

MINISTERIO DE INDUSTRIA

DIRECCION GENERAL DE MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

<b>HOJA</b>	<b>5-9</b>
	<b>70</b>

00266.

**MAPA GEOTECNICO GENERAL**

**LINARES**



**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**MAPA GEOTECNICO GENERAL  
E: 1/200.000**

**LINARES**

**HOJA 5-9/70**

SERVICIO PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA

## INDICE

	pág
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIAS GEOTECNICAS</b>	<b>3</b>
2.1. Características físico-geográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	7
2.3. Criterios de división. Características generales de las Areas	14
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	20
2.5. Características geomorfológicas	28
2.6. Características hidrológicas	31
2.7. Características geotécnicas	35
<b>3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS</b>	<b>39</b>
3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	39
3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	40
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	41
3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables	43
3.5. Terrenos con condiciones constructivas muy favorables	44
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUCCION

El estudio del comportamiento mecánico del subsuelo constituye hoy una técnica muy desarrollada, investigadora de las tensiones y deformaciones que el suelo experimenta bajo estados de carga. No puede decirse lo mismo de la cartografía geotécnica, ya que, dada la complejidad de los posibles problemas a considerar, resulta difícil su representación en un número limitado de documentos gráficos. Esta es la razón por la que no se ha llegado a establecer en el mundo una sistemática para la confección de mapas geotécnicos.

Ante esta situación ha sido preciso establecer una metodología para la confección de mapas geotécnicos en nuestro país, para la que se ha tenido presente los resultados de dos estudios realizados:

- Cartografía geotécnica que se realiza en el mundo, sus finalidades, sus métodos y sus resultados.
- Problemas geotécnicos derivados del desarrollo inmediato en nuestro país.

Se han establecido los criterios de clasificación de los terrenos. Dado que esta clasificación hay que obtenerla a partir de innumerables datos de tipo geológico y mecánico, se ha establecido el tratamiento que es necesario dar a aquéllos para llegar a resultados utilizables.

Se consideran factores principales para la confección de mapas de aptitud de terrenos, la topografía y morfología; las formaciones litológicas blandas y consolidadas, así como sus características mecánicas; niveles freáticos y posibilidades de drenaje. Los factores secundarios serán los que se refieren a la climatología, sismología y la existencia o no de recursos naturales (agua, vegetación, arbolado, materiales rocosos para construcción).

La cartografía geotécnica es, pues, aquella rama de la geotecnia que mediante estudios de investigación de la estructura tectónica de la corteza terrestre, composición de

las rocas que forman la parte más superficial de la misma, análisis de los fenómenos geológicos actuales —aguas subterráneas y geomorfología—, y con las experiencias habidas en otras zonas geológicas y geográficas similares, establece una distribución de las condiciones geotécnicas de la corteza terrestre, explica el carácter zonal y regional de la distribución de los procesos y fenómenos geotécnicos, descubre los factores que rigen las condiciones geológicas para la construcción, y predice los cambios que en las condiciones geotécnicas pueden producir esas construcciones.

Los mapas geotécnicos serán mapas geológicos en los que se incluyen las características geotécnicas necesarias para el cálculo de estructuras industriales y urbanas, diferenciándose de aquéllos por suministrar datos cualitativos y cuantitativos del terreno, que podrán ser de aplicación inmediata en obras de construcción e ingeniería civil.

El fin de estos mapas será determinar las propiedades técnicas de cada unidad de clasificación y qué límite extensional, según los cambios de las mismas.

Los mapas "Generales" facilitarán, dentro de las limitaciones que impone la escala 1:200.000, las características físicas y mecánicas de los terrenos y sus límites de variación según varíen sus condiciones geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, geodinámicas y geotécnicas.

Los resultados obtenidos durante la realización de los mismos se incluyen de forma sintetizada en el presente documento, quedando el conjunto de datos barajados para su elaboración archivados de forma sistemática en este Organismo, encargado, aparte de esta primera fase de confección, de su actualización en el tiempo a medida que se perfeccionen las técnicas de investigación, valoración y representación.

## **2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIAS GEOTECNICAS**

### **2.1. CARACTERISTICAS FISICO-GEOGRAFICAS**

Se incluyen en este apartado la situación geográfica, el relieve, la climatología, la red fluvial y el balance hídrico.

#### **2.1.1. Situación geográfica**

La área en estudio es la Hoja 5-9 Linares. Como fondo topográfico se ha utilizado el Mapa Militar de España a escala 1:200.000. Los límites coinciden con la número 70 del Mapa Geológico de Síntesis y se sitúa en la área Centro-Sur de la Península. Su superficie es de 16.000 km<sup>2</sup> aproximadamente y está comprendida entre 38°00'04", 8 - 38°40'04", 8 de latitud N y 3°11'10", 8 de longitud O, referidos a Greenwich. Corresponde a gran parte de las provincias de Ciudad Real y Jaen y en menor superficie a la de Córdoba.

#### **2.1.2. Relieve**

Las alineaciones de máximas altitudes se disponen orientadas groseramente de E a O, en la mitad N de la Hoja. Se trata de las Sierras de Puertollano, Valldoro, Alcoba,

Navalmanzano, Quintana, Herruzo, La Garganta, El Rey, San Andrés, Madrona, Cambrón, Aljibe y Acebuche, con altitudes comprendidas entre 800 y 1.300 m. Forman un conjunto de alineaciones montañosas de direcciones ESE que enmarcan una serie de valles alargados de fondo plano.

Hacia el Sur, el relieve se suaviza y se desciende paulatinamente hasta alcanzar en el Guadalquivir, aguas abajo de Montoro, cotas inferiores a los 150 m.

## **CLIMATOLOGIA**

Para la redacción de este epígrafe han servido de base los datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional y por el Ministerio de Obras Públicas. Se ha utilizado además información de las estaciones de Arjona, Baeza, Linares, Mengibar y Santisteban del Puerto.

Se hace referencia a continuación a las temperaturas, precipitaciones, régimen de vientos, curvas ombrotérmicas e índices climatológicos.

### ***Temperaturas***

Las temperaturas medias anuales en la área en estudio oscilaron, para el período 1931-1960, entre los 13° en las estribaciones de la Sierra del Acebuche y Sierra Lobrega y los 17° en la depresión de Andujar-Bailén-Linares, con un gradiente bastante regular de N a S, salvo microclimas locales, debidos sobre todo a diferencias de altitud. En el mismo período, la temperatura máxima absoluta osciló entre los 41° en el E de la Hoja y los 44° en el ángulo Sur-Occidental. Las mínimas absolutas están comprendidas entre -10° y -15°.

La oscilación verano-invierno de las temperaturas medias mensuales varía entre 20° al O y 22° al E, mientras la de los valores medios mensuales de las temperaturas extremas fluctúa entre 30° en el S y 35° en el N.

Por último el valor máximo de la oscilación de temperatura en el período considerado es de 51° a 52° en el N y de 49° a 50° en la depresión del Guadalquivir.

En la parte S de la Hoja las heladas tienen lugar únicamente en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre. En el N, sin embargo, se registran además en abril, mayo y noviembre.

El número de horas de sol medio anual oscila entre 2.800 en el sextante oriental y 3.000 en el ángulo Sur-Occidental, con mínimos de 130 en el mes de diciembre y máximos de 370 en el mes de julio.

### ***Precipitaciones***

La precipitación anual media varía desde los 700 mm en el S-E hasta los 500 mm en las partes septentrionales de la Hoja con una acusada influencia de la altitud. El número medio de días anuales de lluvia oscila entre 55 y 90.

El valor medio mensual de la precipitación es máxima en el mes de octubre, fluctuando entre 80 mm en el SO y 50 en el NE. Las mínimas corresponden al mes de julio, que no sobrepasa los 3 mm. Las precipitaciones máximas en 24 horas se sitúan en torno a los 100 mm.

La humedad relativa media diaria oscila entre 75 y 45 por ciento en el S y el 70 y 55 por ciento en el N.

### **Vientos**

La dirección de los vientos es variable en función de los tipos de tiempo y de las barreras topográficas.

Durante el verano, los vientos pueden ser cálidos o fríos, según la posición del anticiclón de las Azores y de la depresión atmosférica situada sobre la Península, con el "Solacio" procedente del N o del E que presenta a menudo gran continuidad y aumenta sus efectos en dirección E-O. Otras veces, durante esta estación, aparecen vientos de componente O y NO que, aunque no producen lluvias, suavizan las temperaturas, incluso aparecen vientos del S y del SE, el "Granadino", cálidos, pero que al llegar a estas áreas se han enfriado al atravesar algunas zonas montañosas.

En invierno, el centro de altas presiones situado sobre la Península provoca vientos muy fríos de componente N.

En los comienzos del Otoño, los vientos proceden del NO y SO, siendo los causantes, especialmente el segundo, de las lluvias de septiembre.

La velocidad máxima para 30 años es de 25-50 km/hora y la media varía entre 5 y 10 km/hora.

### **Curvas ombrotérmicas**

El número de meses secos en el año para la superficie comprendida en la Hoja varía entre 5 en una franja alargada en dirección E-O, al N de Linares y 7 en el ángulo Nor-Occidental.

### **Indices Climáticos**

Dado el interés que pudiera tener el conocer los coeficientes de reducción laboral achacables a causas climáticas, se incluirán a continuación algunos de ellos en función de los distintos tipos de obras.

Para ello se ha supuesto cada obra repartida uniformemente a lo largo de los 365 días del año, y estos a su vez en los 12 meses con arreglo a la tabla siguiente, en la que no se han tenido en cuenta los días festivos.

ENERO	0,0489	JULIO	0,0849
FEBRERO	0,0767	AGOSTO	0,0849
MARZO	0,0849	SEPTIEMBRE	0,0822
ABRIL	0,0822	OCTUBRE	0,0849
MAYO	0,0849	NOVIEMBRE	0,0822
JUNIO	0,0822	DICIEMBRE	0,0849

Multiplicando el cuadro anterior por los coeficientes de reducción correspondientes a cada mes, y sumando los productos de los meses, se han obtenido los siguientes coeficientes medios anuales.

***Coefficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo a partir del número de días laborables***

**CLASE DE OBRA**

Provincias	Hormigones	Explanación	Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
C.REAL	0,860	0,805	0,954	0,574	0,704
CORDOBA	0,913	0,857	0,927	0,606	0,754
JAEN	0,923	0,889	0,936	0,648	0,810

***Régimen y Red Fluvial***

La área en estudio pertenece a las cuencas del Guadalquivir y Guadiana, y está drenada por los tributarios de la margen derecha del primero y por los de margen izquierda del segundo.

El Guadalquivir aparece en la parte S de la Hoja. Su módulo absoluto es de 49,9 m<sup>3</sup>/seg, según las observaciones realizadas durante 48 años en Mengibar. Aguas abajo en Valtodano, tras recibir los aportes del Rumblar, el módulo medio es de 48,7 m<sup>3</sup>/seg, debido sin duda a que los tiempos modernos han sido más secos y tan sólo se tienen 16 años de observaciones. En Marmolejo, donde el río se ha enriquecido también con los caudales del Jándula, el módulo es de 73,3 m<sup>3</sup>/seg según datos de 33 años. En Casas Nuevas, el caudal se ve aumentado por las aguas procedentes del río Salado de Arjona; sin embargo, por la causa ya reseñada (aquí las observaciones son también de 16 años) el módulo baja a 71,7 m<sup>3</sup>/seg.

Por último, en la Vega el módulo pasa a 76,3 m<sup>3</sup>/seg con datos de 16 años.

Los afluentes más importantes que en la área cartografiada vierten al Guadalquivir son:

El Arenoso y Arenosillo; el Jándula y sus afluentes (Montoro, Tablillas, Ojailén y Fresneda); el Rumblar y sus tributarios, llamados el Pinto y el Grande; por último el Guadalimar.

El módulo relativo del Guadalimar en el salto de la Olvera es para 18 años de 5,40 l/seg/km<sup>2</sup> con una superficie drenada de 2.600 km<sup>2</sup>.

El Rumblar, para el mismo período de tiempo y con una superficie de cuenca de sólo 550 km<sup>2</sup>, tiene un módulo relativo de 6,78 l/seg/km<sup>2</sup>.

La área de la Hoja que pertenece a la cuenca del Guadiana es muy pequeña. Son tan sólo dos pequeños manchones en el N y NO de la cartografía que pertenecen a las cuencas de los ríos Jabalón y Alcudia respectivamente.

***Déficit de escorrentía***

El déficit de escorrentía ó evapotranspiración real media anual oscila entre 550 y 400 mm. Superficialmente predominan los valores entre 500 y 450 mm.

## **2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO**

### **2.2.1. Estratigrafía**

#### **2.2.1.1. Precámbrico**

Los datos paleontológicos faltan por completo en estas series, ya que los primeros niveles fosilíferos pertenecen al Georgiense Superior, debajo de los cuales yacen series de gran potencia. La serie inferior (denominada "esquistos de la Alcudia"), con una potencia de 6.000 a 7.000 m y constituida por alternancia de esquistos, grauwacas y niveles de ftanitas interstratificadas, se data como Precámbrico Superior. La serie superior conglomerática, separada de la anterior por una discordancia, tiene una potencia no inferior de los 2.000 m. Litológicamente está representada por la presencia de esquistos, grauwacas y conglomerados, con algunos niveles de areniscas gruesas y microconglomerados. En la observación "de visu" de muestras de grauwacas se observa la presencia de gran cantidad de cuarzo, algunos feldespatos y accidentalmente algo de calcita y óxidos de hierro. En fractura fresca son de color verde-azulado, dándoles la alteración un color verde claro. Poseen una gran dureza y fractura irregular. Los esquistos suelen presentar idéntica composición mineralógica, aunque de menor dureza y más afectados por la esquistosidad.

Las dataciones aproximadas se basan en general en criterios de posición relativa de unas series con respecto a otras y por semejanza de facies con otras conocidas y estudiadas.

Realmente estos criterios no pueden ser absolutos y terminantes por faltar en primer lugar datos cartográficos de detalle, además de criterios paleontológicos rigurosos.

#### **2.2.1.2. Paleozoico**

##### **2.2.1.2.1. Cámbrico-Ordovícico**

En discordancia con el denominado "complejo de la Alcudia" aparecen unos nuevos materiales de naturaleza detrítica. Aunque localmente no muy visible, la discordancia se aprecia en ambos flancos del valle de Alcudia, con un estudio a escala más amplia.

En estas secuencias, consideradas como infra-arenigienses por estar situadas bajo unas cuarcitas datadas por fósiles del Arenig, se observan cambios laterales de facies de E a O, de tal forma que hacia el E constituyen la base unos conglomerados muy bien desarrollados, formados por cantos de cuarzo generalmente de color blanco, cuyas dimensiones varían entre 5 y 30 cm de diámetro. La matriz se halla formada por una pasta silíceas de color rojizo. La potencia de estos conglomerados oscila entre 6 y 10 m. Intercalados y formando parte de la matriz aparecen unas arenas gruesas que nunca llegan a individualizarse en bancos, pero en conjunto formarían unas alternancias dentro del conglomerado con un espesor superior a los 20 cm.

Hacia el O este conglomerado se va haciendo más potente, llegando a tener 60 m al E de la carretera de Córdoba a Tarragona y al S de Puerto Pulido, en la zona de Brazatortas.

Desde este punto hacia el O se adelgaza hasta unos 2 m de potencia, y a partir de aquí parece que se acuña aún más, llegando a desaparecer. También el tamaño de grano del conglomerado disminuye según la dirección E-O.

Asimismo, se observa que entre la discordancia y el conglomerado van apareciendo unos sedimentos detríticos de naturaleza diferente, identificados con una arcosa formada por arenas de tamaño superior a los 2 mm de diámetro. Se encuentran estratificados en bancos de hasta 40 cm de espesor y su potencia total varía, haciéndose mayor hacia el O, donde se le calcula unos 40 m. A veces presentan gran cantidad de óxidos de hierro, y según van estando más próximas al conglomerado aumenta su compactación, llegando a convertirse en una arenisca cuarcitosa.

En el flanco S del valle de Alcudia, en la zona de Brazatortas, se observa esta arcosa más compacta, mientras el conglomerado es muy poco potente.

En este mismo flanco, y hacia el E, se observa como aumenta de potencia, estando bien desarrollado al S del Puerto de Ventillas y en el cauce del río Montoro, donde alcanza los 10 m.

El tamaño de los granos de cuarzo es similar a los del conglomerado del Puerto de Pulido, en el flanco N. Esto equivaldría a una acuñación general del conglomerado de N a S.

Sobre ellos se encuentra una alternancia de esquistos, areniscas y cuarcitas. Los esquistos son silíceos, de coloración que varía entre rojiza y verdosa.

Al S del Puerto de Pulido se encuentran unas pizarras limoníticas violáceas, alternando con bancos de areniscas de color rosado. Hacia abajo, en la serie, las areniscas desaparecen y las pizarras se van haciendo más arcillosas. La potencia total de esta serie es, aproximadamente, de unos 40 m en esta zona.

A unos 2 km al O de Hinojosas de Calatrava, en la zona de Mestanza, aparece sobre el conglomerado rojizo, e intercalado en forma de lentejón en los esquistos y areniscas cuarcitosas superiores, un paquete de caliza negra con abundantes vetillas de calcita, datadas en el Mapa Geológico de Mestanza (IGME, 1929) como acadienses.

De todo ello surge el problema de la datación de esta serie, incluíble en el Cámbrico, o bien en la base del Ordovícico. Según estudios recientes realizados por el IGME en aquella zona, al no existir datos paleontológicos que definan claramente y tener como única referencia la existencia de cuarcitas con cruziana, concordantes e inmediatamente superiores, se da en términos generales como Infraarenig a todo el conjunto de estratos comprendidos entre el Complejo de la Alcudia y las cuarcitas con cruziana.

#### **2.2.1.2.2. Ordovícico**

Sobre el tramo anterior y en concordancia aparece un paquete muy potente de cuarcitas, que debido a su resistencia a la erosión forman los resaltes más destacados dentro de la zona.

Este paquete comienza con unos 60 a 100 m de cuarcita masiva, blanquecina, de tamaño de grano variable, desde la criptocristalina de grano muy fino hasta la cuarcita arenosa de grano medio. Se encuentran generalmente con impregnaciones de hierro acumulado en las fracturas.

Sobre este paquete aparece una alternancia de cuarcitas más arenosas, tableadas, y pizarras arcillosas, moscovíticas, de color azulado-grisáceo y a veces verdoso, estratificadas en lechos de 5 cm de espesor máximo. El adelgazamiento de las cuarcitas y la intercalación de pizarras hace a este paquete menos resistente a la erosión y a menudo se encuentra recubierto de Cuaternario.

En este tramo se ha encontrado *Cruziana goldfussi* y *Cruziana furcifera*. La potencia máxima es de unos 20 m. Sobre ellas vuelven a aparecer otra vez las cuarcitas masivas de color blanco y más moscovíticas. Las impregnaciones ferruginosas son mucho menos abundantes.

Hacia la parte superior se hacen más tableadas, llegando a tener 5 m de espesor sus bancos, y la alternancia con pizarras arcillosas va siendo más abundante, hasta llegar a desaparecer las cuarcitas. También las cruzianas aparecen en este tramo de alternancias.

Todos los paquetes de cuarcita, con una potencia total de unos 300 m, se incluyen en el Arenig.

A partir de esta formación detrítica, y como ya se ha señalado, aparece una alternancia de cuarcitas tableadas con pizarras arcillosas moscovíticas, de color verde rojizo, a veces rojas, y con elementos negros accidentalmente. Dentro de esta serie pizarrosa aparecen unos bancos de areniscas cuarcitosas de 20 cm de espesor.

Sobre ellas, y concordantes, se encuentran unas pizarras también arenosas, moscovíticas, de color gris-verdoso, en las que existe un gran número de plieguecillos de arrastre y en las que se observan fenómenos de ripple mark.

Este tramo se puede considerar como la transición del Arenig al Llandeiliense.

Concordante con el tramo anterior aparecen unas pizarras muy laminadas, de color verdoso cuando están alteradas y negras en fractura fresca, conocidas vulgarmente como "pizarras de librillo". Tienen grano fino, abundancia de mica blanca, y su color negro posiblemente sea debido a la acción conjunta de materia orgánica y óxidos de hierro sobre los minerales que las forman.

Son muy abundantes en fauna; se han encontrado: *Calymene Tristani-Brong*, *Redonia Duvaliana-Ron*, *Illaenus Hispánicus*, *Verns-Barr*. Estos fósiles datan el Llandeiliense.

El tránsito Llandeiliense-Caradociense viene dado por un tramo de cuarcitas de grano más grueso que las de cruziana y de color rojizo. No contienen fauna, pero por su posición estratigráfica se sitúan en esa edad.

Inmediatamente encima de este tramo de cuarcitas se encuentran unos bancos de espesor variable —en algunos sitios tienen hasta 20 m—, de una especie de dolomía muy silíceo, a veces muy mineralizada con galena y blenda.

Este tramo aparece asociado a lentejones de caliza silíceo de facies arrecifal, que está constituida por una lumaquela de lamelibranquios: *Dalmanella elegantela*, *Dalman*, *Dalmanella testudinaria*, que datan el Caradociense.

Sobre ellas aparecen otra vez pizarras verdes cuando están alteradas y negras en fractura fresca. Se diferencian de las del Llandeiliense en que no presentan fauna y su grano es más fino. Por su posición se las sitúa en el Ashgileense.

### **2.2.1.2.3. Silúrico**

En concordancia con las series anteriores se encuentran unas cuarcitas arenosas, blancas, muy teñidas de óxidos de hierro y con abundantes nódulos de los mismos, muy tectonizadas.

Se inician por capas de 20 cm de potencia y llegan a tener hasta 5 m, para luego volver a adelgazarse.

No se han encontrado fósiles en ellas y su potencia, de unos 40 m de media disminuye de O a E. Coincide este tramo con las "cuarcitas de criadero" de Almadén.

Sin solución de continuidad se pasa de estas cuarcitas de transición a unas pizarras negras muy laminadas, que al alterarse toman un color muy blanco, probablemente debido a la existencia de feldespatos caolinizados.

Estas pizarras se datan como silúricas.

En algunos puntos se encuentran interestratificados algunos bancos de rocas volcánicas básicas, probablemente espílitas, pero no se puede hablar mucho de su continuidad ni potencia por hallarse en parte recubiertos por aluvial.

Por encima, en la columna estratigráfica, aparecen unas cuarcitas muy compactas de grano fino y de color gris-blanquecino. Por la posición y semejanza con las existentes en la zona de Almadén se consideran como el tránsito del Silúrico al Devónico.

#### **2.2.1.2.4. Devónico**

A continuación, y en aparente concordancia, viene un tramo de areniscas de grano grueso, muy impregnadas de óxidos de hierro, sobre todo en las superficies de estratificación. También aparecen niveles de pizarras oscuras y esquistos. La fauna encontrada en la parte superior del tramo permite datarlo como Devónico Medio.

#### **2.2.1.2.5. Carbonífero**

En discordancia sobre el Devónico existe un Carbonífero bien representado, cuyos principales afloramientos se sitúan al N y S del batolito de Los Pedroches.

Como síntesis de los estudios realizados por el IGME en la zona de Los Pedroches (año 1970) la estratigrafía es aproximadamente:

a) Carbonífero Inferior. Alternancia de pizarras y grauwacas en facies "flysch". Las pizarras suelen ser algo micáceas y de colores que van del gris-verdoso al negro. A veces la ritmicidad del flysch se rompe y aparecen masas muy potentes de grauwacas (series rítmicas truncadas). Su potencia se estima en unos 100 m. Aflora en el valle de Los Pedroches.

b) La discordancia Carbonífero Inferior-Carbonífero Medio se manifiesta por la existencia de un importante conglomerado basal poligénico, suprayacente del Culm. Su potencia varía lateralmente. Sigue una serie detrítica pizarrosa con disposición ciclotemática; algunos de estos ciclotemas terminan en un nivel de carbón, que ya han sido explotados.

Las calizas carboníferas de Adamuz (borde SO de la Hoja) son ricas en braquiópodos y crinoides aún no clasificados, por lo que no se puede pronunciar respecto a si son de edad Dinantiense o Namuriense.

#### **2.2.1.3. Mesozoico**

Formada esencialmente por las formaciones rojas de Vilches, Chiclana de Segura, Beas de Segura (al E de la zona) y la prolongación más occidental de Adamuz y por la serie carbonatada que los recubre.

Es una serie de unos 300 m de potencia, formada por:

- Conglomerados de cemento calizo y cantos silíceos angulosos.
- Areniscas micáceas rojas (con estratificación cruzada) que alternan con arcillas y margas rojo-verdosas, en las que hay pequeños niveles de margocalizas estériles.
- Arcillas y margas yesíferas.
- Calizas esparíticas, con algunos niveles margosos intercalados. Color gris, dolomitización en algunos sectores y generalmente muy diaclasadas.

#### **2.2.1.4. Cenozoico**

Comprende materiales cuya edad va desde el Burdigaliense hasta un probable Plioceno. Es una formación casi tabular, con ligera inclinación hacia el OSO. Así pues los términos más antiguos afloran en las zonas más orientales de la Hoja, si bien no es fácil establecer una exacta correlación entre los diferentes afloramientos, pues su litología es muy similar y las faunas no siempre aportan gran precisión.

Los tramos más inferiores son de margas y margocalizas silíceas de color blanquecino y algunos niveles de areniscas silíceas hacia la base. Microfauna de globigerinas, radiolarios y espículas de esponjas constituyen las denominadas "facies de albarizas" o "moronitas", y corresponden al "tap" burdigaliense de la región valenciana.

A este conjunto se le data como Aquitano-Burdigaliense:

En discordancia sobre los materiales anteriores afloran unas margas y arcillas, amarillas en superficie y gris-azuladas en profundidad, con un nivel calizo de base y numerosas intercalaciones de arenas y areniscas. Constituyen la parte nororiental de la "Loma de Ubeda". Fauna de edad Helveciense y facies litoral, correlacionable, por tanto, con la base de las formaciones postorogénicas de las regiones más meridionales.

En aparente concordancia sobre las anteriores, a las que ocultan desde el sector Ubeda-Baeza hacia el O, aparecen unas margas, areniscas y calizas margosas que condicionan la morfología "en cuestras" típica de la región.

Situadas sobre el anterior paquete, del que se diferencian sólo por su mayor contenido en elementos detríticos, aparece un nuevo paquete de margas, arcillas y areniscas, datadas como Mioceno Superior-Plioceno.

Por último, afloran unas arenas, conglomerados, arcillas y limos en las zonas en contacto con el Paleozoico de la Meseta. En algunos puntos parecen estar en continuidad lateral con glaciares y conos de deyección recientes, pero en general no guardan relación con la red de drenaje actual. Están formados por tramos irregularmente repartidos de arcillas, limos, arenas y conglomerados de materiales paleozoicos. Su composición es de tipo arkósico. Se les atribuye una edad Plioceno-Cuaternaria.

Ligados a la red actual se encuentran depósitos aluviales que forman terrazas cuaternarias. Su naturaleza viene influida por los materiales que constituyen la cuenca de los respectivos ríos. En general predominan los niveles de conglomerados de cantos silíceos y calizos, arenas, limos y arcillas.

#### **2.2.2. Rocas Plutónicas ácidas**

Los fenómenos plutónicos han tenido un amplio desarrollo en la mitad S de nuestra zona.

La mayor extensión en rocas plutónicas corresponde al gran batolito del valle de Los Pedroches, que sigue la dirección aproximada NO-SE. Se ha intruido en el seno de una potente formación de pizarras y grauwacas carboníferas, a las que metamorfiza, dando una aureola de 1 a 1,5 km de potencia, con corneanas biotítico-feldespáticas. Sus bordes no son netos, sino que son extraordinariamente numerosas las apófisis aisladas.

La composición es granítica en general, predominando rocas del tipo granodiorita y adamellita de grano medio. El conjunto está cruzado por una intensa red de fracturas rellenas en gran parte con materiales porfídicos.

En algunas zonas aparecen filones de textura aplítica, filones de cuarzo, etc. Las mineralizaciones son muy frecuentes y de marcado interés.

La masa granítica de Santa Elena, también de tamaño de grano medio, presenta aureola metamórfica de pizarras andalucíticas, granatíferas y silíceas. Se considera como

un lacolito que se comprimió durante el plegamiento orogénico, provocando el levantamiento de los materiales paleozoicos que le rodean. Además de esta masa granítica existe un sistema de apófisis de granito de grano fino que atraviesa aquella zona procedente de un lacolito profundo. Los cristales de andalucita de esta zona se diferencian de los formados en la aureola metamórfica de contacto con el granito de Santa Elena por su pequeño tamaño.

### **2.2.3. Rocas Volcánicas**

Quizá sean los basaltos las rocas volcánicas más abundantes de la provincia de Ciudad Real, si bien se presentan en diferentes variedades que oscilan entre limburgitas y basaltos propiamente dichos.

A simple vista se presentan en general con tonalidades oscuras, peso específico elevado y gran dureza. La textura es variable, dominando las porfídicas.

Como se indicó, las variedades más frecuentes pertenecen a limburgitas, basaltos plagioclásicos, limburgitas basálticas, basaltos nefelínicos e incluso piroxenitas.

En el SO de la Hoja, zona de Adamuz, las intrusiones básicas afectan al Devónico y Carbonífero. Predominan los materiales básicos tipo microgabro, microdiorita, basaltos y doleritas.

### **2.2.4. Tectónica**

La mayor parte de la zona está situada en la denominada mitad meridional de la Meseta Castellana. Todos los materiales, excepto los del Complejo Moderno, están afectados por una tectónica de esfuerzos de dirección aproximada N 20-30° E que va a dar lugar a pliegues de dirección N 110° E y a fallas, de la misma dirección de los pliegues unas y transversales a ellos otras.

Esta serie de esfuerzos se traduce, pues, sobre el terreno en una sucesión de anticlinales y sinclinales, a veces separados por fallas de régimen inverso y atravesados por multitud de ellas en régimen de desgarre.

Generalmente, esta sucesión de pliegues no es tan simple y los anticlinales y sinclinales pasan a ser anticlinorios y sinclinorios, los primeros de los cuales tienen la charnela erosionada, dejando al descubierto los materiales más antiguos existentes en su núcleo.

Las directrices de estos pliegues coinciden con las hercínicas, y se puede decir que es en esta orogenia cuando se lleva a cabo la mayoría de los fenómenos tectónicos que condicionaron las estructuras que hoy son visibles.

A escala regional, se encuentra una sucesión de pliegues cuya cuerda es muy variable; así el anticlinorio de Alcuña, de unos 12 km de cuerda; el sinclinorio de Puertollano, de 7 km; y el sinclinal del Eşcorial, inmediatamente al S del de Alcuña, de 2 km.

Se observa como característica general que hacia el S se van haciendo más agudos estos pliegues, siendo el de menor longitud de cuerda el de la sierra de Fuencaiente, en las proximidades al pueblo de Horcajo, con una amplitud inferior a los 700 m.

Para explicar la presencia de los sedimentos paleozoicos y su disposición topográfica respecto de los que ocupan el valle de Alcuña, se ha de invocar la presencia de fracturas de zócalo con esta dirección, puesto que la disposición de los estratos en éste y su rigidez les obliga a responder a los esfuerzos hercínicos de una manera distinta que los sedimentos paleozoicos.

Por otra parte, la identidad de cotas en ambos complejos, incluso a veces las del paleozoico, inferiores a las de Alcuña, siendo éstos el zócalo y teniendo sobre ellos depositados un considerable espesor de sedimentos, obliga a pensar en la existencia de fracturas de zócalo que den lugar a una fosa de hundimiento en lo que hoy constituye el sinclinorio de Puertollano.

Algo semejante debe ocurrir en la cuenca carbonífera, puesto que el espesor calculado para los estratos estefanienses, 500 a 800 m, sobrepasan con mucho el espacio real que dejarían los sedimentos anteriores para ser ocupados por los carboníferos.

Es muy posible la existencia de una tectónica de bloques en toda la región que favorezca la posterior formación de anticlinales o sinclinales.

Es bien patente en el sector del Horcajo la existencia de este tipo de fracturas paralelas a los pliegues.

En cuanto a las fracturas que atraviesan a los pliegues, son abundantísimas, observándose en algunas de ellas saltos de hasta 2 km, éstas son las de mayor magnitud de salto. También existen multitud de diaclasas y fallas de muy pequeño salto, paralelas a las de mayor magnitud.

Las direcciones teóricas más frecuentes en estas fracturas, que incluyen la casi totalidad de las mismas, son según el sistema N 55° E y N-S, que formarían dos direcciones conjugadas de fracturas.

La naturaleza de las fallas de salto mayor se puede incluir en fallas de desgarre, aunque también pueden existir algunas fallas normales de salto en dirección, pero al estar erosionadas la totalidad de las superficies de fractura no podemos distinguirlas.

La edad de los plegamientos, como ya se ha señalado anteriormente, correspondía a la orogenia herciniana; en cuanto a las fallas, hay que decir de ellas que son singenéticas a la fase de plegamiento. Para llegar a esta afirmación, se han hecho numerosas observaciones en ambos bloques de numerosas fallas, pudiendo ver que en conjunto los estratos se mantienen rígidos, mientras que en el otro están muy replegados. Esto se traduce en que después de haberse producido la falla, el plegamiento continuó respondiendo al esfuerzo de ambos bloques en forma diferente; por tanto, las fallas son de la misma edad que el plegamiento.

Respecto a la parte S de la zona, son muy pocos los datos existentes sobre la estructura de los materiales mesozoicos y terciarios de esta región.

En general se les denomina como "estructuras tabulares, afectadas muy ligeramente por la orogenia alpina".

No han sido señaladas otras estructuras que los sistemas de fracturas de direcciones NO-SE y NE-SO, que han funcionado como fallas normales cuyo efecto se tradujo en un movimiento relativo de bloques de las citadas direcciones. Esta disposición en "teclado de piano" es especialmente clara en la región de Bailén y La Carolina, donde el Mioceno, y naturalmente la cobertera mesozoica, aparecen en bloques hundidos de dirección N 30° E, limitadas por fallas normales.

Existen dos hechos significativos:

1. Las direcciones de estratificación de los materiales mesozoicos y terciarios son claramente béticas (ENE-OSO).
2. Los sistemas de fracturas más desarrollados tienen la misma dirección (NE-SO) que los preponderantes en las regiones hercinianas próximas.

Todo ello, unido al carácter estratigráfico de los materiales, permite aventurar algunas hipótesis sobre la posición tectónica y el ámbito paleogeográfico.

A) Se trata de una región de plataforma, no de prefosa (si es que ésta existe realmente), respecto al ámbito geosinclinal de sedimentación de las Cordilleras Béticas.

B) Su tectónica corresponde al estilo germánico, pues se limita a una serie de bloques hundidos o levantados según las líneas de fractura del substrato paleozoico. No se conocen en toda la zona que describimos estructuras que impliquen una tectónica tangencial, que tanto desarrollo tuvo hasta época muy reciente en las regiones colindantes por el S.

Así pues, desde un punto de vista tectónico, esta región no puede asimilarse a las Cordilleras Béticas, sino que ha de ser considerada como una cobertera de la penillanura pretriásica desarrollada sobre los materiales paleozoicos afectados por la orogenia hercínica.

La influencia de la orogenia alpina solo se traduce en la creación de una serie de fracturas que individualizan bloques de dirección aproximada NE-SO, y que muy probablemente coinciden con una red de fracturas ya existentes en el Paleozoico subyacente.

### **2.3. CRITERIOS DE DIVISION. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS**

Si bien en el Capítulo 1 se enumeraron una serie de objetivos a cubrir con el presente mapa, resulta evidente que el fin primordial del mismo será el de definir, siempre con las limitaciones que presenta la escala 1:200.000, las condiciones constructivas de los terrenos.

Para alcanzar este fin, el proceso operativo se inicia con la división zonal de la Hoja, se continua con el análisis individual de una serie de características del terreno, observándolas en aquellos aspectos que puedan influir, favorable o desfavorablemente, a la hora de su aprovechamiento como base de sustentación de las diversas obras técnicas y se finaliza con el tratamiento conjunto de todos los anteriores para, partiendo de ellos, definir sus condiciones constructivas.

### **CRITERIOS DE DIVISION GEOTECNICA**

Siguiendo los criterios prescritos para realizar las divisiones zonales posibles dentro de esta escala, así como las de sus probables subdivisiones, se han delimitado dos Regiones y doce Areas, ocho dentro de la primera región y cuatro dentro de la segunda.

En la Región I se incluyen todos aquellos terrenos considerados como emergidos correspondientes a los relieves que forman las estribaciones occidentales de Sierra Morena y que ocupan toda la Hoja a excepción del cuarto Sur. La Región II engloba todos aquellos terrenos considerados como hundidos, correspondientes a la depresión del Guadalquivir y que ocupan el resto de la zona estudiada.

Para la delimitación de las unidades de segundo orden (Areas) dentro de las Regiones anteriormente señaladas, se han considerado las diferentes homogeneidades macrogeomorfológicas de sus terrenos.

El proceso seguido para ello ha tenido como base el estudio de las diferentes formas de relieve, los tipos de rocas, su resistencia a la erosión y su comportamiento mecánico ante los distintos movimientos tectónicos que han actuado sobre ellos a través de su historia geológica.

Así se han individualizado dentro de la Región I ocho Areas; la I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>, I<sub>4</sub>, I<sub>5</sub>, I<sub>6</sub>, I<sub>7</sub> y I<sub>8</sub> y dentro de la Región II cuatro Areas; la II<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>, II<sub>3</sub> y II<sub>4</sub>.

En la área I<sub>1</sub> se incluyen pizarras, pizarras alternantes con areniscas, areniscas en tránsito a cuarcitas, grauwacas y calizas y pizarras procedentes del metamorfismo de contacto, asociadas a corneanas, con pendientes inferiores al 15 por ciento, a menudo con

una cubierta de reducida potencia. Ocupa una amplia zona en los dos ángulos superiores de la Hoja, extendiéndose en la dirección de las diagonales.

En la área I<sub>2</sub> se incluyen aquellos terrenos similares litológica y mecánicamente a los anteriores, si bien con pendientes superiores al 15 por ciento. En general presentan menores recubrimientos o aparecen desnudos.

En la área I<sub>3</sub> se incluyen rocas ígneas del tipo granito, adamellitas, dioritas, granodioritas y sus correspondientes asociaciones filonianas en cada caso. Ocupa una amplia área de dirección O-E en el centro de la Hoja, con pendientes inferiores al 15 por ciento. Con frecuencia presentan una cobertura hasta de una decena de metros de material detrítico suelto.

En la área I<sub>4</sub> se incluyen las mismas asociaciones litológicas que en la I<sub>3</sub> pero con pendientes mayores del 15 por ciento. La roca aflora directamente o si tiene recubrimiento es poco potente.

La área I<sub>5</sub> incluye rocas detríticas con predominio de conglomerados y areniscas, areniscas en tránsito a cuarcitas y cuarcitas, que en algunos puntos muestran recubrimientos muy someros. Aparecen a lo largo del borde N y en el ángulo SO de la Hoja (cuenca del Guadalquivir).

La área I<sub>6</sub> se extiende por encima del ángulo SE de la cartografía, formada por las calizas y dolomías, con frecuencia bastante karstificadas y en muchos casos con textura marmórea. No presenta en general recubrimientos de arcillas de decalcificación más que en puntos muy localizados.

La área I<sub>7</sub> está formada por arcillas y margas yesíferas Mesozoicas, que al E de la Hoja rodean casi totalmente los macizos calizos aflorantes en esa zona.

La área I<sub>8</sub> comprende rocas volcánicas de tipo basaltos con suelos muy desarrollados en toda su superficie. Su distribución superficial se reduce a pequeñas bandas de dirección NO-SE en el N de la Hoja.

La área II<sub>1</sub> incluye todos aquellos depósitos conectados, bien actualmente, bien en épocas geológicas anteriores, con los cauces de los ríos; son por tanto depósitos aluviales actuales y depósitos de terrazas. Está formada por arenas, gravas, arcillas y limos, unas veces solos y otras entremezclados. Su relieve es prácticamente llano en el fondo de los cauces y llano con escalón en su frente hacia el río, en las terrazas.

La área II<sub>2</sub> incluye el Terciario detrítico de borde, formado por conglomerados, gravas, arenas y areniscas. Cuando los materiales no están cementados hay abundante matriz arcillosa. Se extiende por el borde S de la Hoja y presenta formas llanas o alomadas.

La área II<sub>3</sub> comprende las margas azules terciarias con alguna intercalación arenisca, que dan lugar a morfologías suaves y muestran huellas de erosión allí donde la topografía se acentúa. Ocupa superficies próximas a la área anterior.

La área II<sub>4</sub> comprende las calizas terciarias que lateralmente pasan a calizas arenosas. Ocupa pequeñas superficies en el lado E de la Hoja, en el borde izquierdo de la cuenca del río Guadalén.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

### Area I<sub>1</sub>

En la Región I el criterio elegido para la separación zonal en áreas ha sido predominantemente petrográfico y morfológico.

Esta área está formada como litología dominante por rocas pizarrosas, que a veces están interestratificadas con areniscas, grauwacas y calizas. Se ha exigido la condición de que sus pendientes fueran menores del 15 por ciento, por lo que aparece con frecuencia recubierta por suelos cohesivos que engloban lajas de pizarra alterada.

La permeabilidad es muy baja en toda la área, efectuándose superficialmente la casi totalidad del drenaje. La aparición del agua, siempre escasa, va ligada en general a los recubrimientos, en cuyo caso los caudales sufren una acusada variación estacional.

Bajo el punto de vista mecánico poseen capacidad de carga media, con asientos de la misma magnitud, que serán mayores en las zonas de recubrimientos. Por ello, y para aumentar la capacidad de carga, debe eliminarse la capa superficial antes de iniciar cualquier cimentación.

## **Area I<sub>2</sub>**

Con la misma litología que la área anterior la topografía es de pendientes superiores al 15 por ciento y los recubrimientos son menos frecuentes y presentan menor espesor. En las zonas con pendientes altas aparecen deslizamientos, favorecidos en muchos casos por la posición de los planos de esquistosidad paralelos a la pendiente de las laderas.

Los deslizamientos abundan en las curvas de los valles fluviales encajados donde la erosión ataca fuertemente al pie de las laderas.

El agua en el terreno es escasa debido a las fuertes pendientes e impermeabilidad de los materiales que favorecen el desarrollo del drenaje superficial. Únicamente pueden aparecer cantidades ínfimas de agua subterránea a favor de las intercalaciones no pizarrosas en zonas fracturadas.

La capacidad de carga es media, si bien hay zonas de deslizamiento potencial donde se hace mínima. Los asientos en general son menores que en la área I<sub>1</sub> debido al menor espesor de recubrimiento; en compensación, en las zonas de posible deslizamientos los asientos serán grandes.

## **Area I<sub>3</sub>**

Está formada por rocas ígneas ácidas, que dan formas morfológicas suaves con pendientes inferiores al 15 por ciento. Son frecuentes los recubrimientos de material granular bastante heterométrico y con espesores de hasta una decena de metros. Aparecen con frecuencia rocas filonianas que atraviesan sobre todo a las rocas ígneas.

Desde el punto de vista hidrológico el substrato es impermeable, aunque la cobertura es permeable por porosidad intergranular, causa a la que se debe la aparición de acuíferos importantes. El drenaje superficial no es muy favorable debido a las bajas pendientes y a la abundancia de los recubrimientos.

Sus características geotécnicas son favorables, con capacidades de carga alta y asientos despreciables; sin embargo es necesario eliminar la capa superficial de terreno suelto y heterométrico antes de realizar las cimentaciones. Su fuerte espesor a veces hace prohibitiva la necesaria preparación previa.

#### **Area I<sub>4</sub>**

Con las mismas características litológicas que la anterior, presenta rasgos morfológicos más acusados con pendientes superiores al 15 por ciento, y que en algunos puntos sobrepasan incluso el 30 por ciento. Presentan una estabilidad natural elevada, si bien pueden aparecer desprendimientos favorecidos por la topografía del terreno y por el intenso diaclasado. Las zonas recubiertas por depósitos de alteración son menos frecuentes que en la área anterior.

La permeabilidad es muy baja con el drenaje superficial muy favorecido por la pendiente. El agua subterránea está ligada a fracturas.

Las características geotécnicas son muy favorables con capacidad de carga y asentamientos mínimos.

Se debe eliminar en las cimentaciones la capa superficial de material heterométrico, que por su poco espesor no debe presentar problemas para su extracción.

#### **Area I<sub>5</sub>**

Formada por rocas detríticas alternantes de conglomerados y areniscas. Los recubrimientos, bastante localizados y muy superficiales, son de material granular.

Presenta una morfología variable con pendientes inferiores al 7 por ciento en la cuenca de los ríos Guadalquivir, Guadalén, etc, que aumenta hasta cifras del 30 por ciento en las cuarcitas y areniscas de la parte N de la Hoja.

Al pie de las zonas con mayor pendiente aparecen acumulaciones de material desprendido muy anguloso y heterométrico marcando las zonas de mayor inestabilidad; en los demás puntos la estabilidad es buena bajo todo tipo de acciones.

El drenaje superficial es en general aceptable, mejor en las areniscas compactas y cuarcitas, con mayor relieve, que en las areniscas más sueltas en las proximidades del Guadalquivir y cuenca del Guadalén. La permeabilidad se ve ligeramente favorecida por la competencia de estas rocas, más fracturadas que las pizarras que las rodean.

La capacidad de carga es en general alta, sin asentamientos, aunque en puntos aislados puedan ambos parámetros alcanzar magnitudes medias.

#### **Area I<sub>6</sub>**

Formada por calizas y dolomías bastante karstificadas. En superficie dan lugar en algunos puntos a arcillas de descalcificación con cantos calizos incluidos. Es de morfología media con pendientes del 7 al 30 por ciento, que a veces alcanzan valores superiores.

Las laderas son estables, si bien puede haber algún deslizamiento de los materiales cohesivos en puntos muy localizados.

El drenaje se efectúa preferentemente de forma subterránea a favor de la red de karstificación. En superficie el drenaje es deficiente, los manantiales son abundantes y con caudal muy continuo.

La capacidad de carga es alta y los asentamientos inexistentes. Puede haber problemas en relación con los recubrimientos arcillosos que deben eliminarse de las cimentaciones para evitar asentamientos diferenciales.

## **Area I<sub>7</sub>**

Dentro del conjunto de Areas que forman la Región I es la que presenta unas características tanto litológicas como geotécnicas más interesantes debido a la "presencia de yesos", tanto en forma masiva como en niveles o diseminados. Resulta por tanto difícil definir las características geotécnico-constructivas de la Area de una manera global, pues el estado litológico en el que aparece el yeso (arcillas, margas, yeso masivo) posee características muy diversas.

Presenta una morfología de formas redondeadas —allí donde aparecen yesos masivos— y con profundos abarrancamientos, según la dirección de la máxima pendiente.

Su permeabilidad es prácticamente nula y su drenaje, cuando no existe pendiente, malo, creándose, cuando la topografía es favorable, una red de escorrentía superficial muy acusada. Raramente aparecen en la Area freáticos.

Respecto a las condiciones constructivas, las capacidades de carga tienen un período de variación bastante amplio desde altas a bajas; sin embargo, son posibles en ella las apariciones de asientos bruscos, por disolución continuada de los yesos, así como la detección de aguas altamente selenitosas de gran atacabilidad hacia los cementos normales. Por todo ello se debe preparar el terreno con vistas a cualquier tipo de cimentación (drenaje superficial rápido y efectivo, evitar que el agua alcance los niveles yesíferos, control —cuando las estructuras se asienten sobre yesos— de los descensos que puedan aparecer con el tiempo y cementos especiales que resistan la acción corrosiva de las aguas con sulfatos disueltos).

## **Area I<sub>8</sub>**

Se incluyen basaltos y rocas volcánicas ligadas en general a los ciclos tectónicos paleozoicos. Son normalmente bastante compactas, excepción hecha de algunos pasajes de rocas piroclásticas y tobas. Dan lugar a una morfología muy variable, que fluctúa entre las formas suaves y las abruptas, con todos los tránsitos intermedios. Las pendientes oscilan entre el 3 y 30 por ciento. Los afloramientos más occidentales presentan relieve poco acusado que no supera nunca el 15 por ciento. La mancha situada más al N alcanza por el contrario el 30 por ciento. En general son estables, aunque pueden aparecer desprendimientos en zonas alteradas, tectonizadas o en relación con litologías menos coherentes.

Desde el punto de vista hidrológico, son materiales semipermeables con drenaje superficial favorable, que empeora en las zonas occidentales debido a la baja pendiente del terreno. El agua subterránea va, sobre todo, ligada a la textura de la roca en tobas y piroclastos y a las zonas fracturadas.

La capacidad de carga es alta y los asientos nulos, si bien en las zonas recubiertas por materiales de alteración (tal es el caso de la parte occidental) disminuye la capacidad de carga y aumenta la magnitud de los asientos.

## **Area II<sub>1</sub>**

Su litología es de gravas, arenas, arcillas y limos, distribuidos de forma bastante irregular. En general predominan los finos en el cauce actual del Guadalquivir y en sus afluentes por la margen izquierda. Los aluviones del resto de los ríos y las terrazas

presentan mayor abundancia de gravas, que en muchos puntos se explotan junto con las arenas para la obtención de áridos.

Su morfología es muy suave, con pendientes inferiores al 3 por ciento, llana en el fondo de los cauces actuales y llana con escalón en su frente hacia el cauce de los ríos, en las terrazas. La estabilidad es buena, sin que la acción del hombre tenga influencia sobre la misma; únicamente en los frentes de las terrazas puede haber degradaciones y desmoronamientos. En algunos puntos pueden aparecer arrastres y sifonamientos.

La área está ligada a la red fluvial y es predominantemente permeable, con una imbricación de lentejones más o menos amplios, formados por materiales permeables por porosidad intergranular que alternan con materiales impermeables. Las condiciones de drenaje son buenas, a excepción de las zonas próximas a los cauces del Guadalquivir y Guadalén, en las cercanías de Montoro, Marmolejo, Andújar y Linares.

Los acuíferos aparecen a escasa profundidad, mayor en las terrazas que en las planas.

Desde el punto de vista mecánico la capacidad de carga es baja con asientos medios que pueden ser de mayor magnitud en las zonas limo-arcillosas de los cauces actuales. En las terrazas la menor proporción de finos da lugar a una capacidad de carga mayor, con asientos menores. Cabe esperar problemas geotécnicos en relación con el contenido de materia orgánica, o con el nivel freático, en general bastante alto.

## **Area II<sub>2</sub>**

Está formada por rocas detríticas predominantes, gravas, arenas y areniscas, entre las que se intercalan, a veces, paquetes arcillosos. Dan lugar a una morfología suave, alomada, con gran frecuencia de pendientes inferiores al 10 por ciento y que nunca sobrepasan el 15 por ciento. La estabilidad es buena, y solamente la erosión fluvial, en la cabecera de algunos arroyos puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos.

El drenaje superficial es bastante malo debido a las bajas pendientes y al predominio de materiales permeables por porosidad intergranular. Hay acuíferos con caudales importantes a profundidad menor de los 10 m.

La capacidad de carga es de valor medio y los asientos del mismo orden de magnitud. Los niveles arcillosos intercalados pueden originar asientos diferenciales.

## **Area II<sub>3</sub>**

Ocupada por margas arcillosas azuladas con intercalaciones de areniscas más abundantes en el techo y muro de la formación.

De morfología suave entre llana y alomada, su pendiente es en general menor del 7 por ciento. En los escasos puntos en que llega a alcanzar valores del 15 por ciento, la estabilidad puede verse comprometida y pueden aparecer señales de erosión y de deslizamiento muy superficiales.

El drenaje superficial es deficiente debido sobre todo a la baja pendiente. En conjunto es semipermeable, si bien predominan los materiales impermeables. Pueden aparecer pequeños acuíferos por porosidad intergranular a favor de los paquetes de naturaleza detrítica.

La capacidad de carga es de valor medio, con asientos de igual magnitud. Al aumentar la pendiente, en las zonas exclusivamente margosas, cabe esperar problemas de asientos y deslizamientos.

## **Area II<sub>4</sub>**

Formada por calizas terciarias que pasan lateralmente en las zonas orientales de la Hoja a calizas arenosas.

De morfología media a suave su pendiente suele ser inferior al 15 por ciento, aunque en zonas muy restringidas puede alcanzar valores del 30 por ciento. La estabilidad general es buena, a excepción de su línea de contacto con otras áreas situadas más al N, donde hay algún desprendimiento de bloques.

Desde el punto de vista mecánico no son de prever asentamientos y su capacidad de carga es elevada.

### **2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO**

En este apartado se incluirán los principales tipos de rocas encontradas en la Hoja, agrupándolas según sus características litológicas en el sentido más amplio y evitando subdivisiones finas basadas en criterios petrográficos, situacionales o en diferencias tectónicas.

De cada conjunto definido se precisarán sus características físicas y mecánicas, así como su resistencia ante los agentes de erosión externa.

En el mapa adjunto se encuadran todos los tipos aparecidos en dos grandes unidades de clasificación: Las formaciones Superficiales y el Sustrato. En la primera se incluyen aquellos depósitos, poco o nada coherentes, de extensión y espesor variable, depositados desde el Villafranquiense hasta la actualidad; y en la segunda el conjunto de rocas, más o menos consolidadas, depositadas en el resto de la historia geológica. Dicho mapa se acompaña de una ficha resumen en la que se exponen las características litológicas de cada unidad de clasificación de segundo orden (Area).

#### ***Arenas, gravas, limos y arcillas (Depósitos ligados a cursos de agua actuales). Qa***

Su distribución viene ligada a los cauces del Guadalquivir, Guadalén, Rumblar, Jándula y Jabalón. En los demás cursos fluviales la estrechez de las planas cuaternarias no permite su representación a esta escala.

Su composición y granulometría viene condicionada por la litología de la cuenca, por lo que los materiales de esta formación son del tipo arenas, arenas limosas y sólo ocasionalmente algo arcillosas.

Las granulometrías para los afluentes del Guadalquivir decrecen en general a medida que nos desplazamos de N a S.

Al N aparecen arenas con finos intercalados de plasticidad intermedia (SM y SC). También aparecen más al S, en el cauce del Guadalquivir, además de gravas, arenas limosas (SM) y en ocasiones, arcillas.

Como cimiento, cuando no está sometido a heladas, su valor oscila entre aceptable y bueno, según predominen las arenas y limos arcillosos o gravas. Como base estos materiales no son en general adecuados, su acción potencial de helada va de ligera a alta para las fracciones finas y nula a ligera para las litologías gruesas.

En terraplenes su compactación es buena en los grupos SM y SC, aunque debe controlarse cuidadosamente la humedad en el 1º grupo; van bien las máquinas con neumáticos y los cilindros de pata de cabra.

### ***Arenas, gravas, limos y arcillas algo cementados (Depósitos de terrazas). Qt***

En esta división se han incluido todos los niveles de terrazas. En general, en superficie, aparecen litologías de granulometrías bajas y bajo ellas arenas y gravas. Los elementos detríticos suelen estar cementados, variando el grado de compactación según la antigüedad y altitud de los depósitos.

Los materiales gruesos, cuando no están sometidos a la acción del hielo, son buenos como cimiento o incluso excelentes si predominan las gravas. Como base, estos materiales suelen ser malos, su acción potencial de helada oscila entre ligera o media salvo en los grupos (SP y GP), en los que es nula o muy ligera.

El equipo de compactación a utilizar en terraplenes o rellenos será sobre neumáticos o cilindro de pata de cabra, debiendo controlar la humedad en el grupo (GM). Los materiales del grupo (GP) deben compactarse o bien con equipo sobre neumáticos o con tractor de orugas o rodillo liso.

### ***Limos, arcillas y margas (Depósitos ligados a cursos de agua). Qma***

Estos depósitos se extienden a lo largo de todo el borde S de la Hoja en relación con los cursos fluviales. Su litología es bastante homogénea a base de arenas, limos y arcillas y margas, predominando los primeros y las arcillas con bajo índice de plasticidad.

Los materiales analizados pertenecen a los grupos (CL, SM y ML) y estados intermedios (CL-ML).

Su valor como cimiento cuando no esté sometido a la acción del hielo varía de aceptable a bueno. Como base es inaceptable en general y malo en el caso de algunos materiales del grupo (SM). La capacidad para segregar hielo es media, salvo en los suelos del grupo (ML) o (CL) que suele ser alta.

Deben utilizarse equipos de compactación sobre neumáticos o cilindros de pata de cabra, controlando la humedad en los grupos (ML) y (SM).

### ***Arenas, gravas y arcillas poco cementadas (Depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas intrusivas: granitos, dioritas, gabros, etc y gneis metamórficos). Qg***

Los componentes de la roca madre al descomponerse dan lugar a: los feldespato y plagioclasas a arcillas, el cuarzo a arenas cuarcíferas y las micas que, aunque alteradas, permanecen.

Estas formaciones se distribuyen de forma irregular por debajo de la diagonal NO-SE de la Hoja.

Las mayores acumulaciones se sitúan en las zonas de menores pendientes y su litología cae dentro del ámbito de las arenas limosas y arenas arcillosas (SM y SC), que en algunos puntos presentan tránsitos a arenas mal graduadas (SP-SM). En ocasiones aparecen cantos y bolos bastante redondeados de granitos y gneises. Su resistencia en seco y su plasticidad es baja o muy baja.

Su acción potencial a la helada es alta. Su valor para cimentaciones y subbases de carreteras es en general mediano, mientras que para bases es inaceptable.

***Arenas, gravas y arcillas sueltas (Depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas volcánicas). Qv***

Se distribuyen de forma irregular en el borde Norte de la Hoja. Su clasificación por plasticidad y granulometría sitúa a estos depósitos en grupos muy variables. En los análisis se han encontrado arenas limosas SM, arenas arcillosas SC y arcillas inorgánicas de plasticidad elevada CH.

Para terraplenes la estabilidad de estos materiales es pasable, si bien las arcillas CH obligan a taludes tendidos. Las condiciones de compactación en rellenos varían entre buenas y aceptables, con control cuidadoso para los grupos SM y SC. Para las arcillas muy plásticas la compactación varía entre aceptable y mala.

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, su valor oscila entre aceptable y bueno, salvo para las arcillas plásticas, que es de malo a muy malo.

Como base no son utilizables, y su acción potencial de helada oscila entre media y alta. Deben utilizarse equipos de compactación sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra, especialmente para los limos y arcillas.

***Arcillas y cantos angulosos de pizarra sueltos (Depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de macizos pizarrosos). Qp***

Están distribuidos de forma irregular sobre los dos tercios superiores de la Hoja, sobre los materiales pizarrosos, especialmente en las zonas con menor pendiente.

En función de la plasticidad y granulometría estos materiales son arcillas inorgánicas (CL), arenas arcillosas (SC), arenas limosas (SM), gravas limosas (GM) y predominando sobre todos ellos gravas arcillosas (GC).

Como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, es aceptable a bueno. Para terraplenes su estabilidad varía de pasable a aceptable, y se compacta bastante bien con rodillo de pata de cabra y equipo sobre neumáticos. No es válido para base de carreteras. Su capacidad para segregar hielo es de ligera a alta y su compresibilidad y entumecimiento de ligero a medio.

Los equipos de compactación más adecuados son sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

***Canchales formados por cantos gruesos angulosos de cuarzo y cuarcita y metacuarcita (coluviones depositados al pie de macizos de litologías diversas y de los crestones cuarcíticos). Qda***

Además de las manchas cartografiadas existen otras muchas que por su pequeña extensión no son representables en esta escala. Se extienden con gran profusión por todo el tercio inferior de la Hoja.

Los suelos clasificados son muy diversos y corresponden a gravas arcillosas (GC) en una gran proporción, gravas limosas (GM), arcillas inorgánicas limosas (CL) y arcillas inorgánicas de plasticidad elevada (CH). Con la excepción del grupo de las arcillas plásticas, (CH) cuyo valor como cimiento es malo o muy malo, los demás grupos, cuando no están sometidos a la acción del hielo, oscilan de aceptable a bueno. Como bases resultan inaceptables y su capacidad para segregar hielo varía de ligera a media.

Para rellenos y terraplenes se hace necesario un equipo de compactación sobre neumáticos o bien cilindros de pata de cabra, salvo en el caso del grupo (CH) en el que es necesaria la utilización de la segunda posibilidad.

***Canchales formados por cantos gruesos angulosos de cuarzo, cuarcita y metacuarcita (coluviones depositados al pié de macizos de litologías diversas y de los crestones cuarcíticos). Qd***

Además de las manchas cartografiadas existen otras muchas que por su pequeña extensión no son representables en esta escala. Se extienden con gran profusión por todo el tercio inferior de la Hoja.

Los suelos clasificados son muy diversos y corresponden a gravas arcillosas (GC) en una gran proporción, gravas limosas (GM), arcillas inorgánicas limosas (CL) y arcillas inorgánicas de plasticidad elevada (CH) y grupos intermedios (GM-GC). Con la excepción del grupo de las arcillas plásticas (CH), cuyo valor como cimienta es malo o muy malo, los demás grupos, cuando no están sometidos a la acción del hielo, oscilan de aceptable a bueno. Como bases resultan inaceptables y su capacidad para segregar hielo varía de ligera a media.

Para rellenos y terraplenes se hace necesario un equipo de compactación sobre neumáticos o bien cilindros de pata de cabra, salvo en el caso del grupo (CH) en el que es necesaria la utilización del segundo método.

## **SUSTRATO**

### ***Arenas y areniscas de grano fino y calcáreas. Ta***

Se distribuyen en pequeños manchones a lo largo de todo el borde S de la Hoja.

Su granulometría oscila entre la correspondiente a las arenas mal graduadas casi sin finos y a la de las arenas limosas. Pertenece a los grupos SM y SP y sus tránsitos intermedios (SP-SM).

Como material de relleno, cuando no está sometido a la acción del hielo, varía de aceptable a bueno, la capacidad para segregar hielo va de ligera o nula a alta, según el grupo. Como bases para carreteras no es utilizable. Para su compactación puede utilizarse equipo sobre neumáticos en ambos casos. Los del grupo SP pueden compactarse también con tractor sobre orugas mientras que los del grupo SM son susceptibles de utilizar también cilindros de pata de cabra. Debe atenderse al control de la humedad en el caso del grupo SM.

### ***Margas azules, que en su techo y muro pasan a margas arenosas o areniscas margosas. Tm***

Estos depósitos se presentan ocupando una amplia extensión en el tercio inferior de la Hoja.

Sus materiales se presentan con una disposición bastante regular con predominio de la litología arcillo-margosa y dan lugar a superficies de poco relieve. La roca sana muestra un color gris azulado que toma tintes amarillentos cuando está alterada, debido a la presencia de hierro.

Los suelos de alteración a que dan lugar son de un espesor mínimo y pertenecen a los grupos CL y CH.

Cuando no está sometido a la acción del hielo, su valor como cimienta oscila de inaceptable a bueno según el grupo de que se trate. Como base de carreteras es inaceptable y su capacidad para segregar hielo varía de media a alta.

El grupo (CL) puede compactarse con equipo sobre neumáticos o cilindros de pata de cabra, mientras que para el grupo (CH) debe utilizarse este último.

***Margas calcáreas con areniscas calcáreas, conglomerados calizos y calizas arenosas. Tmc***

Se extiende por el borde S de la Hoja y en su ángulo SE.

Es una formación fundamentalmente margosa; en ocasiones presenta algunas intercalaciones de calizas arenosas que son las que dan los mayores relieves. Los suelos a que dan lugar se han clasificado como pertenecientes a grupos muy diversos (GC), (SH), (SC), (ML) y (CL).

Su valor como cimiento, sin estar bajo la acción del hielo, va de aceptable a bueno; no es utilizable como base o subbase en carreteras y su capacidad para segregar hielo varía de ligera a alta. Para su compactación debe usarse equipo sobre neumáticos o cilindros de pata de cabra.

***Calizas con cambios laterales de facies a calizas arenosas. Tca***

Tiene poca extensión superficial y únicamente afloran en el cuarto SE de la Hoja. El material que de ellas se extraiga será utilizable para terraplenes, base de carreteras y probablemente capa de rodadura, en el caso de que en su composición existan elementos cuarzosos; de lo contrario, al ser monomineral dará un índice de deslizamiento elevado, lo que no lo hace muy aconsejable.

En desmontes soporta taludes importantes, si bien es necesaria la utilización de explosivos para realizar su arranque.

***Conglomerados con matriz suelta y en ocasiones cemento calcáreo. To***

Facies detrítica de borde que se sitúa directamente sobre el paleozoico en el límite inferior de la Hoja. Presenta buzamientos hacia el S muy suaves. Está formado por elementos rodados procedentes del zócalo paleozoico con intercalaciones y matriz arenosa (SC).

Como cimiento es aceptable si no está sometido a la acción del hielo, y no debe utilizarse como base para carreteras. Equipo de compactación sobre neumáticos.

***Areniscas calcáreas y margas. Sac.***

Aflora en el tercio inferior de la Hoja, separando el Paleozoico del Mesozoico. Los suelos que se han originado pertenecen a gran variedad de grupos (GC), (SM), (SC), (SM-SC) y (CL).

Como cimiento, en ausencia del hielo, varía de aceptable a bueno, no pudiendo utilizarse como base para carreteras.

El equipo sobre neumáticos o los cilindros de pata de cabra serán los indicados para su compactación.

### ***Margas con yesos. Sy***

En esta formación se observan una serie de afloramientos de yesos masivos, intercalados con margas yesíferas, de extensión y potencia muy variable, estando ambos tipos de depósitos recubiertos por un suelo de arcillas y limos yesíferos procedentes de su alteración. Afloran inmediatamente debajo de las calizas jurásicas en el ángulo SE de la Hoja.

Presentan formas redondeadas, con marcados signos de la acción erosiva de las aguas, pendientes de moderadas a altas y permeabilidades prácticamente nulas.

Su competencia mecánica es apreciable, si bien sus condiciones geotécnicas son desfavorables debido a la fácil disolución de los yesos por la acción de las aguas, lo que puede provocar asentamientos apreciables, resquebrajamiento o hundimientos de las estructuras que sustentan. Asimismo las aguas que por ella discurren se cargarán de sulfatos, adquiriendo unas características de agresividad, con relación a los cementos, de bastante importancia.

Los yesos de esta formación se explotan en algunos puntos, aprovechándose como material para la construcción.

### ***Calizas en ocasiones oquerosas. Sca***

Esta formación se sitúa en el tercio inferior de la Hoja, en el borde O, rodeando a un macizo calizo del Terciario. La mayor extensión superficial de esta litología corresponde al nivel carbonatado, jurásico.

Se presentan, de forma muy aislada, recubiertas por arcillas rojas conteniendo cantos angulosos procedentes de la alteración de la roca madre, pero en zonas tan reducidas que no son representables en esta escala.

Buen material de construcción, en desmontes, su estabilidad es buena, abrasividad baja, excelente para bases y subbases en carreteras y balasto para ferrocarriles.

Su competencia mecánica es alta y sus condiciones geotécnicas muy favorables.

### ***Rocas detríticas alternantes con predominio de conglomerados y areniscas. Sco***

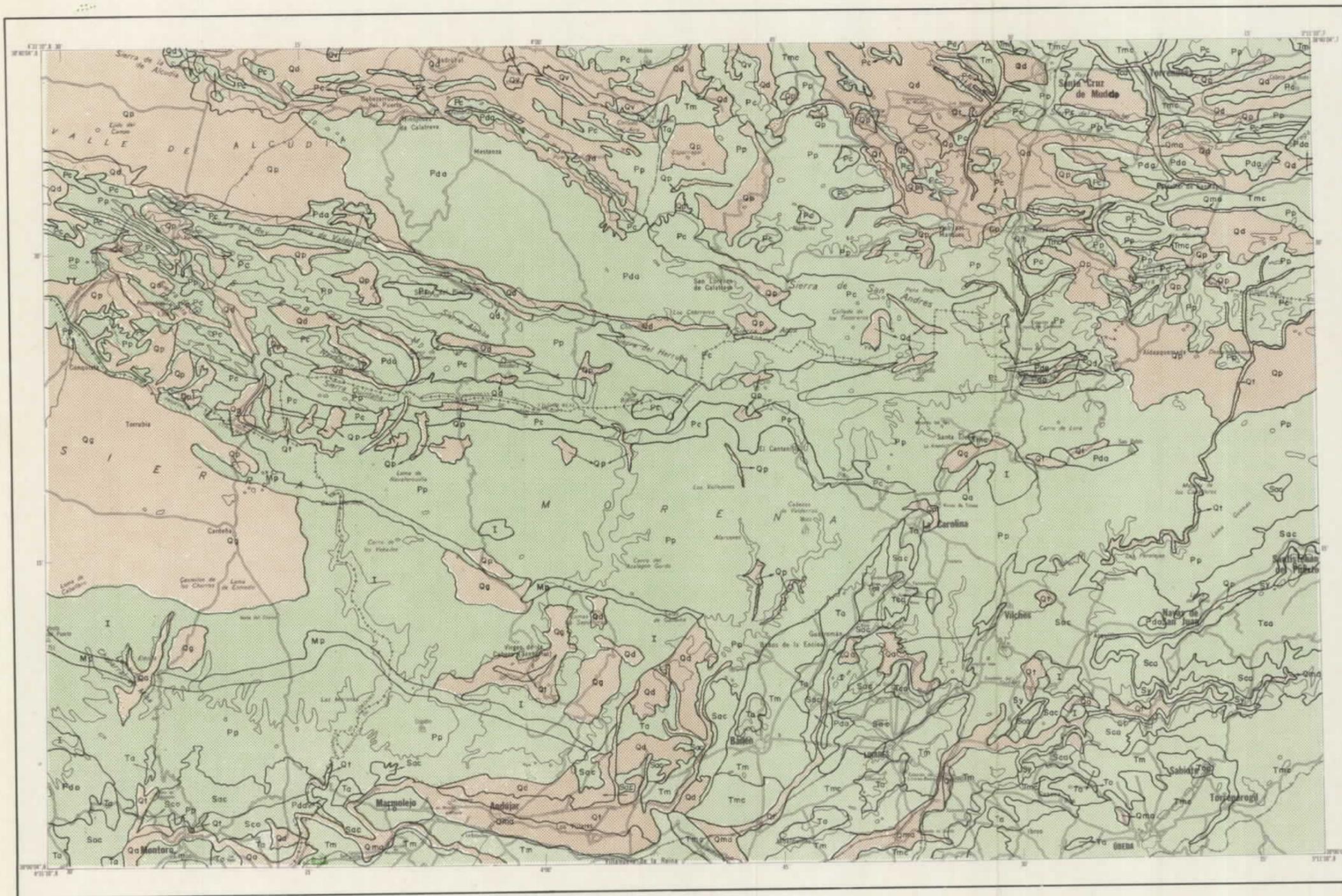
Son materiales detríticos que corresponden a depósitos triásicos (Buntsandstein). Los suelos, muy débiles y localizados, son de material granular. Morfología suave, estable en condiciones naturales y bajo la acción del hombre. La capacidad de carga suele ser alta y no deben existir asentamientos.

### ***Areniscas en tránsito a cuarcitas y cuarcitas. Pc***

Corresponden a diversas edades dentro del Paleozoico; se sitúan en el tercio superior de la Hoja y son materiales muy compactos, por lo que su capacidad de carga es francamente buena, sin asentamientos, sosteniéndose muy bien en desmontes, si bien para su extracción es necesario el empleo de explosivos. Su abrasividad es elevada, razón por la cual los útiles de perforación sufren fuerte desgaste.

Es bueno para capa de rodadura en carreteras y soporta taludes importantes.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Está formada por rocas pizarrosas como litología dominante, a las que en algunas zonas le acompañan areniscas, grauwacas y a veces calizas. Recubrimientos frecuentes de no mucha potencia y predominantemente cohesivos, pendientes inferiores al 15 por ciento.
	I <sub>2</sub>	Litológicamente similar a lo anterior, morfología más abrupta, con pendientes superiores al 15 por ciento. Recubrimientos inexistentes o de potencia mínima.
	I <sub>3</sub>	Está formada por rocas ígneas ácidas atravesadas por diques y filones de aplitas, pagmetitas, etc, estas migmatitas, gneises y cuarcitas, con morfología suave de pendientes inferiores al 15 por ciento. Coberturas frecuentes a veces hasta de 10-12 m.
	I <sub>4</sub>	La misma asociación litológica que la anterior, pero con pendientes mayores del 15 por ciento. La roca aflora o tiene un recubrimiento muy fino, muy competente y bastante resistente a la erosión.
	I <sub>5</sub>	Rocas detríticas alternantes de conglomerados y areniscas, areniscas en tránsito a cuarcitas y cuarcitas. Los recubrimientos tienen poca importancia superficial y poco espesor.
	I <sub>6</sub>	Está formada por calizas y dolomías con frecuentes señales de karstificación. En general, no presentan en superficie arcillas de descalcificación.
	I <sub>7</sub>	Margas arcillosas y yesíferas, con existencia de niveles de yeso puro que suele estar cristalizado.
	I <sub>8</sub>	Comprende rocas volcánicas y sus depósitos eluviales y coluviales que suelen estar formados por arenas y arcillas sueltas.
II	II <sub>1</sub>	Está formada por gravas, arenas, arcillas y limos. Predominan los finos en el cauce actual del Guadalquivir. Las gravas son más abundantes en sus terrazas y en los demás cursos fluviales actuales. Gravas y arenas se utilizan como áridos.
	II <sub>2</sub>	Está formada por elementos detríticos, conglomerados, gravas y areniscas; a veces paquetes arcillosos. Morfología alomada.
	II <sub>3</sub>	Está formada por margas, margas calcáreas, algunas intercalaciones de areniscas calcáreas y en ocasiones calizas arenosas en general, dan formas alomadas con la sola excepción de pequeños resaltes en las calizas arenosas.
	II <sub>4</sub>	Calizas terciarias que ocasionalmente pasan, por cambio lateral de facies, a calizas arenosas. En puntos muy localizados son más cristalinas.



SUSTRATO

- Tg Arenas y areniscas de grano fino y calcareas.
- Tm Margas, margas arenosas, margas arcillosas y arcillas.
- Tmc Margas y areniscas calcareas, conglomerados calizos y calizas arenosas.
- Tca Calizas con cambios laterales de facies a calizas arenosas y areniscas calcareas.
- Ta Conglomerados con matriz suelta y en ocasiones cemento calcareo.
- Sac Areniscas calcareas y margas.
- Sy Margas con yesos.
- Sca Calizas masivas en ocasiones oquerosas.
- Sca Conglomerados con matriz arenosa y cemento calcareo con abundantes cantos.
- Pc Areniscas en transito a cuarcitas y cuarcitas.
- Pp Pizarras, a veces con esporadicas intercalaciones de otros materiales, especialmente areniscas y grauwackas.
- Pda Pizarras y esquistos alternando con conglomerados, arcosas y grauwackas.
- Mp Pizarras muy siliceas y corneanas procedentes del metamorfismo de contacto.
- I Rocas acidas como: granitos, adamellitas, dioritas, granodioritas, etc. y sus correspondientes asociaciones filonianas como pegmatitas, apilitas, etc.

FORMACIONES SUPERFICIALES

- Qe Arenas, gravas, limos y arcillas (depositos ligados a cursos de agua).
- Qf Arenas, gravas, limos, arcillas y conglomerados algo cementados (depositos de terrazas).
- Qma Limos, arcillas y margas (depositos ligados a cursos de agua).
- Qa Arenas, gravas y arcillas poco cementadas (depositos eluviales y coluviales, procedentes de la alteracion de rocas intrusivas: granitos, granodioritas, etc.)
- Qv Arenas, gravas y arcillas sueltas (depositos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de rocas volcanicas).
- Qp Arcillas y cantos angulosos de pizarra sueltas (depositos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de macizos pizarrosos).
- Qca Arcillas y cantos angulosos de pizarras, cuarzo y metasuarcita. (coluviones depositados al pie de macizos de litologias diversas y de los crestones cuarciticos).

***Pizarras a veces con esporádicas intercalaciones de otros materiales, especialmente areniscas y grauwacas. Pp***

En este conjunto dominan las pizarras y se extienden en una gran banda a lo largo de toda la parte central de la Hoja. Los macizos rocosos a que dan lugar se caracterizan por una esquistosidad bastante acusada. La estabilidad en los desmontes varía ampliamente en función sobre todo de la posición de las laderas del desmonte respecto a los planos de esquistosidad y son fáciles al excavar.

***Pizarras y esquistos alternando con conglomerados, arcosas y grauwacas. Pda***

Ocupan una amplia superficie en el N de la Hoja y en algunas zonas aisladas en el ángulo SO. Sus características litológicas son muy variables, dados los diversos tipos que aparecen. En general existen áreas con propiedades muy diferentes que sólo una cartografía a escala más detallada que la presente podría diferenciar.

Aunque predominan las pizarras, y por tanto las características geotécnicas, morfológicas, hidrológicas, etc., son similares a las Pp, hay intercaladas zonas más localizadas de otras litologías, que presentan características como las ya mencionadas para los conglomerados, grauwacas, etc...

***Pizarras muy silíceas y corneanas procedentes del metamorfismo del contacto. Mp***

Se extienden en dirección O-E en dos bandas, bordeando el macizo granítico de la zona central de la Hoja. La esquistosidad es poco manifiesta, son más resistentes a la erosión que las ya tratadas en los dos grupos anteriores y con mayor abrasividad.

Desmontes de peor excavación, pero que soportan un mayor talud, capacidad de carga más alta y asientos de menor cuantía, todo esto, claro está, referido a los dos tipos de pizarras ya descritos.

***Rocas ácidas como: granitos, sienitas, dioritas, granodioritas, adamellititas, etc. y sus correspondientes asociaciones filonianas como: pegmatitas, aplitas, etc.***

Ocupan una amplia superficie inmediatamente debajo de la diagonal NO-SE de la Hoja y paralela a ella. Presentan una morfología muy variable con pendientes que pueden superar el 30 por ciento. En ocasiones dan lugar a bolos y formas redondeadas, sobre todo en las zonas en que están alterados. Suelen encontrarse recubiertas por suelos arenosos procedentes de su alteración, a los que, junto con las zonas de fractura, suele ir ligada el agua.

Su abrasividad es elevada y es necesario, si está fresco, el uso de explosivos para su extracción. Su estabilidad en desmontes es buena y puede soportar taludes importantes. Por el contrario, el jabre es ripable y se sostiene mal, problema agravado casi siempre por el contenido en agua de este tipo de material.

En su interior, son frecuentes los diques y filones que en muchos casos suelen tener un comportamiento diferencial no sólo desde el punto de vista morfológico, sino también desde el hidrológico y geotécnico.

## **2.5. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS**

En este apartado se analizan los principales rasgos morfológicos, en relación con la repercusión que tienen, o pueden tener, sobre las condiciones constructivas de cada tipo de terreno.

El análisis tendrá como base las características y comportamiento de las diferentes asociaciones de rocas ante las condiciones del medio, resaltando aquellos problemas que surjan en el terreno, bien por causas puramente naturales, bien por la acción directa del hombre. Se completará lo expuesto por medio de un mapa y de una ficha resumen en la que se incluyen las características geomorfológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segunda categoría.

### **Area I<sub>1</sub>**

Presenta una topografía suave con formas de pendientes menores del 15 por ciento. Por lo general es estable en condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

Aparece recubierta con frecuencia por materiales cohesivos que incluyen, a veces, en su interior lajas de pizarras. Otras veces las acumulaciones están formadas predominantemente por rocas sueltas.

### **Area I<sub>2</sub>**

Presenta una topografía de mayor relieve, con formas de pendientes superiores al 15 por ciento. Al ser menos estable que la anterior, suelen verse deslizamientos, favorecidos con frecuencia por el buzamiento de los planos de pizarrosidad, coincidentes con la dirección de máxima pendiente de las laderas.

Con pendientes entre el 10 y el 30 por ciento pueden aparecer zonas inestables ante la acción del hombre si contribuye a ello la esquistosidad; con pendientes superiores la inestabilidad puede hacerse manifiesta incluso sin la intervención humana.

Los recubrimientos tienen menor desarrollo superficial y espesor que en la Area I<sub>1</sub>.

### **Area I<sub>3</sub>**

Con morfología suave a intermedia, presenta pendientes inferiores al 15 por ciento.

La área se considera estable tanto bajo condiciones naturales como bajo la acción del hombre, si bien en las zonas con mayor pendiente pueden aparecer en puntos muy localizados zonas inestables en los depósitos granulares y bastante heterométricos que recubren amplias superficies de esta área.

### **Area I<sub>4</sub>**

Presenta una morfología en general abrupta con formas de relieve de pendientes superiores al 15 por ciento.

La área se considera estable tanto por acciones naturales como bajo la acción humana. Pueden aparecer desprendimientos, muy localizados, en relación con fallas y

diaclasas y en las zonas con mayor pendiente, produciéndose entonces acumulaciones rocosas en su pie.

Los recubrimientos son más estrictos, menos potentes y más dispersos que en la área anterior.

### **Area I<sub>5</sub>**

Presenta formas de relieve muy heterogéneas. En el borde S de la Hoja, en la cuenca del río del Rumbiar y en la zona de Montoro la morfología es muy suave con pendientes inferiores al 7 por ciento. Más al N, en la región de San Lorenzo de Calatrava, el terreno es más abrupto, con pendientes del orden del 15 por ciento y 30 por ciento, llegando incluso a alcanzar valores superiores.

El terreno se considera estable bajo todo tipo de acciones, si bien en las zonas de borde de los crestones cuarcíticos, donde la pendiente es mayor, aparecen desprendimientos jalonados en su pie por canchales y acumulaciones detríticas muy heterométricas.

### **Area I<sub>6</sub>**

Presenta morfología acusada con pendientes que oscilan frecuentemente entre el 7 y el 30 por ciento.

En algunas zonas pueden aparecer formas de relieve más acusadas con pendientes superiores.

La área es estable tanto bajo la acción de los agentes naturales como del hombre. Únicamente algunas acumulaciones de arcillas procedentes de la decalcificación "in situ" de las calizas puede, de forma muy restringida, dar lugar a pequeños deslizamientos a favor de la pendiente, en zonas muy localizadas.

### **Area I<sub>7</sub>**

Muestra una topografía muy variada, que pasa desde prácticamente llana (pendiente hasta del 7 por ciento en las orillas del río Guadalimar) a abrupta (pendientes superiores al 15 por ciento en la mayoría de los restantes afloramientos).

La área es estable bajo condiciones naturales, debiéndose considerar, por lo general, inestable bajo la acción del hombre.

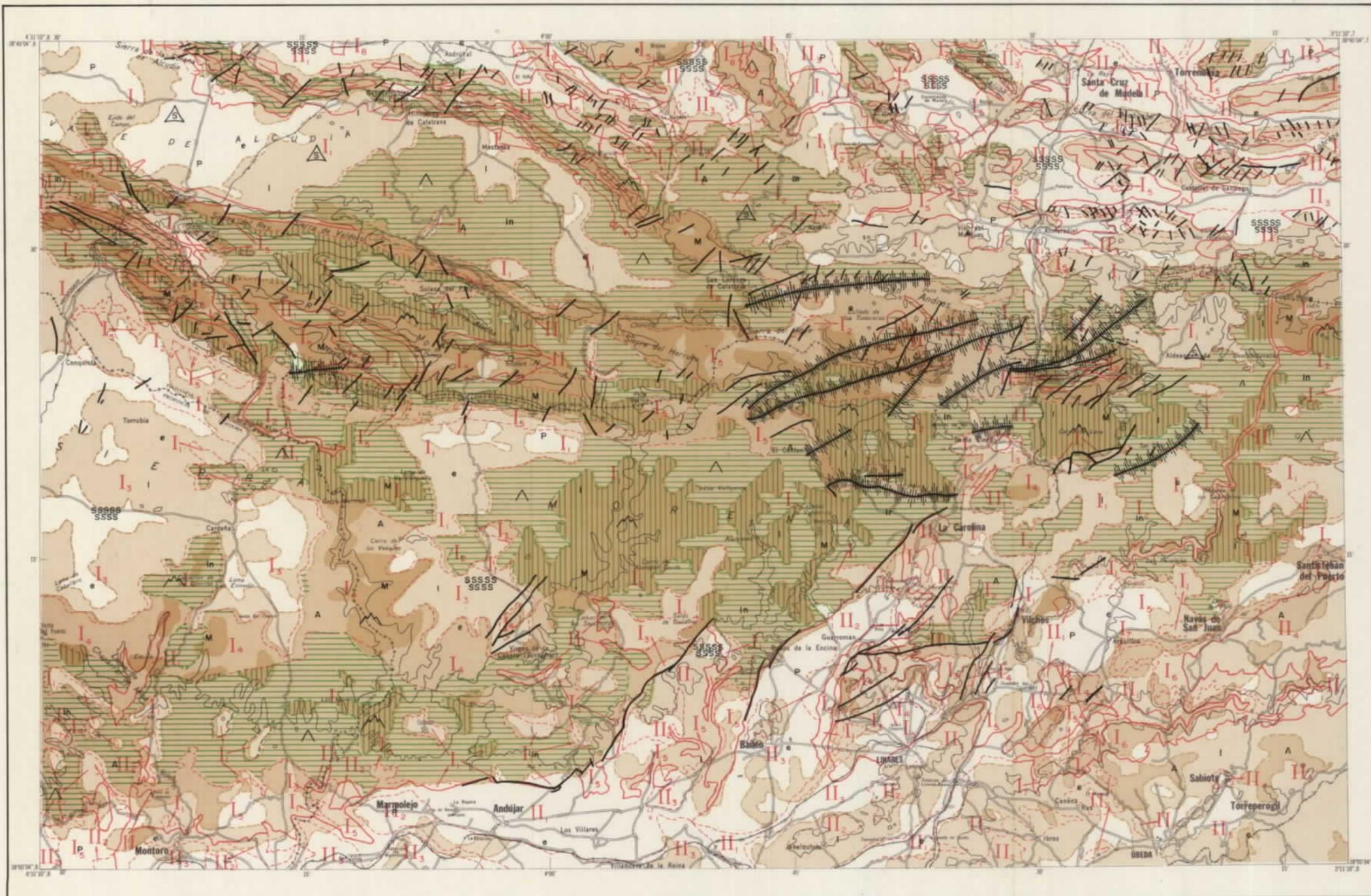
Se observan en ella abundantes fenómenos de hundimientos, deslizamientos y abarrancamientos, ocasionados por la disolución progresiva de las formaciones de yesos, especialmente en la zona S de la Área.

### **Area I<sub>8</sub>**

Su difusión dentro del marco de la Hoja es muy pequeña, extendiéndose exclusivamente por el borde N; sin embargo muestra una morfología bastante variable. Los perfiles del relieve presentan pendientes que oscilan entre el 3 y el 30 por ciento. Hacia el O las formas son suaves con pendientes bajas que no sobrepasan valores de 6 u 8 por ciento; por el contrario en el N el paisaje es más abrupto, alcanzándose cifras elevadas.

Pueden considerarse como estables ante todo tipo de acciones, si bien a menor escala pueden aparecer desmoronamientos de poca importancia en relación con las zonas más tectonizadas.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I <sub>1</sub>	Morfología suave con pendientes inferiores al 15 por ciento, por lo general aparece recubierta de materiales cohesivos y en algunos casos por acumulaciones de pizarras en lajas. Estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
	I <sub>2</sub>	Presenta una morfología de pendientes más fuerte, con valores superiores al 15 por ciento. Su estabilidad está en función, además de la pendiente, de la dirección de pizarrosidad. Son frecuentes los deslizamientos a favor de esta última. Los recubrimientos o no existen o son de poco espesor.
	I <sub>3</sub>	Muestra relieves intermedios en los que las pendientes son menores del 15 por ciento. Es estable bajo cualquier tipo de acción, existiendo recubrimientos granulares muy heterométricos.
	I <sub>4</sub>	Morfología abrupta con pendientes superiores al 15 por ciento. Es estable aunque pueden aparecer desprendimientos, a favor de la pendiente topográfica y del diaclasado. Dan lugar a algunas acumulaciones rocosas. Los recubrimientos son menos frecuentes que en la Area anterior.
	I <sub>5</sub>	Morfología bastante variable con pendientes en general inferiores al 15 por ciento en las cuencas de los ríos Guadalquivir y Guadalén, y del orden del 15 por ciento al 30 por ciento y superiores, en las cuarcitas y areniscas compactas del N de la Hoja. En la base de las zonas más pendientes, aparecen canchales y acumulaciones detríticas. Estable bajo todo tipo de acciones excepto en las zonas de borde de los crestones cuarcíticos.
	I <sub>6</sub>	Presentan en general morfología acusada, con pendientes variables entre el 7 y el 30 por ciento y que en algunos casos muy aislados, alcanzan valores superiores. La Area es estable a excepción de algunas acumulaciones de material cohesivo procedente de alteración "in situ", que pueden dar lugar a pequeños deslizamientos a favor de la pendiente (pero estos casos son excepcionales).
	I <sub>7</sub>	Morfología acusada con pendientes que oscilan del 3 al 30 por ciento. La zona es estable, si bien la presencia de agua y la acción del hombre, pueden hacerla inestable por progresiva disolución de los yesos.
	I <sub>8</sub>	Su morfología es muy suave con pendientes que oscilan entre el 3 y el 30 por ciento. En general son estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
II	II <sub>1</sub>	Presenta una morfología casi completamente llana en el fondo de los cauces, o llana, con escalón en su frente hacia el río, en las terrazas. La pendiente topográfica es inferior al 7 por ciento. La estabilidad natural es buena si bien las terrazas pueden ir degradándose paulatinamente en su borde.
	II <sub>2</sub>	Morfología suave con pendientes que oscilan entre el 0 y el 15 por ciento, siendo más frecuentes los valores inferiores al 10 por ciento. Su estabilidad natural es buena y tan sólo la erosión fluvial en contacto con II <sub>1</sub> , puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos de poca importancia.
	II <sub>3</sub>	Presenta morfología entre llana y alomada con pendientes en general inferiores al 10 por ciento, aunque en puntos muy localizados puedan llegar a alcanzarse valores superiores al 20 por ciento. En estos casos la estabilidad natural empeora y aparecen señales de erosión y de deslizamientos muy superficiales.
	II <sub>4</sub>	Con frecuencia la pendiente es inferior al 15 por ciento. En puntos aislados puede alcanzar valores hasta del 30 por ciento. Por lo general es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre en toda su superficie. En el contacto con otras áreas especialmente en los bordes N, puede haber desprendimientos, desgajamientos y basculamientos de bloques.



INTERPRETACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

- P Zonas planas, pendientes del 0 al 7 por ciento
- I Zonas intermedias, pendientes del 7 al 15 por ciento.
- A Zonas abruptas, pendientes del 15 al 30 por ciento.
- M Zonas montañosas, pendientes superiores al 30 por ciento
- Limite de separacion de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU GRADO DE ESTABILIDAD

- e Zonas estables bajo condiciones naturales y bajo la accion del hombre.
- in Zonas estables bajo condiciones naturales e inestables bajo la accion del hombre.
- I Zonas inestables bajo condiciones naturales y bajo la accion del hombre.
- Limite separacion de zonas

SIMBOLOGIA

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Faltas o zona de falla
- Zona influenciada por fracturas o fallas

FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- Formas de relieve muy acusadas
- Formas de relieve acusadas
- Taludes de materiales sueltos
- Acumulacion de rocas sueltas
- Recubrimientos por alteracion
- Abarrancamientos
- Deslizamientos en potencia a favor de las pendientes naturales
- Recubrimientos por alteracion en zonas de rocas sueltas

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- Limite de separacion de Areas
- I Designacion de un Area

En las partes en que la pendiente es baja suelen aparecer recubrimientos.

### **Area II<sub>1</sub>**

Presenta una morfología plana con pendientes inferiores al 3 por ciento, tanto en el fondo de los cauces como en las terrazas, en las que las formas son planas con escalón en su frente hacia el río.

La estabilidad, tanto natural como ante las sollicitaciones que introduce el hombre, es buena, si bien las terrazas en su frente sufren erosiones a veces bastante importantes y pueden degradarse paulatinamente.

En la cabecera de algunos cauces pueden producirse fenómenos de abarrancamiento.

### **Area II<sub>2</sub>**

Muestra una morfología suave de pendientes inferiores al 15 por ciento y que con gran frecuencia no sobrepasan valores del 7 por ciento.

Su estabilidad es buena tanto frente a los agentes naturales como ante la acción del hombre y únicamente la erosión fluvial en las zonas en contacto con el área II<sub>1</sub> puede dar lugar a pequeñas cárcavas y abarrancamientos, siempre muy localizados y de importancia limitada.

### **Area II<sub>3</sub>**

Presenta una morfología entre llana y alomada, sin apenas relieves, con pendientes que en raros puntos sobrepasan el 10 por ciento, aunque en puntos muy localizados pueden llegar a alcanzarse valores superiores al 20 por ciento. Dadas sus formas de relieve, es estable, si bien en las zonas con mayor pendiente pueden aparecer señales de erosión y de deslizamiento muy superficiales.

### **Area II<sub>4</sub>**

Presenta pendientes con frecuencia inferiores al 15 por ciento, si bien en puntos aislados las formas de relieve pueden ser más acusadas.

Es estable ante las acciones de la naturaleza y del hombre. En el contacto con otras áreas situadas más al N son frecuentes los desprendimientos.

## **2.6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS**

En este apartado se analizarán las características que afectan, de manera más o menos directa, las condiciones constructivas de los diferentes terrenos.

El análisis se basará en las distintas permeabilidades de los materiales, así como de sus condiciones de drenaje y de los problemas que de la conjunción de ambos aspectos puedan aparecer. Se completará con un mapa y una ficha en la que se hacen constar las características hidrológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segundo orden.

## **Areas I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub>**

En ambas, el material predominante es impermeable, los acuíferos escasean y los pocos existentes están en relación con los recubrimientos en la área I<sub>1</sub>.

En la Area I<sub>2</sub> el agua subterránea es todavía más escasa y va ligada a zonas de fractura y a intercalaciones no pizarrosas.

El drenaje superficial es en general favorable, con una red fluvial muy marcada, especialmente en la área I<sub>2</sub>.

## **Areas I<sub>3</sub> y I<sub>4</sub>**

Se consideran como impermeables. El agua subterránea están en relación con fallas y fracturas en la área I<sub>4</sub>, mientras que en la I<sub>3</sub> va ligada a los recubrimientos granulares y aparece a profundidades menores de 5 metros, formando acuíferos importantes. En ambas puede aparecer en relación con diques y filones intensamente fracturados.

El drenaje superficial es favorable debido a las pendientes en la área I<sub>4</sub> y aceptable a causa de los recubrimientos y poco relieve en la área I<sub>3</sub>.

## **Area I<sub>5</sub>**

Está formada por materiales de permeabilidad variable, que hacia el O, en la cuenca del Guadalquivir y Guadalén, es mayor, por lo que aparecen reservas de agua que recarga el manto de aluviones del fondo del valle. En el N, en la zona de San Lorenzo de Calatrava, la permeabilidad es mucho menor y el agua va sobre todo ligada a zonas de fracturas.

El drenaje superficial es aceptable en general, mejor en toda la zona N que en las cuencas del Guadalquivir y Guadalén.

## **Area I<sub>6</sub>**

Está formada por materiales karstificados y oquerosos según las zonas, por lo que su permeabilidad es alta.

El drenaje se efectúa con preferencia de forma subterránea, a pesar de las pendientes, a veces bastante fuertes. El drenaje superficial está poco desarrollado salvo en los casos de gran pendiente. Los manantiales abundan y son de caudal más regular que en otras áreas.

## **Area I<sub>7</sub>**

En general es impermeable, por lo que la red de escorrentía superficial será importante, más aún donde las pendientes son superiores al 15 por ciento.

Habrà que tener en cuenta el problema que supone para los aglomerantes hidráulicos ordinarios la presencia de iones sulfato disueltos en las aguas que atraviesan esta formación.

No existen problemas de nivel freático para cimentación, pero en aquellos lugares donde la pendiente sea pequeña es fácil que aparezcan zonas de encharcamiento.

### **Area I<sub>8</sub>**

Está formada por materiales semipermeables. El agua aparece únicamente en relación con las zonas de fisuración y con los recubrimientos.

El drenaje es favorable, no apareciendo zonas de encharcamientos más que en áreas muy localizadas, de forma esporádica y temporal, debido a la alteración en superficie de los materiales que conforman este tipo de formación.

### **Area II<sub>1</sub>**

La permeabilidad global de toda la área es buena por lo que aparecen niveles freáticos altos, mayores en las planas de los cauces fluviales que en las terrazas. En todos los casos a profundidades menores de los 5 metros.

El drenaje subterráneo es bueno salvo en zonas localizadas del SE de la Hoja y se efectúa por percolación. En algunos puntos, con predominio de arcillas y limos, pueden aparecer zonas de encharcamiento.

### **Area II<sub>2</sub>**

La permeabilidad de la área es buena por porosidad intergranular. El nivel freático es alto con agua casi siempre a profundidades menores de 5 metros, excepcionalmente hasta 8 ó 10 m. Abundan los pozos, fuentes y manantiales. En algunos puntos la alternancia de los materiales detríticos con las arcillas da lugar a zonas con permeabilidades más bajas.

El drenaje superficial es en general deficiente, debido a la baja pendiente y a la permeabilidad de los materiales que forman la serie.

### **Area II<sub>3</sub>**

Se considera semipermeable en el sentido de que su permeabilidad presenta variaciones debido a la mezcla de litologías con comportamiento hidrológico diferencial, de aquí que bajo esta denominación se incluyen zonas impermeables, que son las de mayor extensión superficial, y zonas permeables minoritarias. Por todo ello existen, de forma aislada, acuíferos de cierta importancia con agua a profundidades del orden de 10 metros.

El drenaje superficial es deficiente.

### **Area II<sub>4</sub>**

Es toda ella permeable por fisuración y disolución, por lo que el agua subterránea abunda y en el contacto con otras áreas aparecen manantiales de caudal bastante constante.

El drenaje superficial se desarrolla poco debido sobre todo a la litología.

No es probable encontrar agua a la profundidad de cimentación.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub>	Areas con predominio de materiales impermeables. Hay pocos acuíferos y aislados; en relación con recubrimientos en la área de menor pendiente I <sub>1</sub> , ligados a zonas de fracturas y muy escasos en la Area I <sub>2</sub> . El drenaje superficial en general es favorable con una red fluvial muy marcada, y más densa en la Area I <sub>2</sub> .
	I <sub>3</sub> -I <sub>4</sub>	Se consideran como impermeables. Debido a los recubrimientos que en la I <sub>3</sub> llegan a alcanzar espesores de 10 a 15 m aparecen acuíferos importantes. Menos frecuente es el agua ligada a fallas y fracturas. El drenaje en general es aceptable, llegando incluso a favorable en la Area I <sub>4</sub> .
	I <sub>5</sub>	Materiales en general semi-permeables, con drenaje aceptable poseen algunas reservas de agua que recargan el manto de aluviones del fondo del Valle del Guadalquivir y Guadalén.
	I <sub>6</sub>	Materiales permeables por karstificación. El drenaje se efectúa con preferencia de forma subterránea, siendo el superficial deficiente. Manantiales abundantes y de caudal poco variable.
	I <sub>7</sub>	Se considera como impermeable, lo que unido a su morfología hace que el drenaje por escorrentía superficial sea favorable. Las aguas tendrán todos los peligros inherentes a aquellas que atraviesan zonas yesíferas.
	I <sub>8</sub>	Materiales en general semipermeables, que en algunos puntos, por su fisuración o textura, pueden dar lugar a acumulaciones de agua. Su drenaje es favorable, no apareciendo zonas de encharcamiento.
II	II <sub>1</sub>	Se considera como predominantemente permeable, si bien alternan materiales permeables e impermeables. El drenaje es sobre todo subterráneo. Debido a lo elevado del nivel freático, en el fondo de los valles planos, pueden aparecer zonas de encharcamiento.
	II <sub>2</sub>	Drenaje superficial deficiente. Acuíferos por porosidad intergranular con caudales importantes, aunque en algunos puntos la alternancia con arcillas de lugar a zonas con permeabilidades más bajas. Pozos muy abundantes con agua a profundidades del orden de 5 m y en algunas ocasiones de 8 a 10 m.
	II <sub>3</sub>	Se consideran en general semipermeables. Dominan los materiales impermeables, si bien existen niveles, en algunas zonas, de litología detrítica, con pequeños acuíferos por porosidad intergranular. El drenaje superficial es deficiente.
	II <sub>4</sub>	Materiales permeables por fisuración y disolución. El drenaje superficial es deficiente. Hay agua subterránea abundante que origina manantiales de caudal bastante regular en numerosos puntos.



CONDICIONES DE DRENAJE

- N** Zonas con Drenaje Nulo
- D<sub>1</sub> D<sub>2</sub>** Zonas con Drenaje Deficiente
  - D<sub>1</sub> Drenadas en superficie por percolacion natural. Agua a escasa profundidad.
  - D<sub>2</sub> Drenadas en superficie por escorrentia poco activa
- A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>3</sub>** Zonas con Drenaje Aceptable
  - A<sub>1</sub> Percolacion natural
  - A<sub>2</sub> Percolacion por la fisuracion de las rocas
  - A<sub>3</sub> Percolacion muy debil
- F** Zonas de Drenaje Favorables
  - Escorrentia superficial muy activa
- Limite de separacion de Zonas

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- p** Materiales permeables
- s** Materiales semipermeables
- i** Materiales impermeables
- Limite de separacion de los distintos materiales

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Limite de cuenca hidrografica
- Limite de subcuenca hidrografica
- ~ Red de drenaje
- Cauces permanentes

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- (A)** Zonas con acuíferos
- (B)** Zonas con acuíferos en formaciones permeables por porosidad intergranular
- (C)** Zonas sin acuíferos
- (D)** Zonas con acuíferos en formaciones permeables por fisuracion

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua ligada a fenomenos de fracturacion
- Aguas Colgadas

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- Limite de separacion de Areas
- I** Designacion de un Area

## 27. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la Hoja, entendiendo bajo esta acepción todas aquellas que están implicadas con la mecánica del suelo y con su posterior comportamiento al verse solicitado por la actividad técnica del hombre.

Este análisis se centrará de modo especial en los aspectos de capacidad de carga y posibles asentamientos, indicando al mismo tiempo todos aquellos factores que, de forma directa o indirecta, influyan sobre su óptima utilización como base de sustentación de edificaciones urbanas o industriales. Se completará con un mapa y una ficha resumen en la que se incluirán las características geotécnicas (propriadamente dichas) de cada unidad de clasificación de segundo orden.

A fin de no perder homogeneidad con lo hasta ahora expuesto se seguirá en la primera parte de este apartado haciendo referencia a cada una de las Areas, de forma individualizada, para luego, de forma global, exponer las características sismorresistentes de toda la Hoja, indicando qué tipo de problemas pueden ocurrir y en qué zonas habrá más propensión a ellos.

### Areas I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub>

Ambas zonas, de forma global, presentan capacidad de carga media. En el caso de pendientes superiores al 30 por ciento, especialmente cuando dominan las pizarras son apenas intercalaciones de otro tipo de roca, la capacidad de carga es baja, sobre todo en las zonas donde la esquistosidad unida al relieve puedan favorecer los deslizamientos. Los asientos son de magnitud media, aunque en la área I<sub>1</sub> al cimentar sobre recubrimientos cohesivos la magnitud de los asientos puede ser mayor.

En los casos en que los recubrimientos sean de poco espesor deberán retirarse antes de realizar las cimentaciones. Esta operación será sencilla en la área I<sub>2</sub>, pues debido a su mayor pendiente los recubrimientos serán débiles. Por el contrario, en la I<sub>1</sub> existirán zonas en las que los recubrimientos, de mayor espesor, no harán viable esta operación.

### Areas I<sub>3</sub> y I<sub>4</sub>

Cuando se trate de roca sana la capacidad de carga será alta sin posibilidad de que existan asientos; sin embargo, la aparición de recubrimientos heterogranulares es causa de una disminución de calidad de las propiedades mecánicas de la área, que pueden verse aún reducidas en los casos, por demás frecuentes, de aparición de agua. Si la potencia lo permite, deberán eliminarse estos recubrimientos antes de proceder a la cimentación.

En general las condiciones constructivas de I<sub>4</sub> serán favorables, en cuanto que están muy limitados los recubrimientos, si bien en algunos casos, cuando la pendiente sea elevada, puede actuar como factor negativo.

La área I<sub>3</sub> se considera globalmente como aceptable desde el punto de vista geotécnico, dado que la suavidad del relieve hace que las acumulaciones del material detrítico sean frecuentes y en ocasiones con espesores incluso de una decena de metros.

### **Area I<sub>5</sub>**

En esta área la compacidad y características mecánicas de los materiales que la forman varían de unos puntos a otros y en general, en las zonas orientales de la Hoja, la capacidad es de media a alta, con asientos que van desde inexistentes hasta magnitudes medias.

Más hacia Occidente la capacidad de carga aumenta y los asientos son nulos, con condiciones geotécnicas buenas, si bien la mayor pendiente de los manchones situados al O pueden obligar a la preparación de explanaciones antes de iniciar la construcción.

### **Area I<sub>6</sub>**

Su capacidad de carga es alta, no presentándose, si se está sobre roca sana, ningún tipo de asientos.

Ligados a los recubrimientos arcillosos procedentes de la alteración de la roca misma pueden aparecer problemas geotécnicos; sin embargo, dado que en general su potencia es pequeña, se considera a esta área sin problemas geotécnicos.

### **Area I<sub>7</sub>**

Posee, en general, condiciones geotécnicas desfavorables. Capacidad de carga media y asientos de magnitud media, aunque en ocasiones pueden aparecer bruscamente.

La disolución de los yesos en las aguas imposibilita la edificación con aglomerantes hidráulicos ordinarios.

Se debe eliminar en lo posible el contacto de las aguas con los yesos, para lo cual es necesaria la preparación previa del terreno.

### **Area I<sub>8</sub>**

Presenta capacidad de carga alta, sin asientos excepto en las zonas en que aparecen recubrimientos de alteración menos compactos, donde los asientos aumentan y la capacidad de carga disminuye.

### **Area II<sub>1</sub>**

Su capacidad de carga es baja, con asientos de magnitud media que pueden ser importantes en las zonas limo-arcillosas ligadas a cursos actuales.

En las terrazas con litología más pobre en finos aparecen a poca profundidad niveles ricos en gravas. Los asientos y la capacidad de carga son entonces, como mínimo, de magnitud media. Los problemas geotécnicos que cabe esperar están también en relación con el alto nivel freático y con el contenido en materia orgánica.

### **Area II<sub>2</sub>**

Capacidad de carga media, donde cabe esperar asientos de la misma magnitud. Puntualmente en zonas de litología alternantes puede haber asientos diferenciales de pequeña magnitud. El nivel freático alto puede dar origen a dificultades constructivas.

### **Area II<sub>3</sub>**

Capacidad de carga media y asientos de magnitud similar. Existen zonas en las que al aumentar la pendiente pueden originar problemas de asientos, así como deslizamientos frecuentes que, aunque bastante superficiales, puedan resultar incómodos. El nivel de las cimentaciones no se verá afectado por la presencia de agua ya que no existe en ningún caso, al menos de forma importante.

### **Area II<sub>4</sub>**

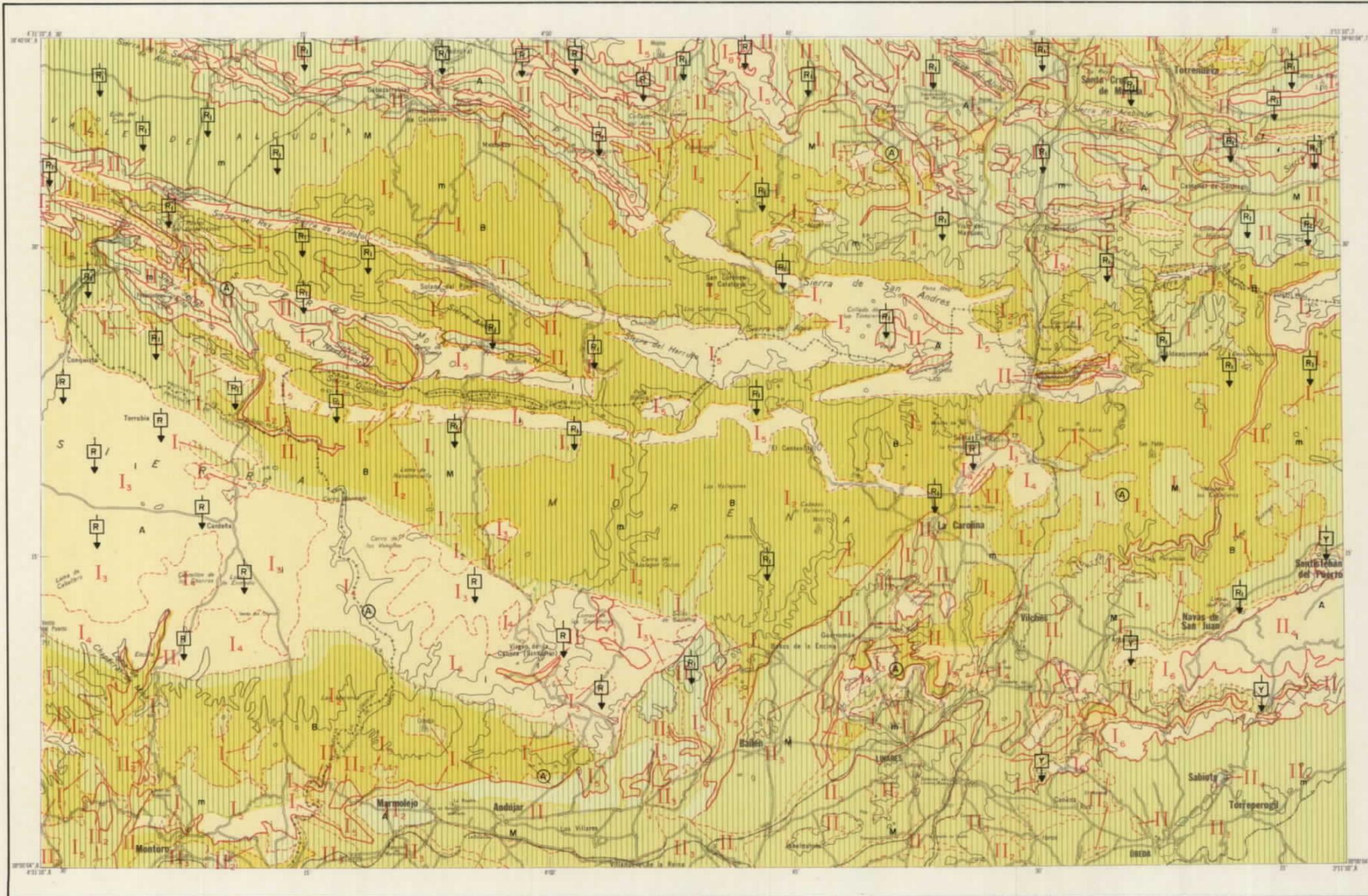
Inexistencia de asientos con capacidad de carga alta, si bien hacia el E, debido a cambios progresivos y laterales de litología, la capacidad de carga disminuye, aunque aún así los posibles asientos sean bajos.

Al igual que en el caso de la Area II<sub>3</sub>, a nivel de las cimentaciones no se encontrará agua.

### **SISMICIDAD**

Toda la Hoja se incluye dentro de la zona Sísmica A, de las definidas por la Norma Sismorresistente P.G, S-1 (1968) Parte A. Dentro de ella el grado de intensidad macrosísmica (MSK) es menor de VI, por lo que en general no deben producirse, por efectos sísmicos, daños de consideración.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub>	Ambas poseen capacidad de carga media. Pueden aparecer asientos en relación con los recubrimientos cohesivos que presentan. En la Area I <sub>2</sub> los problemas geotécnicos se verán agravados por la mayor pendiente, especialmente en las zonas en que la esquistosidad de las pizarras coincide con ella.
	I <sub>3</sub> -I <sub>4</sub>	Con capacidad de carga alta. Cuando se apoye sobre materiales alterados más abundantes y espesos en la Area I <sub>3</sub> pueden aparecer asientos de magnitud media. Sobre roca sana desaparecen estos problemas.
	I <sub>5</sub>	Con capacidad de carga de media a alta e inexistencia de asientos salvo en zonas aisladas, en las que se alcanzan magnitudes medias.
	I <sub>6</sub>	Capacidad de carga alta, posibilidad de aparición de asientos prácticamente nula. Los problemas geotécnicos estarán ligados al conocimiento del espesor de los recubrimientos arcillosos.
	I <sub>7</sub>	Su capacidad de carga puede, en un principio, considerarse como alta, con asientos de magnitud media. Dada sin embargo, la presencia de yesos y su fácil disolución, se pueden provocar, al cargar el terreno, asientos importantes incluso de forma repentina.
	I <sub>8</sub>	Capacidad de carga alta excepto en las zonas en que aparecen tobas volcánicas, materiales piroclásticos o existen recubrimientos de alteración. En estos casos los asientos pueden alcanzar magnitudes medias, en contraste con las demás masas rocosas inalteradas donde no existirán.
II	II <sub>1</sub>	Capacidad de carga baja con asentamientos de magnitud media que pueden ser importantes en zonas limo-arcillosas ligadas a cursos actuales. En las terrazas con litología más pobre en finos, los asientos y la capacidad de carga son de magnitud media. El nivel freático alto y el contenido en materia orgánica, pueden dar origen a problemas geotécnicos.
	II <sub>2</sub>	La capacidad de carga es media y la magnitud de los asientos del mismo orden. Puntualmente pueden darse asientos diferenciales de pequeña cuantía debido a las variaciones litológicas.
	II <sub>3</sub>	Capacidad de carga media y asientos de igual magnitud. En las reducidas zonas donde la pendiente sea superior al 7 por ciento pueden originarse asientos y deslizamientos de importante magnitud.
	II <sub>4</sub>	Inexistencia de asientos y capacidad de carga elevada. En las zonas donde el cambio lateral de litología sea importante, la capacidad de carga puede llegar a disminuir.



CAPACIDAD DE CARGA

- A Zonas con Capacidad de Carga Alta
- M Zonas con Capacidad de Carga Media
- B Zonas con Capacidad de Carga Baja
- MB Zonas con Capacidad de Carga Muy Baja

— Limite de Separacion de Zonas

ASIENTOS PREVISIBLES

- I Zonas con inexistencia de asientos.
- m Zonas con asientos de magnitud media
- e Zonas con asientos de magnitud elevada

--- Limite de separacion de Zonas

SIMBOLOGIA

GRADO DE SISMICIDAD

- A Bajo  $G < VI$
  - B Medio  $VI < G < VIII$
  - C Alto  $G > VIII$
- Escala internacional macrosismica (MSK)
- Limite de separacion de Zonas

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- R  
↓  
R<sub>i</sub>  
↓  
Y  
↓
- Recubrimientos granulares
- Recubrimientos cohesivos
- Yacimientos masivos o diseminados

DIVISION ZONAL

- Limite de separacion de Regiones
- - - Limite de separacion de Areas
- I** Designacion de un Area

### **3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS**

La serie de características analizadas a lo largo de los apartados que componen el punto 2 sirven de base para poder pasar a dar, ahora, las condiciones constructivas de la Hoja.

Estas condiciones se presentan aquí, indicando los tipos de problemas que pueden aparecer con más frecuencia, y los aspectos que han sido determinantes en su evaluación.

Las condiciones constructivas de los terrenos existentes se engloban dentro de las acepciones: Muy Desfavorables, Desfavorables, Aceptables, Favorables y Muy Favorables.

#### **3.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES**

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos que presentan importantes problemas, bien sea de tipo geomorfológico y geotécnico propiamente dicho (p.d.) o de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)

##### ***Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

Se incluyen aquí las pizarras, solas o alternando con otros materiales, que presentan pendientes superiores al 30 por ciento. La fuerte pendiente, la frecuencia de los deslizamientos, su capacidad de carga y la magnitud de los asentos son las causas que obligan a adoptar este criterio.

### ***Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

Se caracterizan como muy desfavorables por los problemas indicados en el epígrafe, los canchales al pie de areniscas o crestones cuarcíticos, cuando su pendiente es superior al 15 por ciento. La inestabilidad de tales materiales sueltos, su espesor a veces importante, el hecho de que en la actualidad sigan formándose estas acumulaciones y el elevado valor de la pendiente hacen que se etiquete como muy desfavorables a los mencionados materiales.

### **3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES**

Se incluyen con esta denominación un conjunto de terrenos que presentan problemas de los siguientes tipos: geomorfológico; hidrológico; litológico y geomorfológico; geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)

#### ***Problemas de tipo geomorfológico***

Se incluyen en este apartado las rocas ígneas intrusivas y filonianas ácidas y básicas, las migmatitas, los gneises groseros y las cuarcitas, areniscas, calizas y dolomías del paleozoico, cuando su pendiente es superior al 15 por ciento. Son materiales que no presentarán ningún otro problema. Son rocas que, además, para efectuar explanaciones en ellas, se hace necesario recurrir al empleo de explosivos.

#### ***Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)***

Se consideran con estas características las zonas de la cartografía constituidas por margas y yesos.

Han sido dados como constructivamente desfavorables debido fundamentalmente a su litología, por estar compuestos por yesos (ya sean compactos o diseminados) solubles en agua, lo que da lugar a dos tipos de problemas: por un lado, la aparición de oquedades en el subsuelo que pueden originar asentamientos de forma brusca al ser cargados y, por otro, estas aguas que dan lugar a la disolución se cargan de iones sulfato, con el consiguiente problema para los cementos ordinarios.

#### ***Problemas de tipo litológico y geomorfológico***

Se consideran con estas características aquellas superficies ocupadas por recubrimientos sobre rocas ígneas intrusivas, filonianas o volcánicas, migmatitas, gneises, calizas y dolomías paleozoicas.

Estos macizos rocosos exigen el empleo de explosivos al realizar las explanaciones cuando se construya escalonadamente. Cuando la obra no modifique la topografía original habrá que eliminar en muchos casos los recubrimientos.

### ***Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d)***

Se consideran con estas características las pizarras y pizarras alternantes con otros materiales cuando sus pendientes están comprendidas entre el 15 y el 30 por ciento y también las alternancias de conglomerados y areniscas del paleozoico con pendientes superiores al 15 por ciento.

Se han datado como constructivamente desfavorables debido primordialmente a su pendiente, que obligará a hacer excavaciones antes de la realización de las obras, para construir sobre superficies más suaves. A su vez, al aumentar los taludes en el frente de corte se plantearán con frecuencia problemas de estabilidad o si se da un menor ángulo al frente de la excavación se aumentarán bastante los volúmenes a mover.

### ***Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

Se incluyen aquí los recubrimientos sobre pizarras con pendientes superiores al 15 por ciento y los canchales procedentes de la erosión de cuarcitas, areniscas y conglomerados paleozoicos con pendientes entre el 7 y el 15 por ciento. En el primer caso las dificultades e incidencias, si se realizan explanaciones, serán las mismas que en el grupo anterior, si bien la parte superior, de material menos coherente, será más fácil de excavar; por el contrario si se construye no será con frecuencia posible hacerlo sin suavizar la pendiente. Deberán retirarse los recubrimientos. No habrá problemas hidrológicos.

En el segundo caso, aunque la pendiente es menor, la poca coherencia de los materiales y el hecho de que las acumulaciones estén todavía en formación obligan a incluir a las superficies con esta problemática en el grupo con condiciones constructivas desfavorables.

Se incluyen también aquí las zonas de margas yesíferas con pendientes superiores al 15 por ciento cuyos problemas son los mismos tratados al hablar de condiciones constructivas desfavorables con problemas de tipo litológico y geotécnico, pero en este caso hay que unir también la dificultad que en algunos casos supone la morfología del terreno.

### **3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES**

Se incluyen con esta denominación un conjunto de terrenos en los cuales los problemas más importantes son alguno de los siguientes: geomorfológico; geotécnico (p.d.); litológico y geomorfológico; litológico e hidrológico; geomorfológico y geotécnico (p.d.); hidrológico y geotécnico (p.d.); litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.); litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.); geomorfológico, hidrológico y geotécnico (p.d.).

#### ***Problemas de tipo geomorfológico***

Se han considerado como constructivamente aceptables las rocas ígneas intrusivas, filonianas, gneises, las calizas terciarias y las areniscas, cuarcitas, calizas y dolomías paleozoicas, siempre que su pendiente estuviera comprendida entre el 7 y el 15 por ciento. No presentan problemas de tipo litológico, ni hidrológico, ni geotécnico. (p.d).

#### ***Problemas de tipo geotécnico (p.d)***

Se consideran con condiciones constructivas aceptables las margas terciarias, que con pendientes inferiores al 7 por ciento presentarán problemas exclusivamente geotécnicos. Sus características, en cuanto a asentamientos y capacidad de carga, más la posibilidad de que parte del material sea expansivo, obligan a incluirlas en el grupo de condiciones constructivas aceptables.

#### ***Problemas de tipo litológico y geomorfológico***

Se han considerado como pertenecientes a este grupo los recubrimientos sobre rocas ígneas, tanto intrusivas como filonianas o volcánicas, sobre migmatitas y sobre calizas y dolomías, siempre que la pendiente estuviera comprendida entre el 7 y el 15 por ciento.

Los recubrimientos serán de poco espesor y no contendrán agua o en muy poca cantidad dada la pendiente de las laderas o la litología de los suelos. Con frecuencia deberán retirarse los materiales modernos antes de proceder a la cimentación.

#### ***Problemas de tipo litológico e hidrológico***

Se reserva este apartado para los recubrimientos sobre rocas ígneas intrusivas y filonianas tanto ácidas como básicas y para las migmatitas y gneises siempre que la pendiente del conjunto sea menor del 7 por ciento. Puede aparecer alguna zona con encharcamientos. El nivel freático estorbará en muchas ocasiones la realización de las cimentaciones para lo que previamente deberá retirarse con frecuencia el recubrimiento.

#### ***Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)***

Se han incluido bajo este epígrafe las pizarras, las rocas detríticas paleozoicas alternando con argilitas y las margas miocenas, cuando su pendiente oscila entre el 7 y el 15 por ciento.

No se presentan problemas de nivel freático alto, ni tampoco de tipo litológico.

#### ***Problemas de tipo hidrológico y geotécnico (p.d.)***

Se incluyen aquí un conjunto de terrenos ligados al cauce del Guadalquivir. Actualmente presentan un nivel freático alto que puede dar problemas en las cimentaciones. A ello hay que añadir la posibilidad de asentamientos de bastante magnitud en algunos puntos y el contenido en materia orgánica.

#### ***Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d)***

Se consideran como pertenecientes al grupo aquellas superficies formadas por recubrimientos sobre pizarras y gneises con pendientes comprendidas entre el 7 y el 15 por ciento. En general será necesario retirar el suelo, y con frecuencia realizar alguna explanación, sobre todo en las zonas con pendientes próximas al límite superior. Los problemas geotécnicos serán de pequeña importancia. En general no habrá dificultades de tipo hidrológico.

#### ***Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d)***

Se incluyen aquí una gran mayoría de los materiales ligados a los cauces actuales de los ríos. El nivel freático en general alto, las capas y lentejones de materiales con predominio de granulometrías en los tamaños menores, unido a la posibilidad de asientos de cierta magnitud en algunos puntos, hacen que esta zona se considere como de características constructivas aceptables.

#### ***Problemas de tipo geomorfológico, hidrológico y geotécnico (p.d)***

Se incluyen en este grupo las arenas, arcillas y conglomerados cuaternarios depositados por antiguos cursos de agua, también materiales terciarios como arenas alternando con gravas y arcillas, arenas y areniscas de grano fino y conglomerados, todos ellos con pendientes superiores al 7 por ciento. La pendiente y el nivel freático alto es el problema más común. Desde el punto de vista geotécnico (p.d), pueden presentarse asientos diferenciales debido a las alternancias de materiales cohesivos y granulares. Hay con frecuencia cimentación de los materiales gruesos que mejora las características geotécnicas (p.d).

### **3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES**

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos en los cuales los problemas más importantes son de alguno de los siguientes tipos: litológico; geotécnico (p.d); litológico y geotécnico (p.d); hidrológico y geotécnico (p.d); litológico, hidrológico y geotécnico (p.d).

#### ***Problemas de tipo litológico***

Corresponden a superficies ocupadas por materiales procedentes de la alteración y erosión de calizas y rocas volcánicas, con pendientes inferiores al 7 por ciento. En general son recubrimientos de poco espesor, formados por materiales impermeables. Dado que el sustrato tiene una capacidad de carga alta, sin que se produzcan asientos, se procurará quitar estos recubrimientos antes de proceder a la cimentación. No cabe esperar problemas de otros tipos.

#### ***Problemas de tipo geotécnico (p.d)***

Se consideran con estas características las pizarras y las rocas detríticas paleozoicas formadas por areniscas y conglomerados alternantes con argilitas, siempre que sus pendientes sean inferiores al 7 por ciento. No hay problemas de ningún tipo si se exceptúan la capacidad de carga y los asientos que pueden adquirir valores un poco alejados del óptimo, en unos casos, o tomar carácter diferencial, en otros.

#### ***Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d)***

Se incluyen aquí los recubrimientos sobre pizarras con pendientes inferiores al 7 por ciento.

La baja pendiente y la inexistencia de agua, por el gran porcentaje de finos que suelen tener estos suelos, hace que no sean problemáticos los otros dos factores. En puntos muy localizados el bajo relieve, junto con las características de permeabilidad del material, puede, sin embargo, ocasionar alguna acumulación de agua en superficie, pero no es frecuente. En cimentaciones será necesario en muchos casos retirar los recubrimientos.

Los asentos y la capacidad de carga son de magnitudes medias.

#### ***Problemas de tipo hidrológico y geotécnico (p.d)***

Se consideran las arenas, arcillas y conglomerados cuaternarios depositados por antiguos cursos de agua y algunas formaciones terciarias de arenas alternando con gravas y arcillas, o ciertos niveles de arenas, areniscas de grano fino y conglomerados interestratificados, todos ellos con pendientes inferiores al 7 por ciento. La problemática está en este caso en los niveles freáticos que pueden llegar hasta la profundidad de cimentación y en los asentos diferenciales que se produzcan en las distintas litologías.

#### ***Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d)***

A este grupo pertenecen los niveles de terrazas. Su pendiente es siempre inferior al 7 por ciento. Los problemas litológicos están en la capa superior de finos, que cuando es de poco espesor puede suprimirse en las cimentaciones. El freático alto puede molestar la ejecución de los trabajos. La variedad granulométrica de los materiales y su disposición lenticular son una razón que añadir a la de la constitución de ciertos lechos para pensar en problemas de asentos y limitar la capacidad de cargas.

### **3.5. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY FAVORABLES**

Hay un grupo heterogéneo de materiales que por su disposición, morfología y litología no originarán ningún tipo de problemas. Son los siguientes: rocas ígneas intrusivas, filonianas, migmatitas; calizas y dolomías paleozoicas y calizas terciarias. La excelente capacidad de carga, la inexistencia de asentos, de recubrimientos y de nivel freático alto, más el hecho de presentar una morfología con pendientes inferiores al 7 por ciento, hacen que se consideren estos casos como de condiciones constructivas muy favorables.

## BIBLIOGRAFIA

- **Anuario del Mercado Español 1973.** Banco Español de Crédito.
- **Aplicaciones de la geología al urbanismo, el ejemplo de la zona rural de Anchorage.** Debrolvny. Congreso Internacional de Geología. Checoslovaquia (1968).
- **Aportación a la geología de Sierra Morena en la parte norte de La Carolina (Jaén).** W. Henke y A. Born. P. Ext. G.E. n<sup>o</sup> 7. Madrid (1953).
- **Balance Hídrico M.O.P.**
- **Bocetos de Mapas Geotécnicos a E 1:125.000 EE.UU.** Geological Survèy (1962).
- **Carte Geotechnique de la Suisse. E 1:200.000.** Quevain y Hojmanner. Comisión Geotechnique Suisse (1964).
- **Cobijaduras hercinianas de la cuenca de Bélmez-Adamuz.** A. Carbonell Trillo-Figueroa. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España n<sup>o</sup> 41 (1929).
- **Comunicaciones verbales de la Dirección de Estudios del I.N.I.** Madrid (1973).
- **Contribución a la Petrografía de Sierra Morena.** J. Carandell. Bol. Soc. Esp. Historia Natural - T-22 n<sup>o</sup>7.
- **Contribución al conocimiento de la flora carbonífera del SO de España.** W.J. Jongmans. Estudios Geológicos n<sup>o</sup> 29 y 30.
- **Contribución á l'étude des formations anteordovicienne de la Meseta Meridionale.** E. Bouyx. Mem. Inst. Geol. y Min. de España. T-73.
- **Datos climáticos de Ciudad Real, Córdoba, Jaén.** Servicio Meteorológico Nacional.
- **Datos climáticos para carreteras.** M.O.P. (1964).
- **Datos para la historia de Sierra Morena. Sus sedimentos variscicos. La cuenca carbonífera de Villanueva.** W. Simon. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Tomo VII, n<sup>o</sup> 1. Madrid (1953).
- **Economía Regional en 1970.** Cámaras Oficiales de Comercio e Industria de Madrid, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Avila, Segovia y Soria (1971).
- **El mapa de zonas sísmicas generalizadas en la Península Ibérica.** Instituto Geográfico y Catastral (1969).
- **De Sierra Morena a Sierra Nevada (Reconocimiento orgánico de la Región Bética).** P. Novo, A. Carbonell, J. Carandell y otros. Guía n<sup>o</sup> A-5 del XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid (1926).

- **Die Geologie Insbesondere das Deyon in Bereich der orte Castuera, del Buey, Monterrubio (Extremadura, Sudspanien).** R.Maas. Akad. Wiss. Liter Abh Natur Klas N.R2.
- **El Cámbrico en España.** F. Lotze. Mem. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid (1970).
- **El Devoniano del S del batolito de Los Pedroches en las provincias de Córdoba y Badajoz.** T. Febrel y T. Santa María. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España n° 73. Madrid (1964).
- **El macizo batolítico de Los Pedroches.** R. Cabanás. Mem. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid (1968).
- **Engineering-geological cartography in Poland I.** Kalinowski. Congreso de Geología del Ingeniero. París (1970).
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1970).
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1971).
- **España. Anuario estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1972).
- **España. Atlas e índices de sus Términos Municipales.** Confederación Española de Cajas de Ahorros. Madrid (1969).
- **Essai de corrélation entre La Meseta Iberique et le Masif armoricaine au Precambrien Superieur et au Paleozoique Inferieur.** G. Tamain et A. Ovtracht. C. Rend. Acad. Sc. Tome 272. París (1971).
- **Estructura y perspectivas de desarrollo económico de la provincia de Córdoba.** Consejo Económico Sindical Provincial. (1970).
- **Estudio sobre la población española.** III Plan de Desarrollo Económico y Social.
- **Estudio sobre las posibilidades del Desarrollo Socio-económico de La Mancha.** Consejo Económico Sindical Interprovincial de La Mancha (1970).
- **Explicación del Mapa Geológico de España.** III Sistemas Devónico y Carbonífero. L. Mallada. Madrid (1898).
- **Formaciones Precámbricas de Sierra Morena occidental.** Relación con las series anteordovícicas de Almadén, Don Benito y Cáceres. R. Vegas. Est. Geol. V-26.
- **Geologische Untersuchungen in Ostteil der Sierra Morena Nordostlich von La Carolina (Prov. Jaén).** P. Butenweg. Münster Frseh. Geol. Paläont. H-G - Münster (1968).
- **Geotecnia y Cimientos.** I. Jiménez Salas, J.A. y Justo Alpañes, J.L. Madrid (1973).
- **Guadalquivir.** M.O.P. (Dirección de O.H.) San Sebastián (1964).

- **Investigación de hierros del SO** Geocisa. IGME.
- **Jaén en cifras.** Organización Sindical. Secretariado de asuntos Económicos (1973).
- **La Economía Cordobesa en cifras.** Organización Sindical (1972).
- **La edad de los esquistos de Alcudia.** E. Bouyx. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid (1962).
- **La era cuaternaria, problemas y métodos de estudio.** A. Cailleux. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1956).
- **L'Alcudien et le Précambrien du Sud de la Meseta Iberique.** G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. - Tome 276 - París (1973).
- **La transgresión ordoviciense en la Sierra de Mestanza.** E. Bouyx. C. Rend. Acad. Sc. París (1964) - T-258.
- **La zona central del valle de Alcudia y Sierra Morena.** F. Hernández-Pacheco. Rev. Peñalara nº 194 - Madrid (1930).
- **Las Rocas.** Cailleux, A. Eudeba (1963).
- **Le défilé de Despeñaperros (Espagne).** Tectonique du rebord méridional de la Meseta Iberique. G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. Tome 271 - París (1970).
- **Le Devonien de l'Espagne.** N. Llopis, J.F. Villalta y R. Cabanás. Intern. Symp. on the Devonian System. Calgary (Canadá) (1968).
- **Levantamientos geotécnicos en la URSS.** Golodkenskaya y Kololomeski. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia (1968).
- **L'Hydrologie du Bas Guadalquivir.** C.S.I.C., J.R. Vanney. Madrid (1970).
- **L'ordovicien de la Sierra Morena orientales (Espagne).** G. Tamain, A. Ovtracht et J. Carre. C. Rend. Quatre-vingt-quatorzième Congres Nat. des Soc. Savantes. Pau (1969). - Sect. des Sc. Tome II. París (1970).
- **L'Ordovicien est-Marianique (Espagne).** Sa place dans province Méditerranéenne. G. Tamain. Coll. Ordovicien-Silurien. Brest, Septembre 1971 - Mem. du B.R.G.M. 73 (1971).
- **Los movimientos caledónicos y preliminares hercínicos de la Península Ibérica.** J. Carrington da Costa. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Tomo VII, nº 2. Madrid.
- **Los terrenos anteordovicienses del S de Ciudad Real.** E. Bouyx. Not y Com. Inst. Geol. y Min. España - Madrid (1964).
- **Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias.** IGME. Departamento de publicaciones del IGME.

- **Mapa Geológico de España. Memorias y Hojas E 1:50.000 de Linares, Ubeda, Guadalcanal, Venta de Cardeña, Mestanza y Santa Cruz de Mudela.** Publicadas por el Inst. Geol. y Min. de España.
- **Mapa Geológico de España E 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 70 de Linares.** IGME. Madrid (1971).
- **Mapa Geológico Nacional a E 1:50.000.** F. Hernández-Pacheco y R. Cabanás - Hoja nº 858 (El Viso). Inst. Geol. y Min. de España.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Madrid.** IGME.
- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Valladolid.** IGME.
- **Mapa Geotécnico de Yugoslavia a E 1:500.000.** Gjigic. D. Belgrado (1967).
- **Mapa Geológico Nacional a E 1:50.000. Hoja 859 - Pozoblanco.** R. Cabanás. Inst. Geol. y Min. España - Madrid (1973).
- **Memoria explicativa de la Hoja nº 857 del Mapa Geológico Nacional (Valsequillo).** T. Febrel.
- **Memoria explicativa de la Hoja nº 881 del Mapa Geológico Nacional (Villanueva de Córdoba).** A. Carbonell Trillo-Figueroa.
- **Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de Uranio. Cardeña (España).** A. Arribas. Not. y Com. Inst. Geológico y Min. de España - Madrid (1964).
- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Ciudad Real. Censo de la población de España de 1970.** Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV. Madrid (1973).
- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Córdoba. Censo de la población de España de 1970.** Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV. Madrid (1973).
- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Jaén. Censo de la población de España de 1970.** Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV. Madrid (1973).
- **Normalización de Leyendas Geológicas.** Espejo Molina, J.A. Congreso Hispano Luso Americano de Geología Económica (1971).
- **Norma Sismorresistente P.G, S-1 Parte A.** Presidencia del Gobierno (1968).
- **Notas estratigráficas de la provincia de Córdoba. El Carbonífero y sus brechas de pendiente del talud submarino.** F. Hernández-Pacheco y R. Cabanás. Bol. R. Soc. Esp. de Historia Natural - T-68. Madrid (1970).
- **Nota sobre la existencia de pliegues almohadillados, almohadillado de crucero y almohadillado irregular (Mullio and cleavage structures and irregular mullions) en el Precámbrico del N de Córdoba.** R. Cabanás - Acta GEOL. HISP. (1972).

- **Nota sobre la Geología de la cuenca de Bélmez en la provincia de Córdoba.** M. Perran. Bol. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid (1895).
- **Nota sobre los yacimientos fósiles encontrados en Sierra Morena.** J. Pérez Regodon - Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España - n<sup>o</sup> 91. Madrid (1966).
- **Nuevos antecedentes acerca de la prolongación occidental de la cuenca de Bélmez.** A. Carbonell Trillo-Figueroa. Bol. Inst. Geol. y Min. de España n<sup>o</sup> 41. Madrid (1920).
- **Observaciones respecto a la división de los variscides de la Meseta Ibérica.** F. Lotze. **Publicaciones extranjeras sobre Geología de España.** Tomo V. Madrid (1950).
- **Publicaciones extranjeras sobre Geología de España**
- **Plan Nacional de Minería P.N.I.M. Mapa Geotécnico Nacional. IGME (1972).**
- **Precis de geomorphologie.** M. Derruau. París (1965).
- **Principes et méthodes de la Géomorphologie.** Tricart, J. Masson y Cía. París (1965).
- **Problemas fundamentales de la geología regional de los Cárpatos Checoslovacos.** Matula. Congreso Internacional de Checoslovaquia (1968).
- **Prolongación del Carbonífero al S de la falla del Guadalquivir.** A. Carbonell Trillo-Figueroa. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España n<sup>o</sup> 3. Madrid (1931).
- **Región E de Sierra Morena.** A. Alvarado. **Boletín del Instituto Geográfico y Minero de España.** T. XLIV. Madrid (1923).
- **Relaciones orográficas y tectónicas entre el valle de Alcudia y Despeñaperros.** F. Hernández Pacheco. Bol. R. Soc. Esp. Historia Natural. T-32.
- **Repartition des mineralisations varisques dans le Sud de la Meseta Iberique.** A. Ovtracht et G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. T-274. París (1972).
- **Reseñas estadísticas de las provincias de Ciudad Real, Córdoba, Jaén.** Presidencia del Gobierno. Instituto Nacional de Estadística.
- **Revista Sindical de Estadística n<sup>o</sup> 110 - 2<sup>o</sup> trimestres.** Madrid (1973).
- **Sección de cabeceras de Comarca y Núcleos de Expalanación en las provincias españolas.** (C. de M. 11-6-71) (1971).
- **Tectonique en Sierra Morena.** A. Ovtracht et Tamain G.C. Redn. Acad. Sc. - T-270. París (1970).
- **Tectonique tangentielle dans le Paleozoique et l'Alcudien de l'Extremadure Orientale.** Ph Rossi et G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. T-27. París (1973).
- **The principles of compiling the engineering geological map of the U.R.S.S. territory on the scale of 1:2.500.000** Churinov. Congreso de Geología Económica. París (1970).

- Visita, comunicaciones verbales y datos facilitados por la Configuración Hidrográfica del Guadalquivir (2ª sección). Córdoba, noviembre (1973).