bajos y de poca pendiente (alrededor de 15°), hacia el N. el conjunto está estabilizado por niveles de conglomerados encalichados en la superficie, por lo que puede admitir taludes verticales de unos 3 metros. Sin embargo, hacia el S. los taludes ya no se sostienen con alturas de unos 2 metros, como se aprecia en la C. N. 232.

Existe en todo el grupo el problema de su alta erosionabilidad y alterabilidad, lo que puede ocasionar la ruina de los taludes, caso de no combatirlo adecuadamente.

En las partes superficiales aparecen frecuentes costras travertínicas que pueden alcanzar los 2 metros de espesor, por lo que el grupo presenta en conjunto buena capacidad portante.

Q) CALCARENITAS SOBRE MARGAS NODULOSAS (32 b)

Litología.—Este grupo litológico mixto, que se localiza al O. de Tarragona, está formado por calcarenitas amarillentas, más o menos encalichadas en superficie, que fosiliza a la formación 32 a [P]].

Estructura.—Conjunto subhorizontal con estratificación marcada. El paso de las calcarenitas a las margas es gradual a causa de convergencias de tipo erosivo. Su potencia es superior a los 30 metros.

Geotecnia.—La ripabilidad del conjunto es variable, según el grado y espesor de travertinización, pudiendo calificarse en conjunto como alta.

Presenta una permeabilidad baja y el drenaje superficial es deficiente siendo frecuentes los encharcamientos superficiales.

Da taludes naturales estables, de medios a bajos y de hasta 65° de pendiente.

R) ARENISCAS CALCAREAS DE NULLES (32 c)

Litología.—Areniscas calcáreas de colores amarillentos, cuya granulometría y cementación evolucionan de N. a S. Al N. son de grano medio y bastante sueltas, y hacia el S. el grano se hace más fino al mismo tiempo que el grado de cementación aumenta. Suelen estar travertinizadas en superficie.

Estructura.—Se presenta capas medianamente estratificadas con frecuentes estructuras entrecruzadas. La potencia sobrepasa los 10 metros (figura 42).



Fig. 42. Bancos de areniscas del grupo 32 c cerca de Nulles

Geotecnia.—Los caracteres geotécnicos están fuertemente influenciados por el comportamiento de los materiales infrayacentes (32 a), que en general son inestables. Estas areniscas presentan ripabilidad diferencial con frecuencia alta, salvo en la capa superior travertinizada.

El drenaje superficial es bueno. No presentan en sí problemas geotécnicos acusados, dada su poca potencia y su discontinuidad. Sin embargo, mejoran las condiciones del grupo infrayacente.

S) CALCARENITAS (MOLASAS) DE TARRAGONA (32 d)

Litología.—Areniscas calcáreas amarillentas con abundante macro y microfaua, travertinizadas en superficie (fig. 43).

Estructura.—Se trata de unas calcarenitas coherentes, de grano medio a fino (0,10 a 0,7 mm.), con estructura masiva o estratificación en bancos no muy bien delimitados, generalmente subhorizontales, adaptándose con convergencia de facies a los grupos 32 a, 32 b y 32 c, a los que pasa casi siempre por cambio lateral o en profundidad. A pequeña escala son frecuentes los nódulos carbonáticos. La potencia sobrepasa en Tarragona los 40 metros.



Fig. 43. Calcarenitas del grupo 32 d con costras travertínicas, al norte de Tarragona.

Geotecnia.—El conjunto es en general bastante permeable y poco ripable. La alterabilidad y la erosionabilidad son diferenciales y consecuencia del grado de carbonatización, el cual evoluciona aumentando hacia el S. (mar Mediterráneo). La ripabilidad evoluciona también en este sentido, pero es mayor en las áreas del contacto con el Cretácico, ya que allí las calcarenitas suelen estar algo fracturadas y más fisuradas a causa de las reactivaciones post-alpinas.

Este conjunto es poco denso (alta porosidad) y admite taludes naturales estables altos, con pendiente máxima de 60°.

T) GLACIS DEL CAMPO DE TARRAGONA (36 a, 36 b)

Litología.—Son materiales coluvio-aluviales de tipo erosivo cuyos caracteres texturales y composicionales dependen de su proximidad al área madre. Cerca de ella son verdaderos piedemontes conglomeráticos, y en las proximidades de la costa son de facies margosas-carbonatadas. Casi toda su superficie está fosilizada por costras travertínicas, que en algunos puntos pueden superar los 2 metros (36 b) (fig. 44).

Estructura.—Es característica de la morfología de glacis de erosión; es decir, mantos de superficie plana y suave inclinación, según la pendiente erosiva-deposicional, que oscila entre los 10° en los piedemontes y los 2° en las áreas alejadas. Potencia, unos 10 metros.

Gectecnia.—La permeabilidad del conjunto es variable, dependiendo de la granulometría, proporción de finos, y grado de travertinización. La ripabilidad es diferencial, siendo en general alta, salvo en las costras superiores, que suelen presentarse muy endurecidas.

Se presentan bastante estabilizados, aunque pueden plantear problemas si se les exige taludes verticales superiores a los 3 metros; pues en la actualidad, en algunos puntos del borde (alrededores del río Francolí) se observan deslizamientos en la formación. En la cabecera de estos glacis, en la carretera de Alcover a La Riba, se produjo hacia el mes de octubre pasado un deslizamiento. Deben, pues, evitarse los taludes verticales de altos a medios y los bordes de los mismos, previendo siempre los efectos de la erosión.

Cuando no están protegidos por la costra superior son bastante erosionables, originándose, según la composición, arrastres.



Fig. 44. Detalle de un talud artificial del glacis (36 a), cerca de Nulles.

U) GLACIS ALUVIALES DE VALLMOLL (37 a)

Litología.—Se trata de fondos de valle constituidos por coluvio-aluviales margo-arcillosos de colores pardo-rojizos con niveles conglomeráticos y arenosos (fig. 45).

Estructura.—Estos materiales fosilizan fondos de valle en tránsito a glaciais de erosión ocupando un nivel geomorfológico más bajo (más moderno). Son de aspecto masivo y muy mal estratificados. Fosiliza muchas veces a los materiales calcareníticos (grupos 32 c y 32 d). Potencia, 4-5 metros.

Geotecnia.—Materiales de baja permeabilidad, aunque en general varía con su evolución sedimentológica y con el nivel estratigráfico. Mal drenaje; ripables y erosionables. Taludes naturales inestables bajos.



Fig. 45. Talud en el glacis aluvial (37 a), en el valle del río Francolí, carretera de Morell.

V) TERRAZA-GLACIS Y TERRAZAS DEL RIO FRANCOLI (40 a y 40 b)

Litología.—Grupo mixto constituido por frentes de glaciais que convergen en el valle del río Francolí y que al ser trabajados por las aguas fluviales originan, además de la terraza, un nivel morfológico de terraza-glacis. Son conglomerados polimícticos con abundante matriz limo-arenosa, con un recubrimiento de material limoso que constituye un suelo bastante fértil.

Estructura.—El glacis-terrazza se diferencia de la terraza por su pendiente topográfica, ya que aquél mantiene un declive suave, mientras que ésta es de morfología plana. La potencia de este conjunto no sobrepasa los 5 metros (fig. 39).

Geotecnia.—Conjunto medianamente a poco permeable y ripable. Puede originar problemas de asentamientos por su textura poco coherente y por descansar sobre margas inestables a la altura del nivel freático.

X) CONOS DE DEYECCION (PIEDEMONTES) (40 c).

Litología.—Hay dos tipos: conos de piedemonte y conos del valle aluvial del río Francolí. Los primeros están constituidos por materiales muy gruesos, mal clasificados, con abundante canturreal y matriz fina. Los segundos son de naturaleza arenosa con poca proporción de cantos.

Estructura.—Los conos de piedemonte se localizan en el borde de las sierras. Corresponden a las cabeceras de los glacis del campo de Tarragona, con pendiente de 5 a 10°. Los conos del valle aluvial son de morfología más plana y se sitúan en el tránsito de los glacis a las terrazas.

Geotecnia.—Constituyen en general materiales permeables, diferencialmente ripables y con problemas de asentamientos, sobre todo los de la zona aluvial.

Z₁) ALUVIALES Y FONDOS DE VALLE LIMO-ARENOSOS (40 e - 40 g)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 1 [apartado 3.1.3., Z₁].

Z₂) ALUVIALES LIMOSOS (40 i)

Este grupo geotécnico ha sido ya descrito en la Zona 1 [apartado 3.1. ., Z₂].

Z₄) PLAYA DE TARRAGONA (40 k)

Constituida por arenas finas (Md=0,20 mm.) calcareníticas, de variable potencia según su situación dentro de la plataforma costera. Actualmente, en la línea de costa puede tener los 6-8 metros.

En general, estas arenas descansan sobre las calcarenitas del Mioceno (32 d), excepto en el área de Tarragona capital y hacia el Cabo de Salou, que lo hacen sobre calizas y dolomías del Cretácico.

Los problemas geotécnicos, en un punto determinado, vendrán determinados fundamentalmente por su situación con relación al nivel del mar y por el espesor de arenas sueltas encima de la roca consolidada.

3.3.4. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona

- 1.º La mancha cretácica del S. no plantea ningún problema geotécnico y constituye un buen yacimiento de calizas.
- 2.º En el N. y O. de la zona se desarrolla el grupo T) (36 a), en el que cabe destacar:
 - Deslizamientos en los bordes.
 - Taludes erosionables.
- 3.º Hacia el centro de la zona se desarrolla el grupo P) (32 a), en el que cabe destacar:
 - Mal drenaje.
 - Erosionable y alterable.
 - Plasticidad de media a alta, reblandecimientos.
 - Taludes verticales en general inestables.

- 4.º En el S. y O. de la zona se desarrollan los grupos R) y S), en los que no se presentan problemas importantes, salvo en algunos fondos de valle en que aflora el grupo P) (32 a).
- 6.º En el S. y SO. se desarrollan los grupos Q) (32 b) y V) (37 a), en los que cabe destacar:
- Permeabilidad baja; encharcamientos superficiales; mal drenaje.
 - Taludes con frecuencia inestables.
 - Presencia de materia orgánica y problemas de asientos en el grupo U.

4. CONCLUSIONES GEOTECNICAS

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS

En este apartado se valoran, con vistas al proyecto de carretera, los factores topográficos (fig. 46), tectónicos (fig 47), geotécnicos y de yacimientos de materiales. Se seguirá el esquema de zonas propuesto en el apartado 3 de la presente Memoria.

Resumiremos, para cada zona, los principales problemas geotécnicos, así como su alcance y significación; igualmente se hacen recomendaciones sobre los yacimientos canterables, granulares y de préstamos.

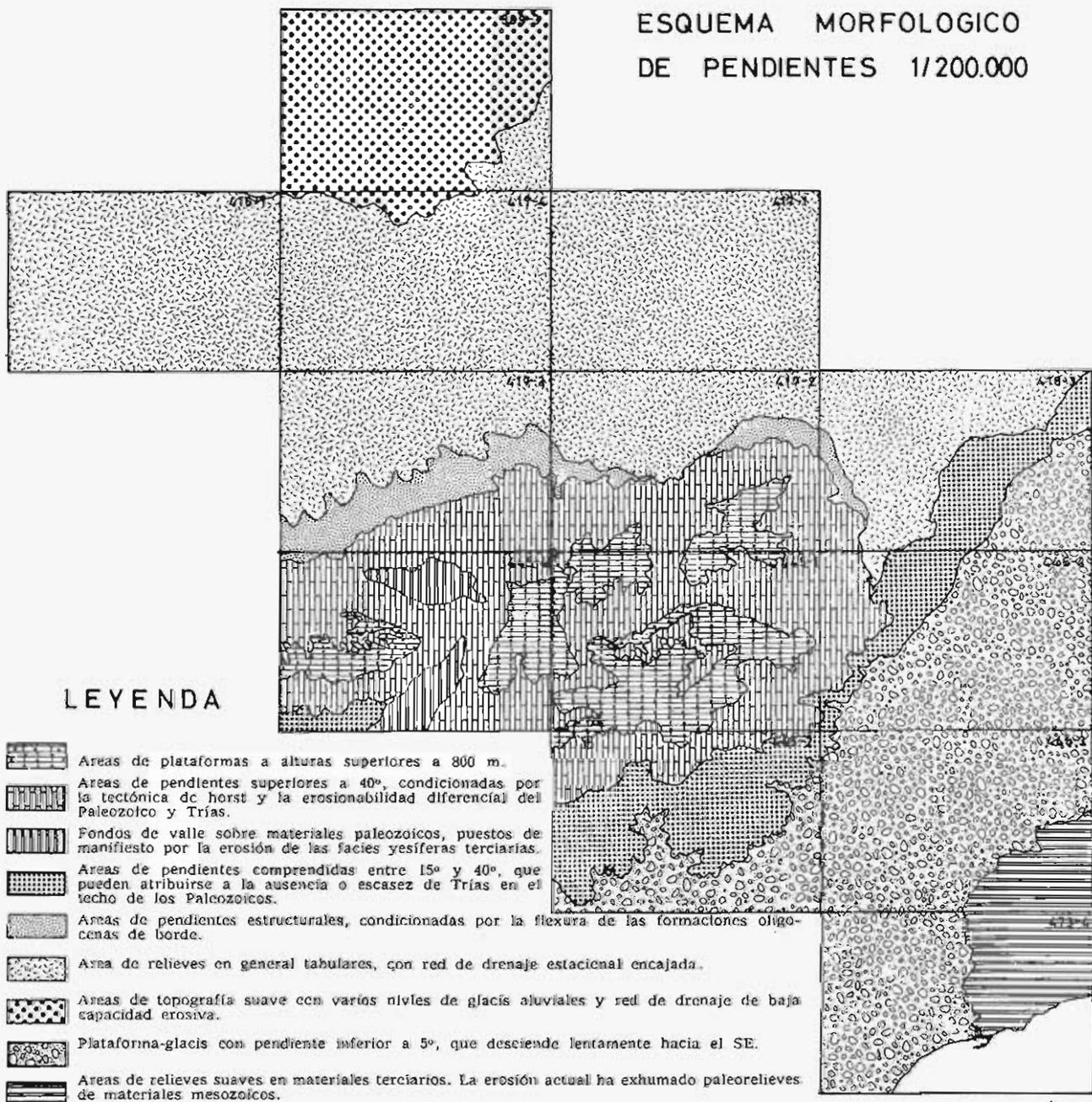


Fig. 46. Esquema morfológico de pendientes.

4.1.1. Zona 1.—Terciarios continentales

En toda la zona no hay dificultades topográficas especiales, pero, en líneas generales, son mejores las condiciones de las áreas N. y E.

En el N. nos encontramos con la presencia del grupo geotécnico Z₂) (40 h, 40 i), con las dificultades de drenaje ya señaladas [3.1.3., Z.]). Sería preciso en esta zona una buena densidad de toma de muestras, orientando los trabajos de reconocimiento a la determinación de las características geotécnicas y situación del nivel freático.

En el área E., la carretera también podría ocupar los fondos de valle, con terrenos margo-arcillosos en lo que serían precisos reconocimientos similares a los anteriores, aunque de menor densidad. Pero pueden evitarse dichas áreas con un aumento del volumen del movimiento de tierras.

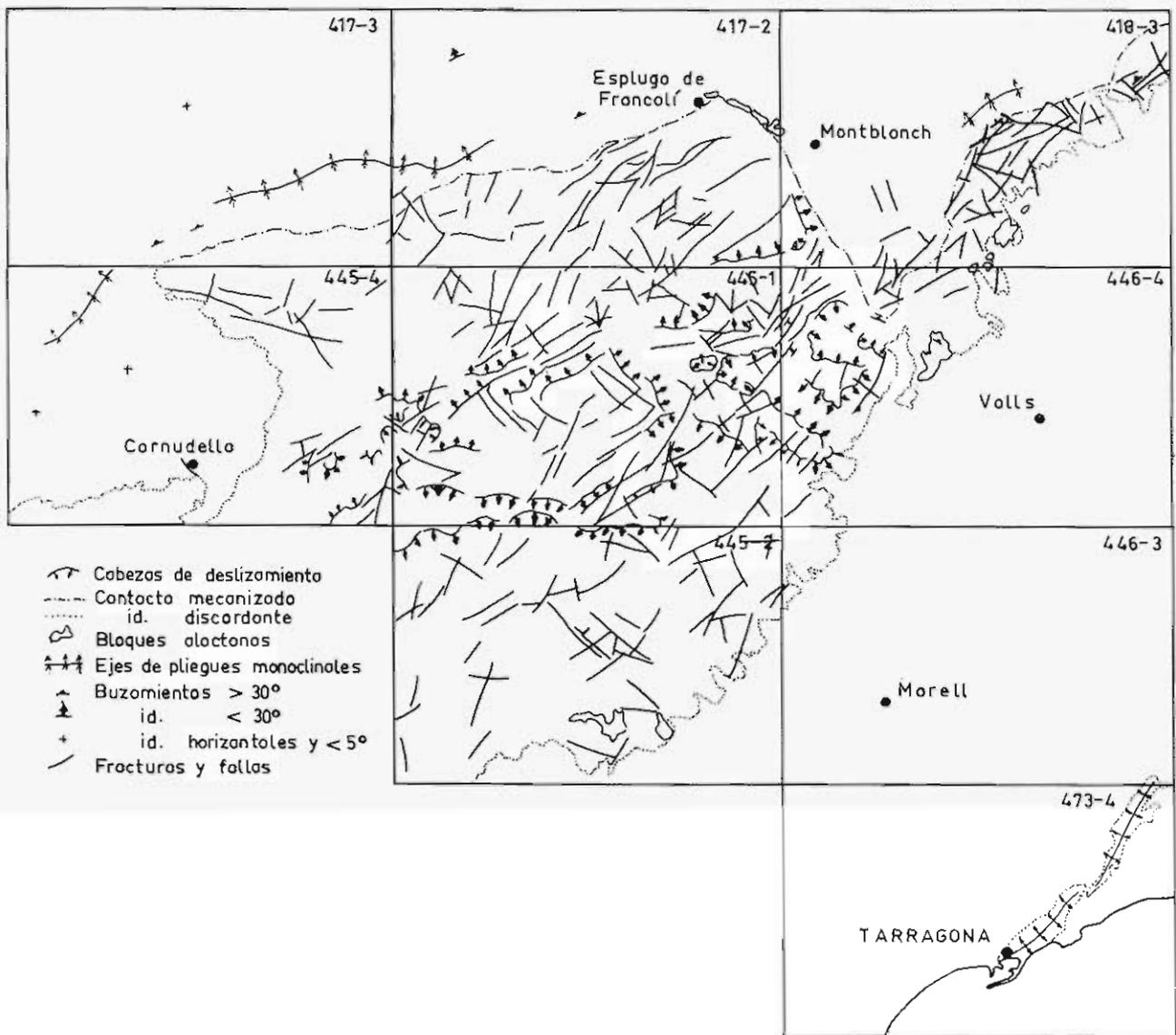


Fig. 47. Esquema tectónico.

En las áreas O. y SO. las condiciones son similares a las del E., pero más acusadas desde el punto de vista del movimiento de tierras, que motivaría volúmenes mayores.

En las dos últimas áreas, las características del terreno y su distribución se deducen, en general, de los cortes naturales existentes, por lo que los reconocimientos pueden tener una menor densidad, tanto de sondeos mecánicos como geofísicos, y se puede ignorar la situación del nivel freático, salvo en los fondos de valle del área oriental, desarrollados en terrenos margo-arcillosos del grupo geotécnico L) (31 d) (fig. 48).

Frecuentemente, más al O. y SO. que hacia el E., hay laderas recubiertas de bloques caídos, en general en posiciones no muy estables, y los bordes de las mesas tabulares están bastante erosionados y cuarteados.



Fig. 48. Encharcamientos en el grupo 31 d al noroeste de Borjas Blancas.

dos, por lo que los estudios de proyecto deben considerar esta dificultad, que no impondrá un sobrecoste acusado, por tratarse de problemas locales. Asimismo debe tenerse en cuenta en los proyectos de taludes la regresión por erosión de los mismos, ya comentada en apartados anteriores.

En consecuencia, si se busca una carretera que comunique esta depresión norte con el «Campo de Tarragona», puede atravesarse esta zona siguiendo a grosso modo el trazado de la carretera nacional existente, que salvo retoques lleva una dirección lógica y favorable. No se excluyen otros trazados que se juzguen más adecuados por las necesidades viarias, pues no existen dificultades insalvables en toda la Zona Norte.

Materiales

A efectos de comparación, todos los materiales observados son aprovechables, exceptuando el grupo geotécnico Z_2), con contenido de materia orgánica, siendo precisos ensayos adecuados para los terrenos margo-arcillosos del grupo geotécnico.

Para bases granulares sólo se localizan yacimientos adecuados en algunos puntos de las terrazas del río Francolí y en sus aluviales (gru-

po 40 j), así como en los glaciais de Borjas Blancas (grupo 37 b). Se pueden utilizar los primeros para los tramos más próximos a las sierras y los segundos para todo lo del Centro y Norte de la zona.

Yacimientos canterables de caliza se localizan en dos manchas del centro de la zona, correspondientes al grupo litológico 31 g, que, como se ha puesto de manifiesto en apartados anteriores [3.1.3., M)], pueden dar bastantes finos en el machaqueo, a pesar de lo cual son los únicos afloramientos en la zona, y son recomendables su utilización para los tramos fuera del área de influencia de la zona de sierras.

4.1.2. Zona 2.—Sierras

La zona de sierras, con una topografía accidentada, sufre un estrechamiento muy importante hacia el NE., por lo que en principio, si se busca un enlace entre el Campo de Tarragona y la Zona Norte, es lógico que se eluda el núcleo de las sierras al O. del río Francolí. Al E. del río Francolí, la máxima anchura de la zona es de un kilómetro.

Los pasos actualmente existentes en el E. de dicho río son el desfiladero de La Riba, el puerto de Lilla y el desfiladero de Cabra del Campo. Parece que son los más adecuados para atravesar la zona, y no existen otros que ofrezcan más ventajas.

El desfiladero de La Riba obligaría a unas labores de desmonte, excavaciones y túneles de cierta importancia, y el trazado resultaría complejo y poco adecuado, a no ser que se elevase la carretera, lo que impondría sobrecostes de importancia, habida cuenta de otras soluciones alternativas.

El paso por el puerto de Lilla obligaría a obras de fábrica y desmontes de importancia para dar un trazado adecuado a la vía de comunicación que se proyecta. No obstante, no plantearía problemas serios. Sin embargo, deben considerarse en este caso las características del grupo geotécnico T) (36 a) en los proyectos de taludes que se realizan, pues se presenta dicho grupo en el acceso por la zona N. Asimismo deben cuidarse los taludes en pizarras estudiando las direcciones de pizarrosidad, pues dicho grupo se desarrolla en los accesos al puerto por la Zona 3 (figura 49).



Fig. 49. Lajeado en las pizarras del grupo 15 a, cerca de Prades.

El paso por el desfiladero de Cabra de Campo (fig. 50) no presenta los inconvenientes topográficos del de la Riba, pues su cota es menor que la del puerto de Lilla. En él se conseguiría un trazado adecuado con menores desmontes y obras de fábrica; geotécnicamente es el paso más simple; pues el número de grupos litológicos cortados es menor, y la peligrosidad de los que atraviesa, mínima, ya que la facies Keuper que aparece en el acceso por la Zona Norte carece prácticamente de importancia.

Para bases granulares pueden aprovecharse los yacimientos ya señalados en la Zona 1 y los que a continuación se señalan para la Zona 3.

Los yacimientos canterables en la zona son abundantes; pues tanto las dolomías del Lías, grupo geotécnico) (24a), como las calizas del Muschelkaik, grupo geotécnico E) (20 b), son explotables y de buenas condiciones.

Refiriéndonos a los accesos a la sierra de Prades, que pueden ser interesantes desde el punto de vista turístico y social, las vías de comunicación que se proyecten pueden que no estén impuestas por características de tipo topográfico y geotécnico, sino por apetencias de otro tipo.



Fig. 50. Foto aérea de la Sierra de Miramar, en Cabra del Campo. 1) pizarras; 2) Muschelkalk; 3) Keuper; 4) Lías; 5) Oligoceno; 6) glacia

No obstante, caso de un acceso general a toda la mesa de Prades, sería conveniente realizarlo por el SO. o el S., que es donde menos inconvenientes de tipo geotécnico existen.

En todo caso deben de tenerse en cuenta los problemas generales ya apuntados (3.2.3. y 3.3.4.), destacando la inestabilidad general de los coluviones (fig. 51), la peligrosidad de la facies Keuper (fig. 52) y el grupo geotécnico H (24 b).

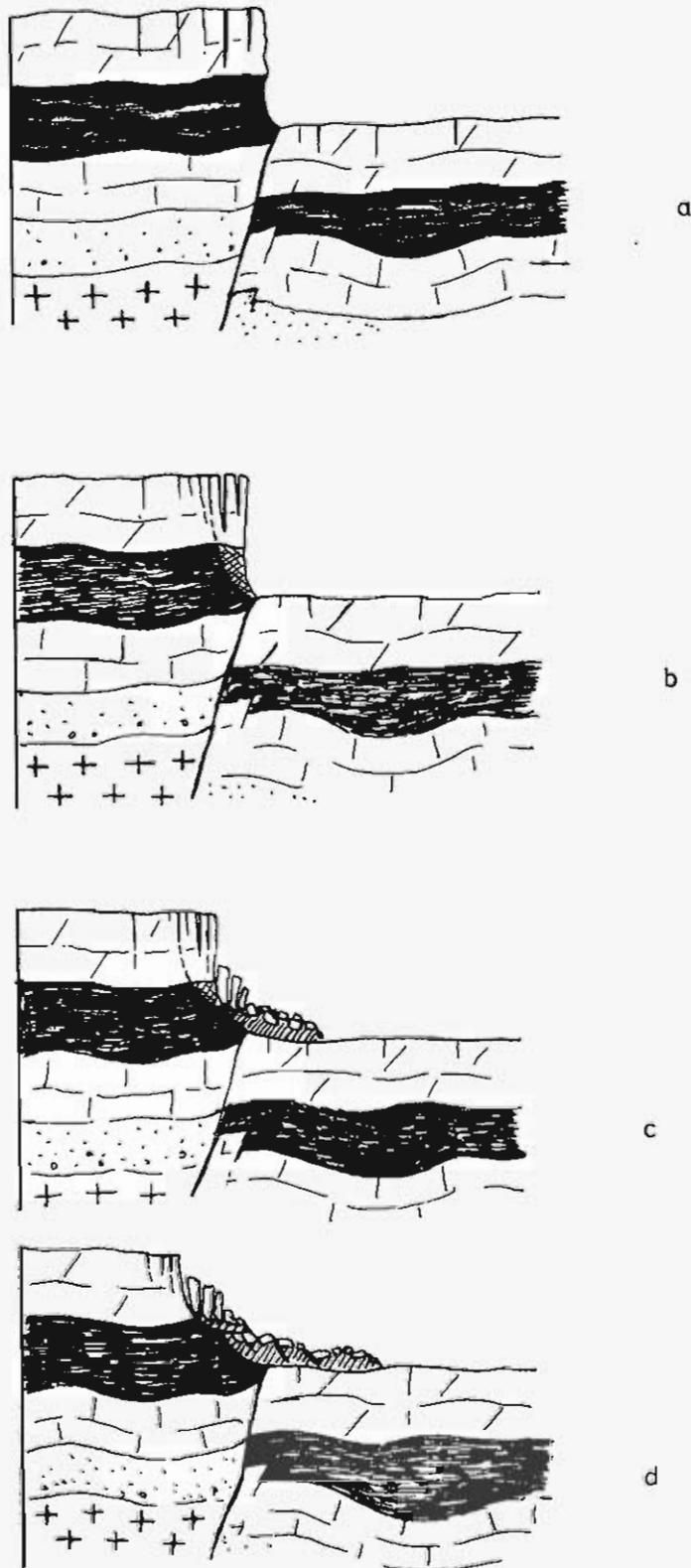


Fig. 51. Esquema evolutivo de formación de coluviones y brechas en zonas de taludes. a) estado inicial; d) estado final.

Para estas carreteras no habrá problemas de yacimientos canterables. Conviene destacar, con respecto a los accesos a la mesa de Prades desde el S., la presencia de rocas graníticas muy alteradas, grupo geotécnico C) (01 b), si bien no ofrecerán problemas de ripabilidad, salvo la presencia local de bolos.



Fig. 52. Arcillas y yesos del Keuper, laminados por deslizamiento, en la carretera de Rojals.

4.1.3. Zona 3.—Campo de Tarragona

En las áreas de glacis, grupo geotécnico T) (36 a, 36 b), donde aparecen travertinizadas, la cementación puede tener espesor para no ser ripables. Si la carretera se apoya sobre el glacis no habrá ningún problema especial, pero cuando se exijan desmontes pueden encontrarse zonas que obliguen el uso de explosivos.

Los espesores de la costra travertínica se deben estimar por reconocimientos. La prospección sísmica por refracción no dará resultados fiables y los sondeos mecánicos pueden traer dificultades de interpretación si se usan diámetros pequeños.

Por ello parece adecuado definir el proyecto con sondeos mecánicos de diámetros no inferiores a 100 milímetros y/o con prospección eléctrica ligada a la observación de los taludes existentes.

En las áreas desarrolladas en el grupo geotécnico P) (32 a), sobre todo en una zona más al S., serían precisos sondeos mecánicos y ensayos de laboratorio para determinar las características geotécnicas de las áreas más margosas, sobre todo a efectos de proyecto de taludes de importancia relativa.

En los grupos geotécnicos R) (32 c) y S) (32 d) pueden haber problemas de ripabilidad, por lo que sería conveniente efectuar en el proyecto prospecciones sísmicas a efectos de determinar las zonas de posible ripabilidad y las no ripables. En algunos fondos de valle del grupo R) los problemas son similares a los del P), debiendo cuidarse el drenaje.

Yacimientos canterables en la zona sólo existen en las calizas cretácicas de Tarragona, grupo geotécnico I) (28 a).

A efectos de compensaciones solamente cabe señalar que se deben

de tener en cuenta las características de las margas [P], 32 a], único material peligroso de la zona.

En cuanto a yacimientos granulares, en general no son abundantes, debiendo recurrirse a las terrazas y aluviales del río Francolí, si bien subsidiariamente puede utilizarse las calizas de Tarragona, las calcarenitas [S], 32 a], las calizas y dolomías de las sierras o los glacis, por el orden señalado.

4.2. TRAZADOS PREFERENTES

Con las limitaciones e indicaciones puestas de manifiesto en los apartados anteriores (4.2., 4.3. y 4.4.), se indica en la figura 53 un esquema de los trazados preferentes.

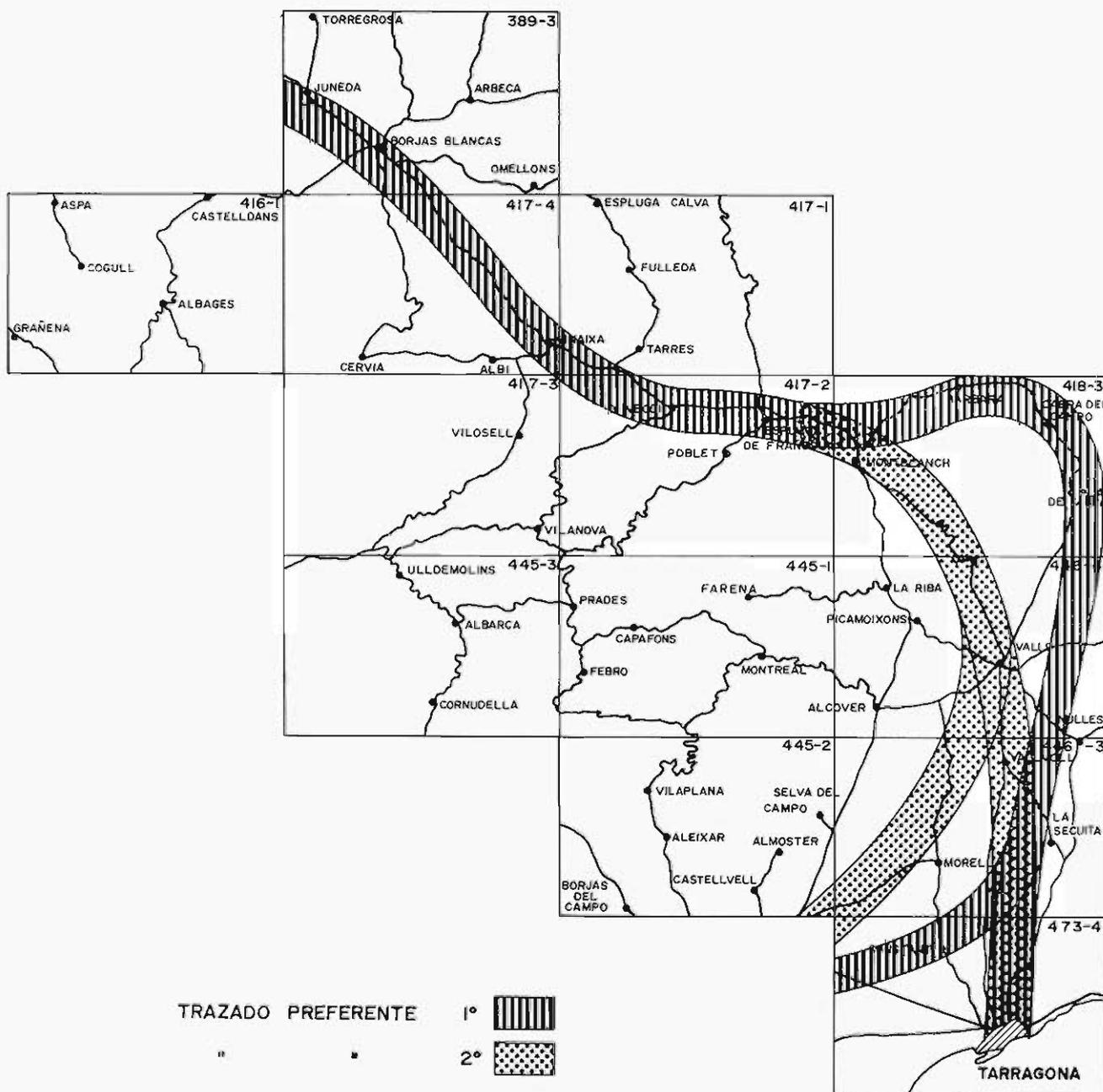


Fig. 53. Esquema de trazados preferentes.

5. ESTUDIO DE YACIMIENTOS

5.0. INTRODUCCION

Se ha creído conveniente hacer una división de las masas canterables y yacimientos granulares del tramo utilizando un criterio lito-estratigráfico. Haciendo en cada nivel stratigráfico una exposición de los caracteres de accesibilidad, volumen, calidad y recubrimientos de los diferentes yacimientos.

En los cuadros I, II y III se relacionan las canteras y graveras más importantes en el tramo, así como los centros de gravedad de formaciones susceptibles de ser explotadas. Se ha establecido la siguiente simbología: la letra representa el tipo de yacimiento: C, c, cantera de calizas y dolomías; G, g, gravera; P, cantera de granitos s. l.; correspondiendo las mayúsculas a los yacimientos mayores de 200.000 m³, y las minúsculas, a los menores de dicho volumen. Se han considerado como ilimitados a los yacimientos mayores de un millón de m³.

Se ha establecido un número de orden correlativo por cuadrantes, tomados de N. a S. y de E. a O.

5.1. CANTERAS

5.1.1. Canteras de granitos s. l.

Las masas canterables de granitos son escasas en el tramo. En la actualidad son explotadas con criterios diversos. Así, en Aleixar (445-2) se explotan canteras de granitos anfibólicos y dioritas, muy alterables, y en Castellfullit (417-2), pórfidos cuarcíferos con accesos difíciles, pero de gran calidad.

Existen en la zona numerosas canteras de escasa importancia en todos los afloramientos graníticos del tramo.

Todas las áreas señaladas en el mapa litológico 1:50.000 como 01 a y 15 b, pueden considerarse como posibles áreas de explotación de granitos s. l.

5.1.2. Canteras en los materiales del Muschelkalk

Los afloramientos de calizas facies Muschelkalk constituyen buenas masas canterables por su volumen y calidad. El único problema que pueden presentar son los accesos. (sierra de Prades); esto se simplifica cuando estos materiales ocupan áreas de inflexiones o constituyen klippen en los fondos de valle. La mayoría de las explotaciones actuales han aprovechado estas canteras en aquellas estructuras de fácil acceso (Fontscaldes, Puch de Castellvell, etc.) (fig. 54).

La explotación, tanto en las inflexiones como en los klippen, está facilitada al estar las calizas y dolomías fracturadas y disclasadas.

La friabilidad de estos materiales es muy variable. Es de prever la producción de finos, aunque no en cantidades excesivas.

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

Fuera del tramo existe una cantera muy importante en las proximidades de Arbolí, al lado de la carretera de Cornudella a Borjas del Campo, con un frente de más de 50 metros de altura.

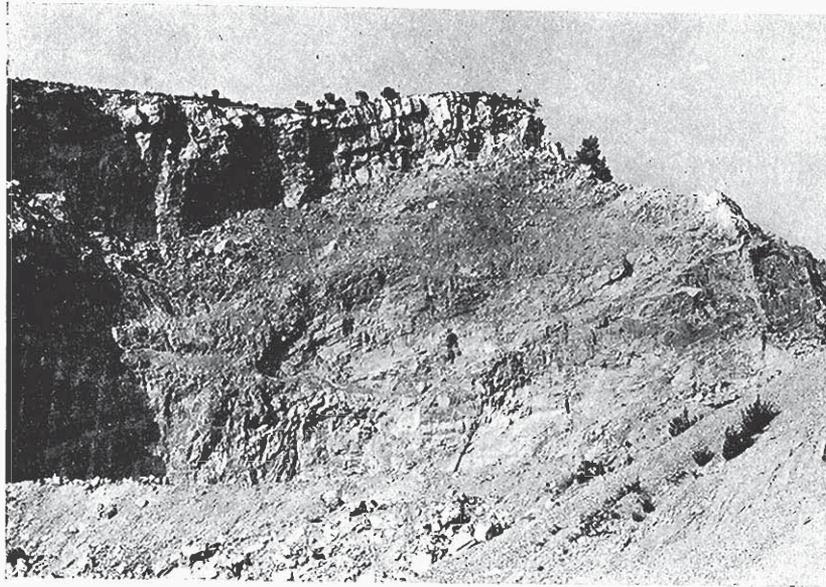


Fig. 54. Cantera en las calizas del Muschelkalk (20 b), en el cerro Puch, al noroeste de Castellvell.

5.1.3. Canteras en los materiales del Lías

Constituyen masas de gran volumen en la zona central del tramo. Como en el caso de las calizas del Muschelkalk, podemos distinguir canteras de difícil accesibilidad (sierras), donde el Lías está «in situ» (can-



Fig. 55. Cantera en las dolomías del Lías (24 a), al suroeste de Montblanch.
~~Fig. 56. Cantera en las calizas del Cretácico (28 a) al norte de Tarragona.~~

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

teras de Más Yordí), y las canteras del valle del río Francolí, que corresponden a grandes inflexiones (La Riba, Picamoixons) y a contactos mecanizados, como los del SO. de Montblanch (fig. 55) y los del S. de la sierra de Miramar.



Fig. 56. Cantera en las calizas del Cretácico (28 a) al norte de Tarragona.

Estos materiales producen menos finos en el machaqueo que los del Muschelkalk.

Los caracteres de explotabilidad son análogos a los descritos para el Muschelkalk.

5.1.4. Canteras en los materiales del Cretácico

Están limitadas exclusivamente al área de Tarragona (fig. 56).

Constituyen masas canterables de volumen ilimitado y fácil acceso.

La producción de finos en el machaqueo, previsible para estos materiales, es prácticamente nula, ya que en su mayoría son calizas y dolomías químicamente puras.

Por estar fosilizadas por los terciarios, los recubrimientos de dichos materiales pueden llegar a ser importantes, por lo que su explotación viene condicionada por la forma y estructura del afloramiento.

5.1.5. Canteras en los materiales del Oligoceno

En la zona N. del tramo hay escasez de masas canterables, lo cual ha motivado que se exploten pequeños yacimientos de calizas y calizas margosas intercaladas en los materiales detríticos del grupo 31 g.

El volumen de estas canteras es muy pequeño debido fundamentalmente al pequeño espesor y a estar recubiertas por formaciones oligocenas detríticas. Los frentes de explotación no superan los 4 metros.

Los materiales son de baja calidad, con gran producción de finos en el machaqueo.

Sus accesos son en general buenos. Pueden constituir canteras para subbases y otros usos complementarios.

Estas canteras han sido utilizadas fundamentalmente con fines industriales.

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

5.2. GRAVERAS

5.2.1. Graveras en glacis

En la zona N., a igual que en el resto del tramo, hay escasez de graveras. El grupo 37 b, que forma la montera de pequeños cerros, cuando no está encañichado superficialmente puede ser aprovechado, mediante enriquecimiento, como árido de calidad media. Tiene poco espesor y su extensión es limitada.

El grupo 36 a puede constituir en conjunto un material susceptible de poder ser utilizado como yacimiento granular, aunque sería necesario tener en cuenta la heterogeneidad de estos materiales, el hecho de estar ampliamente travertinizados y el presentar frecuentes intercalaciones margosas.

La naturaleza de las gravas (cantos de pizarras y calizas), granulometría bien graduada y bajo coeficiente de aprovechamiento, hace que, salvo la necesidad perentoria de áridos de este tipo, no sea recomendable la utilización de este tipo de graveras.

5.1.2. Aluviales del río Francolí

En la zona centro, las únicas graveras de interés están constituidas por los depósitos del arroyo de Sillerets, en la confluencia con el río Francolí. Estas materiales, de naturaleza calcárea, están en general bien graduados, siendo explotados en la actualidad.

En la zona S., el aluvial del río Francolí está siendo explotado en diversos lugares, dando lugar a graveras importantes del mismo carácter que las de la zona centro.

El proceso de enriquecimiento que recomendamos para las graveras de los glacis ha sido efectuado de una manera natural por las aguas del río Francolí. En el esquema se han citado únicamente los puntos fácilmente accesibles.

5.3. PRESTAMOS

Prácticamente, todos los materiales del tramo, con la excepción de aquéllos que tienen características geotécnicas negativas, pueden ser utilizados como préstamos.

En consecuencia, se ha creído conveniente no reseñar yacimientos de préstamos en los cuadros de yacimientos adjunto.

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

CUADRO I

CANTERAS DE CALIZAS Y DOLOMIAS

N.º ref. croquis	N.º cuadr.	Coordenadas		V. aprox.	C. aprov.	Grupo litol.
		x	y			
c ₁	417-4	4° 34' 30"	41° 26' 30"	30.000	50 %	31 g
c ₂	417-1	4° 46' 20"	41° 28'	30.000	50 %	31 g
c ₃	417-1	4° 46' 30"	41° 27' 40"	15.000	50 %	31 g
C ₄	417-1	4° 43' 40"	41° 26' 30"	250.000	50 %	31 g
C ₅	418-3	4° 57' 50"	41° 24'	Ilimitada	80 %	20 b
C ₆	418-3	4° 51' 5"	41° 21' 5"	Ilimitada	80 %	20 b
C ₇	418-3	4° 56' 5"	41° 21' 30"	Ilimitada	90 %	24 a
C ₈	418-3	4° 55' 30"	41° 20' 20"	450.000	90 %	24 a
C ₉	418-3	4° 55' 10"	41° 20' 5"	600.000	90 %	24 a
C ₁₀	418-3	4° 55' 30"	41° 20' 5"	700.000	90 %	24 a
c ₁₁	445-4	4° 34' 20"	41° 16' 10"	20.000	70 %	31 c
C ₁₂	445-1	4° 48' 50"	41° 17' 15"	Ilimitada	90 %	24 a
C ₁₃	445-1	4° 49' 10"	41° 17' 10"	Ilimitada	90 %	24 a
C ₁₄	445-1	4° 49' 15"	41° 16' 40"	Ilimitada	90 %	24 a
C ₁₅	446-4	4° 53' 45"	41° 18' 30"	Ilimitada	80 %	20 b
C ₁₆	446-4	4° 50' 30"	41° 15' 20"	Ilimitada	80 %	20 b
C ₁₇	445-2	4° 45' 55"	41° 11' 10"	Ilimitada	80 %	20 b
C ₁₈	445-2	4° 47' 10"	41° 10' 55"	150.000	80 %	20 b
C ₁₉	473-4	4° 58' 40"	41° 9' 5"	Ilimitada	95 %	28 a
C ₂₀	473-4	4° 57' 40"	41° 8' 10"	Ilimitada	95 %	28 a
C ₂₁	473-4	4° 57' 30"	41° 8'	Ilimitada	95 %	28 a
C ₂₂	473-4	4° 56' 50"	41° 7' 30"	Ilimitada	95 %	28 a
C ₂₃	473-4	4° 56' 10"	41° 6' 40"	Ilimitada	95 %	28 a

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

CUADRO II

GRAVERAS

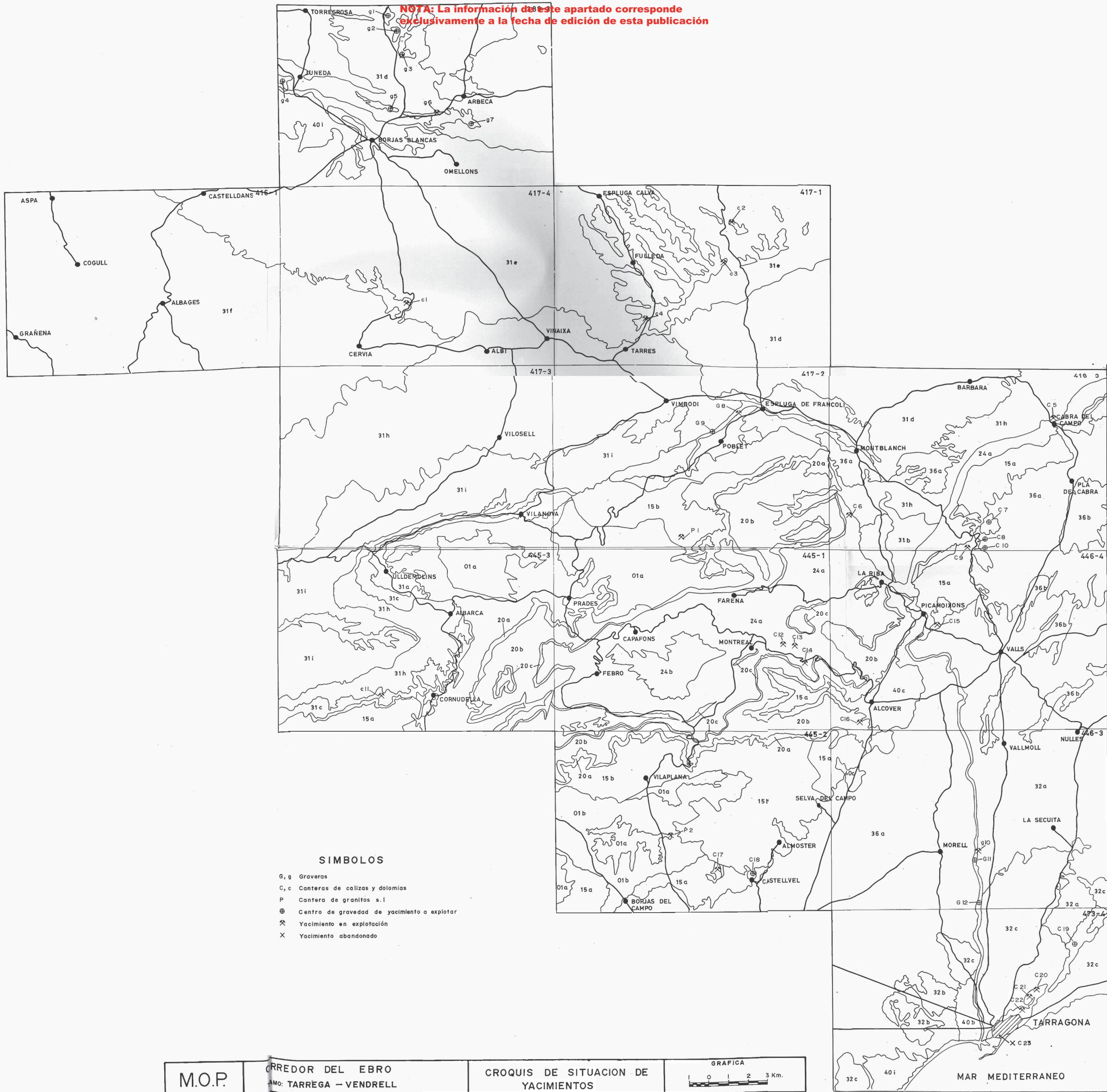
N.º ref. croquis	N.º cuadr.	Coordenadas		V. aprox.	C. aprov.	Grupo litol.
		x	y			
g-1	389-3	4° 34'	41° 34' 45"	60.000	60 %	37 b
g-2	389-3	4° 34' 20"	41° 34' 20"	35.000	60 %	37 b
g-3	389-3	4° 34' 10"	41° 33' 30"	120.000	60 %	37 b
g-4	389-3	4° 34' 20"	41° 33'	30.000	60 %	37 b
g-5	389-3	4° 35'	41° 32' 5"	100.000	60 %	37 b
g-6	389-3	4° 38' 30"	41° 32' 20"	120.000	60 %	37 b
g-7	389-3	4° 37'	41° 31' 50"	120.000	60 %	37 b
G-8	417-2	4° 47' 5"	41° 23' 50"	200.000	75 %	40 j
G-9	417-2	4° 46' 5"	41° 23' 5"	250.000	75 %	40 j
g-10	446-3	4° 55' 15"	41° 11' 40"	125.000	85 %	40 j
G-11	446-3	4° 55' 10"	41° 11' 15"	250.000	85 %	40 j
G-12	446-3	4° 55' 13"	41° 10' 10"	350.000	85 %	40 j

CUADRO III

CANTERAS DE GRANITOS Y PORFIDOS

N.º ref. croquis	N.º cuadr.	Coordenadas		V. aprox.	C. aprov.	Grupo litol.
		x	y			
P-1	417-2	4° 45' 20"	41° 20' 20"	Ilimitado	75 %	15 b
P-2	445-2	4° 43' 55"	41° 11' 50"	Ilimitado	85 %	01 a

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



SIMBOLOS

- G, g Graveras
- C, c Canteras de calizas y dolomias
- P Cantera de granitos s.l
- ⊕ Centro de gravedad de yacimiento a explotar
- ⊗ Yacimiento en explotación
- X Yacimiento abandonado

GRAFICA



M.O.P.

CORREDOR DEL EBRO
 TARRAGONA - VENDRELL

CROQUIS DE SITUACION DE YACIMIENTOS

MAR MEDITERRANEO

BIBLIOGRAFIA

BATALLER, J. R.

- 1922 El Jurásico de la provincia de Tarragona. **Trabajo del Mus. Nac. Cien. Nat. Serie Geología**, n.º 29,117, pág. 13, fig., 8 láminas. 1 mapa. Madrid.

BAUZA, F.

- 1876 Breve reseña de la geología de la provincia de Tarragona y Lérida. **Bol. Comp. Mapa Geol. España**, T. III, pp. 115-123. Madrid.
- 1971 Estudios previos de terrenos. Autopista Zaragoza-Lérida. Tramo Bujaraloz-Lérida. **M. O. P. Dirección General de Carreteras**. Madrid.

GOMBAU, I.

- 1877 Reseña físico-geológica de la provincia de Tarragona. **Bol. Comp. Mapa Geol. España**, T. IV, pp. 181-250. Madrid.

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO DE ESPAÑA

- 1933 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 473, Tarragona.
- 1934 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 446, Valls (Tarragona).
- 1941 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 389, Tárrega (Lérida).
- 1956 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 418, Montblanch (Tarragona).
- 1972 Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. Memoria explicativa de la Hoja n.º 34, Hospitalet.

JULIVERT, H.

- 1955 Geología de la sierra de Miramar. **Mem. y Com. Inst. Geol. Prov.** T. XIII, pp. 79-121, Barcelona.

LUCAS, J.

- 1962 «La transformación des mineraux argileux dans la sédimentation Etudes sur les argiles du Trias». **Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.** T. IX, pág. 110.

LLOPIS LLADO, N.

- 1947 Contribución al conocimiento de la Morfoestructura de los catalánides. **Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C.** 372 pp.

MALLADA, L.

- 1889 Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona. **Bol. Comp. Mapa Geol. España**, T. XVI. Madrid.

SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M.

- 1924 Nota petrográfica sobre algunas rocas de la provincia de Tarragona. **Mem. Real. Acad. Cien. y Art.** (3.º época). Vol. XVIII, n.º 14, pp. 333-338. Barcelona.

SOLE SABARIS, L.

- 1957 Sobre la edad del Mioceno continental del Campo de Tarragona. **Mem. R. Acad. Cien. y Art.** (3.º época. Vol. XXXII, n.º 11, pp. 344-360. Barcelona.

VIRGILI, C. y JULIVERT, M.

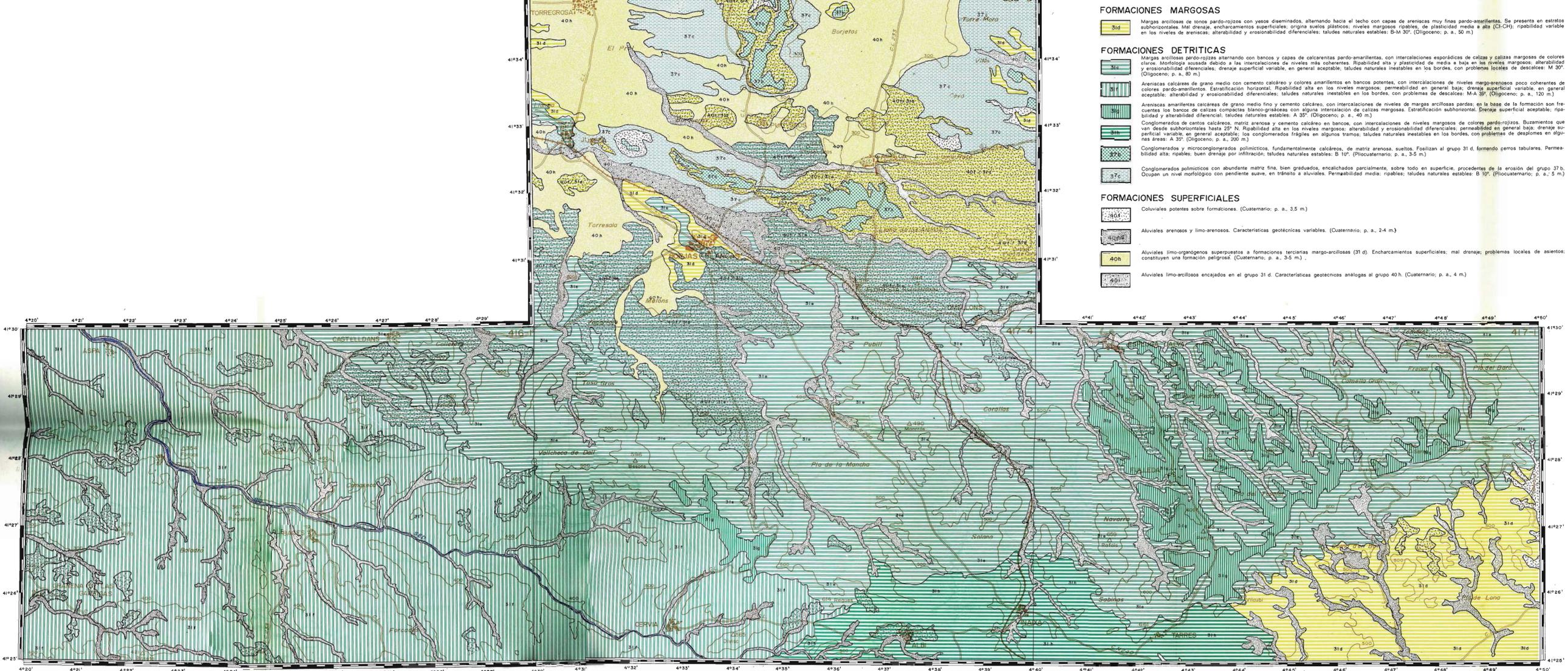
- 1954 El Triásico de la Sierra de Prades (Tarragona). **Est. Geol.** T. X, n.º 22, pp. 216-242. Madrid.

VIRGILI, C.

- 1958 El Triásico de los catalánides. **Bol. Inst. Geol. y Min. de España**, T. LXIX, pp. 858, 96 fig. Madrid.

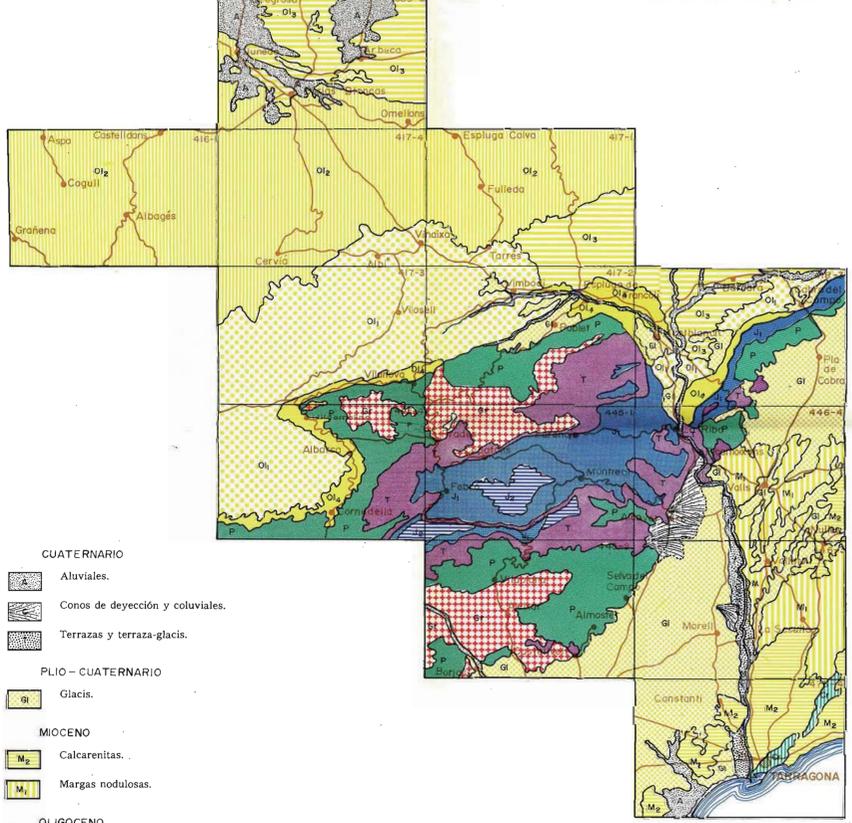
VIRGILI, C.

- 1964 Estudio geológico del Sector Espluga-Vimbodi-Rojals. **Inst. Est. Tarraconenses**. Ramón Berenguer IV. Tarragona.



- FORMACIONES MARGOSAS**
- 31d: Margas arcillosas de tonos pardo-rojizos con yesos desmenuados, alternando hacia el techo con capas de areniscas muy finas pardo-amarillentas. Se presenta un estrato subhorizontal: mal drenaje, encharcamientos superficiales; origina suelos plásticos; niveles margosos rojizos de plasticidad media a alta (C1-C4); ripabilidad variable en los niveles de areniscas; alterabilidad y erosionalidad diferenciales; taludes naturales estables: B-M 30' (Oligoceno; p. a. 50 m).
- FORMACIONES DETRITICAS**
- 31a: Margas arcillosas pardo-rojizas alternando con bancos y capas de calcarenitas pardo-amarillentas, con intercalaciones esporádicas de calizas y calizas margosas de colores claros. Morfología suavizada debido a las intercalaciones de niveles más coherentes. Ripabilidad alta y plasticidad de media a baja en los niveles margosos; alterabilidad y erosionalidad diferenciales; drenaje superficial variable, en general aceptable; alterabilidad y erosionalidad diferenciales; taludes naturales estables en los bordes, con problemas locales de descalces: M 30' (Oligoceno; p. a. 50 m).
 - 31b: Areniscas calcáreas de grano medio con cemento calcáreo y colores amarillentos en bancos potentes, con intercalaciones de niveles margo-arenosos poco coherentes de colores pardo-amarillentos. Estratificación horizontal. Ripabilidad alta en los niveles margosos; permeabilidad en general baja; drenaje superficial variable, en general aceptable; alterabilidad y erosionalidad diferenciales; taludes naturales estables en los bordes, con problemas de descalces: M-A 35' (Oligoceno; p. a. 120 m).
 - 31c: Areniscas amarillentas calcáreas de grano medio fino y cemento calcáreo, con intercalaciones de niveles de margas arcillosas pardas, en la base de la formación son frecuentes los bancos de calizas compactas blanco-grisáceas con alguna intercalación de calizas margosas. Estratificación subhorizontal. Drenaje superficial aceptable; ripabilidad y alterabilidad diferencial; taludes naturales estables: A 35' (Oligoceno; p. a. 40 m).
 - 31e: Conglomerados de cantos calcáreos; matriz arenosa y cemento calcáreo en bancos, con intercalaciones de niveles margosos de colores pardo-rojizos. Buzamientos que van desde subhorizontales hasta 25° N. Ripabilidad alta en los niveles margosos; alterabilidad y erosionalidad diferenciales; permeabilidad en general baja; drenaje superficial variable, en general aceptable; los conglomerados frágiles en algunos tramos, taludes naturales inestables en los bordes, con problemas de desplomes en algunas áreas: A 35' (Oligoceno; p. a. 200 m).
 - 37c: Conglomerados y microconglomerados polimíticos, fundamentalmente calcáreos, de matriz arenosa, suelos. Fosilizan al grupo 31 d, formando cerros tabulares. Permeabilidad alta; ripables; buen drenaje por infiltración; taludes naturales estables: B 10' (Pliocuaterno; p. a. 3-5 m).
 - 37e: Conglomerados polimíticos con abundante matriz fina, bien graduados, encharcados parcialmente, sobre todo en superficie, procedentes de la erosión del grupo 37 b. Ocupan un nivel morfológico con pendiente suave, en tránsito a aluviales. Permeabilidad media; ripables; taludes naturales estables: B 10' (Pliocuaterno; p. a. 5 m).
- FORMACIONES SUPERFICIALES**
- 40i: Coluviales potentes sobre formaciones (Cuaternario; p. a. 3,5 m).
 - 40j: Aluviales arenosos y limo-arenosos. Características geotécnicas variables. (Cuaternario; p. a. 2,4 m).
 - 40h: Aluviales limo-arenosos superpuestos a formaciones terciarias margo-arcillosas (31 d). Encharcamientos superficiales; mal drenaje; problemas locales de asentamientos; constituyen una formación peligrosa. (Cuaternario; p. a. 3-5 m).
 - 40k: Aluviales limo-arcillosos encajados en el grupo 31 d. Características geotécnicas análogas al grupo 40 h. (Cuaternario; p. a. 4 m).

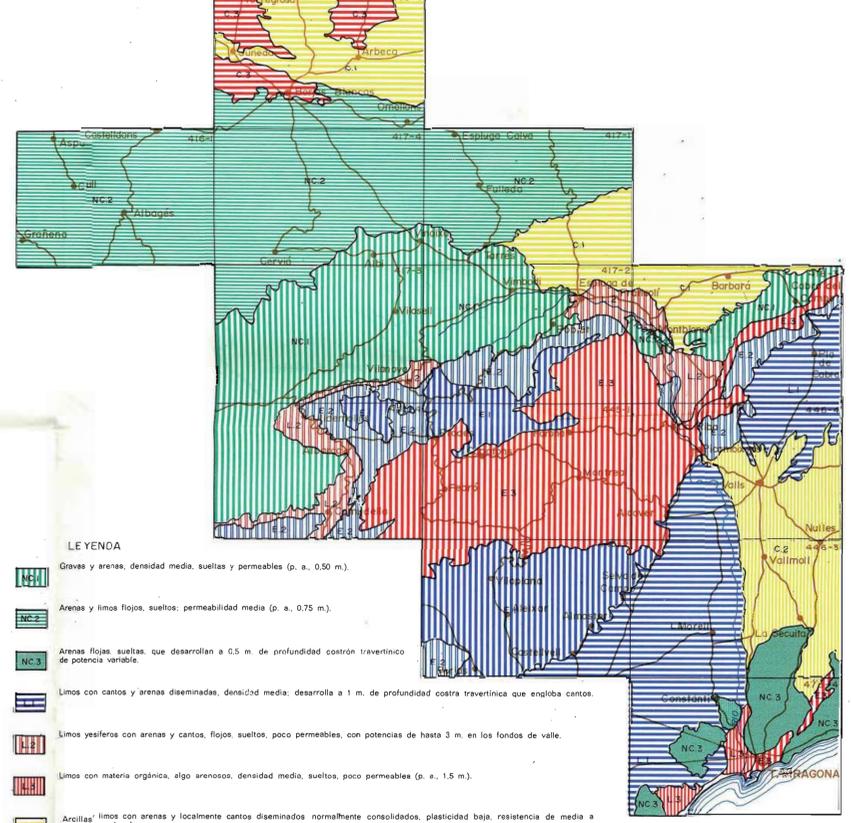
ESQUEMA GEOLOGICO.— Escala, 1:200.000



- CUATERNARIO**
- Aluviales.
 - Conos de deyección y coluviales.
 - Terrazas y terraza-glaciés.
- PLIO-CUATERNARIO**
- Glaciés.
- MIOCENO**
- Calcarentas.
 - Margas nodulosas.
- OLIGOCENO**
- Conglomerados.
 - Areniscas.
 - Arcillas y areniscas.
 - Yesos y arcillas.
- CRETACICO**
- Calizas y dolomías.

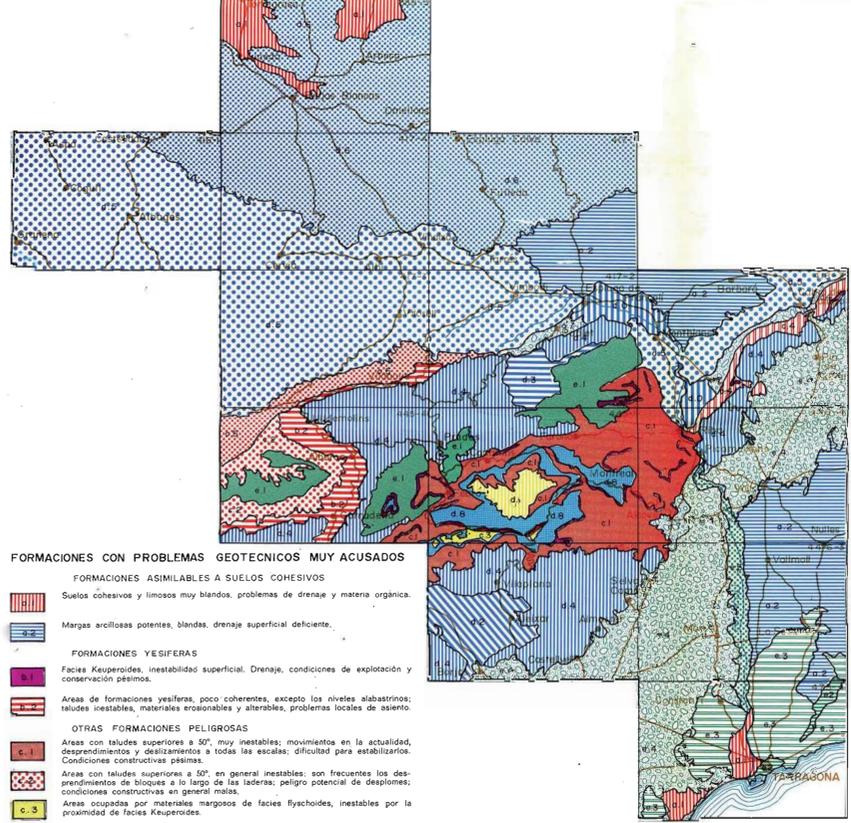
- JURASICO**
- Margas.
 - Dolomías.
- TRIASICO**
- Areniscas, calizas, yesos y arcillas.
- PALEOZOICO**
- Pizarras.
 - Granitos S. L.

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR.— Escala, 1:200.000

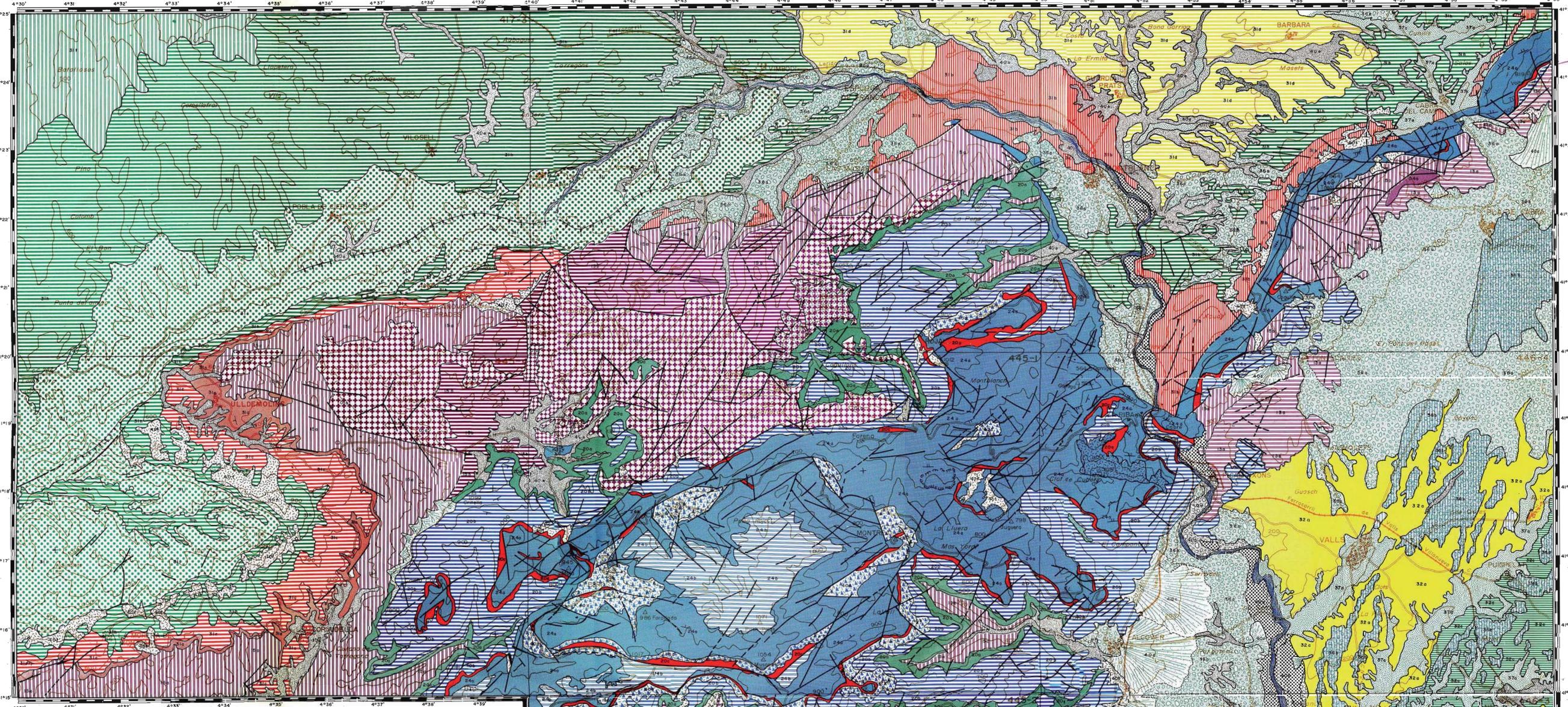


- LEYENDA**
- Gravas y arenas, densidad media, sueltas y permeables (p. a. 0,50 m).
 - Arenas y limos flojos, suelos; permeabilidad media (p. a. 0,75 m).
 - Arenas flojas sueltas, que desarrollan a 0,5 m de profundidad costra travertínica de potencia variable.
 - Limos con cantos y arenas desmenuadas, densidad media, desarrolla a 1 m. de profundidad costra travertínica que engloba cantos.
 - Limos yesíferos con arenas y cantos, flojos, sueltos, poco permeables, con potencias de hasta 3 m. en los fondos de valle.
 - Limos con materia orgánica, algo arenosos, densidad media, sueltos, poco permeables (p. a. 1,5 m).
 - Arcillas limos con arenas y localmente cantos desmenuados normalmente consolidados, plasticidad baja, resistencia de media a blanda.
 - Arcillas limos con arenas y gravas polimíticas, normalmente consolidados, plasticidad baja, blandos (p. a. 0,75 m).
 - Arcillas limos con materia orgánica, con escasa proporción de arenas y gravas, sobreconsolidados, plásticos, blancos (p. a. 1 m).
 - Eluvios que se desarrollan sobre granitos y pizarras graníticas, asimilables a suelos no cohesivos, arenosos, con una densidad media, sueltos y muy permeables (p. a. 0,5-4 m).
 - Eluvios que se desarrollan sobre pizarras, asimilables a suelos limosos, con tajillas pizarrosas desmenuadas, densidad media, sueltos poco permeables (p. a. 0,5 m).
 - Aluviales que se desarrollan sobre dolomías, dolomías margosas, calizas y calizas margosas, asimilables a suelos cohesivos, normalmente con fracción arenosa escasa, normalmente consolidados, baja plasticidad; densidad media (p. a. 0,5 m). Sobre las facies Keuperoides se desarrollan suelos cohesivos yesíferos (p. a. 1 m), sobreconsolidados, de plasticidad alta, blandos, que no se pueden desmenuar catagráficamente.

ESQUEMA GEOTECNICO.— Escala, 1:200.000



- FORMACIONES CON PROBLEMAS GEOTECNICOS MUY ACUSADOS**
- FORMACIONES ASIMILABLES A SUELOS COHESIVOS**
- Suelos cohesivos y limosos muy blandos, problemas de drenaje y materia orgánica.
- FORMACIONES YESIFERAS**
- Facies Keuperoides, inestabilidad superficial. Drenaje, condiciones de explotación y conservación pésimas.
 - Áreas de formaciones yesíferas, poco coherentes, excepto los niveles alabástricos; taludes inestables, materiales erosionables y alterables, problemas locales de asentamiento.
- OTRAS FORMACIONES PELIGROSAS**
- Áreas con taludes superiores a 50°, muy inestables; movimientos en la actualidad, desprendimientos y deslizamientos a todas las escalas; dificultad para estabilizarlos. Condiciones constructivas pésimas.
 - Áreas con taludes superiores a 50° en general inestables; son frecuentes los desprendimientos de bloques a lo largo de las laderas; peligro potencial de desplomes; condiciones constructivas en general malas.
 - Áreas ocupadas por materiales margosos de facies flyschoides, inestables por la proximidad de facies Keuperoides.
 - Área muy tectonizada y fracturada; coluviales estabilizados por no existir relieves acusados; desprendimientos locales de bloques. Condiciones constructivas medias.
 - Áreas con pendientes estructurales, próximas o superiores a los 45°. Peligro de corrimientos de potentes niveles de conglomerados según ladera. Condiciones constructivas en general malas; peligrosidad media y potencialmente alta.
- FORMACIONES CON PROBLEMAS GEOTECNICOS POCO ACUSADOS**
- Áreas de formaciones yesíferas de coherencia y erosionalidad variable; taludes naturales estabilizados por intercalaciones de niveles más coherentes; localmente problemas de asentamiento.
 - Áreas ocupadas por materiales margosos impermeables y erosionables, localmente asimilables a flysch. Condiciones constructivas medias.
 - Áreas con una gran potencia de jebres, muy erosionables, buen drenaje por infiltración, buena capacidad portante.
 - Áreas litológicamente similares a las d₁, con la diferencia de que la morfología acusada de lugar a la formación de canchales de cierta importancia.
 - Áreas con materiales pizarrosos y graníticos tectonizados; características variables; condiciones constructivas buenas a medias.
- FORMACIONES CON PROBLEMAS GEOTECNICOS POCO ACUSADOS (CONT.)**
- Áreas de formaciones que dan problemas de descalces y desprendimientos de bloques e inestabilidad de las laderas en algunas zonas, materiales poco permeables, con posibles acúfeos a media ladera; taludes negativos por efectos de erosión.
 - Área de características geotécnicas similares a las d₁, con problemas en general a menor escala, salvo en puntos muy localizados.
 - Áreas con predominio de coluviales y conos de deyección en tránsito a glaciés, que presentan peligros de inestabilidad en los taludes practicados en ellos, superficialmente presentan buenas condiciones constructivas.
 - Plataforma calcárea con problemas de hundimientos debidos a las facies keuperoides infrayacentes.
- FORMACIONES SIN PROBLEMAS GEOTECNICOS**
- Plataformas situadas a más de 800 m de altura; constituyen en general masas cantaberas de gran potencia y buena calidad.
 - Alineaciones de materiales calco-dolomíticos muy estables, fosilizados por materiales más modernos; dan masas cantaberas de fácil acceso y buena calidad.
 - Áreas de formaciones calcareníticas de buen drenaje y buenas condiciones constructivas en general.
 - Glaciés travertinizados superficialmente, muy estables; condiciones constructivas buenas, aunque pueden presentarse algunos problemas de drenaje; es conveniente forzar la altura de los taludes.
 - Terraza y terraza-glaciés del río Francolí, más o menos travertinizadas; estables.



MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Escala, 1:50.000

- FORMACIONES PIZARROSO - GRANITICAS**
- 15a** Pizarras areniscas de colores verde-grisáceos con intercalaciones calco-dolomíticas de colores oscuros de baja coherencia. Plegamiento suave de tipo isoclinal; fracturas. Permeabilidad variable según el grado de alteración; ripables en la parte superficial alterada; drenaje superficial adecuado; topografía suave y ondulada; taludes naturales estables: A 30° (Silúrico-Devónico; p. a. 200 m.)
 - 16a** Facies CLUM, constituida por microconglomerados silíceos, subgravacas y pizarras areniscas con intercalaciones esporádicas de niveles carbonosos. Conjunto bien estratificado y con puzosidad generalmente concordante con la estratificación. Alterabilidad variable con el grado de silificación; permeabilidad variable según el grado y espesor de alteración; ripables en la parte superficial alterada; drenaje superficial adecuado; taludes naturales estables: A 35° e 1 35° (Carbonífero; p. a. 300 m.)
 - 17a** Constituido por los grupos 15a y 13a diferencialmente granitizados y formado por una sucesión irregular de los materiales anteriores no granitizados que alternan con pizarras silíceas y diversos tipos de granoides (dioritas-sienitas). Caracteres tectónicos análogos a los descritos en las pizarras regionales. Alterabilidad media a baja, función de la intensidad de granitización; ripabilidad alta en la superficie; permeabilidad variable; drenaje superficial; taludes naturales estables: A 50° (Hercínico)
 - 18a** Porfiritas básicas brechoides coherentes de colores oscuros, que se intercalan en las facies del Devónico. Estructura filoniana. Por' au pequeña extensión y carácter lítico, no se definen sus propiedades geológicas.
 - 19a** Rocas graníticas constituidas por granodioritas, dioritas y pórfidos granodioríticos, con apófisis ácidas (xenitas), intensamente diaclasadas y presentan fallas concordantes con las puzas regionales. Permeabilidad de media a baja, función de la intensidad de diaclasado; alterabilidad y erosionabilidad variables, en general altas; localmente pueden ser muy ripables en las capas superficiales; topografía muy variable; taludes naturales estables muy variados; drenaje superficial adecuado; (Hercínico)
 - 20a** Grupo formado por la alteración de las facies más básicas de grano grueso del grupo anterior (01a). Relieves suaves, dando fondos de valle. Muy erosionables; drenaje superficial adecuado; alta ripabilidad; taludes naturales inestables: M-B 20°
- FORMACIONES CALCAREAS**
- 20a** Alternancia de calizas y calizas dolomíticas con alguna intercalación de caliza margosa, de tonos amarillentos claros, bien estratificadas en bancos de 0,50 a 1 m. muy coherentes. Estructura y morfológicamente forman una unidad con el grupo 20a. Poco fisuradas, salvo en los bordes de los cantiles y en las escamas desprendidas; drenaje superficial bueno; generalmente son taludes naturales estables: I 90° (Facies Muschelkalk; p. a. 80 m.)
 - 21a** Calizas y margas dolomíticas con estratificación muy variable, en capas y lechos; frecuente presencia de facies flyschoides. Tectónica análoga a la del grupo 20a. Baja permeabilidad; drenaje superficial deficiente; ripabilidad y alterabilidad altas en las zonas flyschoides; localmente peligrosos de corrimientos superficiales, sobre todo cuando aparece en contacto mecánico con el grupo 20a, donde suele aparecer ligeramente replegado; taludes naturales estables: M-B 25° (Jurásico inferior; p. a. 25-30 m.)
 - 22a** Colomas blanco-grisáceas bien estratificadas en bancos de 0,3 a 1 m. muy coherentes. Están afectadas por una tectónica de deslizamiento, comportándose la formación en conjunto como placas, que pueden llegar ocasionalmente al fondo de las vaguadas. Permeabilidad por fisuración; baja alterabilidad; fisuradas en los bordes de los cantiles y bloques desplazados; drenaje superficial bueno; taludes naturales estables: I 90° (Cretácico; p. a. 70 m.)
 - 23a** Dolomías pardo-grisáceas que hacia la parte superior pasan a calizas de colores amarillentos-rosáceos. Estratificación en bancos masivos muy coherentes; afloran en un anticlinal suave. Localmente fisuradas; drenaje superficial aceptable; taludes naturales estables: I 60° (Cretácico; p. a. 70 m.)
- FORMACIONES MARGOSAS**
- 31a** Margas arcillosas de tonos pardo-rojizos con yesos diseminados, alternando hacia el techo con capas de areniscas muy finas pardo-rosáceas. Se presenta en estratos subhorizontales. Mal drenaje; anchamientos superficiales; origina suelos plásticos; niveles margosos ripables, de plasticidad media a alta (Cl-CH); ripabilidad variable en los niveles de areniscas; alterabilidad y erosionabilidad diferenciales; taludes naturales estables: B-M 35° (Oligoceno; p. a. 50 m.)
 - 32a** Margas arcillosas calcáreas de colores rojizos y aspecto noduloso, que hacia el Norte presentan intercalaciones de niveles de conglomerados. Pendiente deposicional de hasta 5°. Baja permeabilidad; mal drenaje; ripables; erosionables y alterables; algo plásticas; taludes naturales estables: B 15° (Mioceno; p. a. 30 m.)
 - 32b** Areniscas calcáreas blanco-amarillentas, cementadas por costras travertínicas, sobre margas arcillosas calcáreas nodulosas de tonos pardo-rojizos. Baja permeabilidad; drenaje superficial deficiente; erosionables y alterables; ripabilidad diferencial, baja en las capas superiores travertinizadas y en general alta; taludes naturales estables: M 60° (Mioceno; p. a. 30 m.)
- FORMACIONES DETRITICAS**
- 20a** Areniscas silíceas rojas de grano fino, de cemento arcillo-micáceo, que pasan hacia el muro de la formación a conglomerados cuarcíticos de cemento arcillo-silíceo y hacia la base a finolitas margosas, muy coherentes en general. Estratificación desde masiva a bancos potentes, generalmente horizontales, encontrándose a diversas cotas debido a la tectónica algea de base. Baja permeabilidad y ripabilidad; alterabilidad y erosionabilidad bajas; generalmente forman la base de los grandes cortes verticales de la Sierra de Prades. Taludes naturales estables: A 90° (Facies Bunt; p. a. 60 m.)
 - 31a** Areniscas calcáreas de grano medio con cemento calcáreo y colores amarillentos en bancos potentes, con intercalaciones de niveles margo-arenosos poco coherentes de colores pardo-rosáceos. Estratificación horizontal. Ripabilidad alta en los niveles margosos; permeabilidad en general baja; drenaje superficial aceptable; alterabilidad y erosionabilidad diferenciales; taludes naturales estables: M-A 35° (Oligoceno; p. a. 100 m.)
 - 31b** Conglomerados de cantos colodados muy cementados, con esporádicas intercalaciones de margas arenosas. Presentan buzamientos variables desde subhorizontales hasta 30° N. Permeabilidad baja; buen drenaje superficial; poco erosionables; no ripables; en unas áreas con taludes naturales indefinidos y verticales con problemas de desplomes; en otras, de pendientes estructurales, con problemas de corrimientos y deslizamientos; de potentes coluviales de bloques. (Oligoceno; p. a. 250 m.)
 - 31c** Conglomerados de cantos calcáreos, matriz arenosa y cemento calcáreo en bancos, con intercalaciones de niveles margosos de colores pardo-rojizos. Buzamientos que van desde subhorizontales hasta 25° N. Ripabilidad alta en los niveles margosos; alterabilidad y erosionabilidad diferenciales; permeabilidad en general baja; drenaje superficial variable, en general aceptable; los conglomerados frágiles en algunos tramos; taludes naturales inestables en los bordes, con problemas de desplomes en algunas áreas: A 35° (Oligoceno; p. a. 200 m.)
 - 32a** Areniscas calcáreas de colores blanco-amarillentos. Estratificación ondulada, muchas veces entrecruzada; presentan localmente costras travertínicas. Permeables; alterables; ripabilidad en general alta, salvo en las capas superficiales endurecidas; taludes naturales estables: B 35° (Mioceno; p. a. 10 m.)
 - 32b** Areniscas calcáreas amarillentas con abundante micro y macrofauna marina, travertinizadas en superficie. Estratificación masiva; estructura nodular por disolución. Materiales permeables, alterables, con erosionabilidad y ripabilidad diferencial, en general bajas; taludes naturales estables: A 60° (Mioceno; p. a. 40 m.)
 - 33a** Coluvio-aluviales constituidos por sedimentos de granulometría muy variable con relación al área madre oscilando desde piedemientos aglomerados hasta sedimentos limo-margosos que convergen con los del Terciario Continental. Estructura típica de glacia. Gran coherencia y estabilidad; permeabilidad variable con la granulometría; ripabilidad y alterabilidad diferenciales; taludes naturales estables: M 50° (Plioceno; p. a. 10 m.)
 - 33b** Costras travertínicas duras que engloban cantos polimórficos, fundamentalmente calcáreos (esta formación constituye la costra de los glacia). Permeabilidad y ripabilidad baja; taludes naturales estables: M 25° (Plioceno; p. a. 4 m.)
 - 34a** Coluviales margo-arcillosos-arenosos con niveles de cantos calcáreos diseminados de colores pardo-rojizos, incoherentes. Asociados a fondos de valle sobre el grupo 32a. Baja permeabilidad; mal drenaje; ripables; erosionables; taludes naturales inestables: B 15° (Plioceno; p. a. 4 m.)
- FORMACIONES YESIFERAS**
- 30a** Arcillas margo-limosas varicolores, localmente yesíferas, y lechos de yesos masivos. Debido a la incompetencia de estos materiales frente a la tectónica, es difícil encontrar la parte alterada. Muy baja permeabilidad; drenaje pésumo; dando lugar a la formación de escuferos a media ladera; plasticidad media; alta ripabilidad, erosionabilidad y subilidad superficial. Este grupo es el responsable de los problemas de hundimientos y deslizamientos de bloques que se presentan en los grupos suprayacentes; taludes naturales inestables: B 60° (Facies Keuper; p. a. 70 m.)
 - 30b** Yesos estabarrinés, coherentes, en bancos, capas y lechos distribuidos irregularmente, con intercalaciones de arcillas margosas pardo-rojizas incoherentes. Afloran en paleocuevas de sustrato puzoso. Baja permeabilidad y erosionabilidad; estabilidad diferencial; ripabilidad variable; taludes naturales estables: B-M 25° (Oligoceno; p. a. 20 m.)
 - 30c** Margas arcillo-arenosas de tonos rojizos y yesos diseminados, con intercalaciones de yesos blancos fibrosos y bancos de conglomerados calcáreos en tránsito a calizas. Es un nivel de gran continuidad; buza unos 10° hacia el N. Permeabilidad variable, en general baja; plasticidad media; ripables; alterabilidad y erosionabilidad diferenciales; drenaje superficial aceptable; taludes naturales inestables: B 45° (Oligoceno; p. a. 45 m.)
 - 30d** Margas arcillosas de colores rojizos, incoherentes, con yesos diseminados, que alternan con capas de calcarenitas finas; hacia la base aparece algún banco de calizas conglomeráticas. Buzamientos suaves, defendidos de la erosión por los materiales suprayacentes. Baja permeabilidad; ripables; alterabilidad y erosionabilidad muy diferenciada; plasticidad de media a alta; drenaje superficial deficiente; problemas locales de asientos; taludes naturales estables: B 30° (Oligoceno; p. a. 50 m.)
- FORMACIONES SUPERFICIALES**
- 36a** Conglomerados polimórficos de matriz limosa, análogos al grupo 36a, algo travertinizados y poco coherentes. Constituyen el tránsito del glacia a la terraza del río Francolí, con suaves pendientes deposicionales. Poco permeables; ripables; problemas de asientos; taludes naturales estables: (Cuaternario; p. a. 3-5 m.)
 - 36b** Terrazas del río Francolí. Morfología plana. Características geotécnicas semejantes a las del grupo 40a. (Cuaternario; p. a. 3-4 m.)
 - 36c** Conos de deyección de constitución litológica variable; los del borde de las sierras están constituidos por aglomerados y conglomerados en tránsito al grupo 36a; en el valle del río Francolí son de naturaleza limo-arenosa, y constituyen el tránsito glacia-terrazza. Materiales permeables, ripables, con problemas de asientos. (Cuaternario; p. a. 2-10 m.)
 - 36d** Bloques aglomerados y conglomerados con matriz polimórfica de materiales detriticos y margo-yesíferos, originados por la brechificación, desprendimientos y deslizamientos de los materiales suprayacentes. Estructura caótica. Ripabilidad diferencial; problemas de deslizamientos y de asientos; drenaje superficial adecuado; taludes naturales muy inestables: M-A 45° (Cuaternario; p. a. 3-30 m.)
 - 36e** Aluviales limo-arcillosos escogidos en el grupo 31d. Características geotécnicas análogas al grupo 40h. (Cuaternario; p. a. 4 m.)
 - 36f** Aluviales de gravas y arenas del lecho actual del río Francolí. Tienen poca extensión superficial. (Cuaternario; p. a. 3-5 m.)
 - 36g** Arenas de playa.
 - 36h** Coluviales y aluviales de naturaleza arenosa y limo-arenosa. Características geotécnicas condicionadas por el sustrato sobre el que se desarrollan. (Cuaternario; p. a. 2-6 m.)

