

***LITOLOGÍA, APROVECHAMIENTO DE  
ROCAS INDUSTRIALES Y RIESGO DE  
DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD  
VALENCIANA***

SERIE: ***PUBLICACIONES DE DIVULGACIÓN TÉCNICA***

COLECCIÓN: ***"CARTOGRAFÍA TEMÁTICA" Número 5***

***LITOLÓGIA, APROVECHAMIENTO DE  
ROCAS INDUSTRIALES Y RIESGO DE  
DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD  
VALENCIANA***



**GENERALITAT VALENCIANA**  
CONSELLERIA D'OBRES PÚBLIQUES, URBANISME I TRANSPORTS  
SOTSSECRETARIA D'URBANISME I ORDENACIÓ TERRITORIAL

VALENCIA 1998

**Martínez Gallego, Julio**

Litología, aprovechamiento de rocas industriales y riesgo de deslizamiento en la Comunidad Valenciana / Julio Martínez Gallego ; José Balaguer Carmona. -- Valencia : Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, 199, 98 p. ; 30 cm + 3 h. de plan. pleg. + 1 CD-ROM. -- (Publicaciones de Divulgación Técnica. Colección "Cartografía Temática" ; 5)

ISBN

1.Rocas - propiedades - Valencia (Comunidad Autónoma)

I.Balaguer Carmona, José II. Valencia (Comunidad Autónoma).

Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports III. Serie 552.1(460.31)



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**CONSELLERIA D'OBRES PÚBLIQUES, URBANISME I TRANSPORTS**

**Edición:** Copyright © Generalitat Valenciana  
Conselleria d'Obres Públiques Urbanisme i Transports

**Autores:** Martínez Gallego, Julio  
Balaguer Carmona, José

**Diseño y maquetación:** Servicio de Información Territorial y Divulgación  
Subsecretaría de Urbanismo y Ordenación Territorial

**Impresión:** La Imprenta

**ISBN:**

**Depósito legal:**

## PRESENTACIÓN

Los procesos de planificación urbanística y territorial tienen como punto de partida el estudio pormenorizado del medio físico. Para ello, uno de los aspectos de necesario análisis es el conocimiento de las características geológicas del terreno.

Una de las ramas de la geología de mayor utilidad en el análisis del medio es la litología, que se centra en el estudio de las rocas. A través de ella podemos conocer la tipología de los materiales aflorantes y, en consecuencia, identificar las áreas en las que la existencia y calidad de los recursos hacen posible su explotación, así como aquellas otras en las que el propio medio impone restricciones a su utilización.

La naturaleza de una roca y su alternancia o agrupación con otras, nos proporciona información acerca de la capacidad de infiltración, drenaje y permeabilidad del terreno, factores que se relacionan con la disponibilidad de agua en el subsuelo y con su vulnerabilidad a la contaminación. Sus características mecánicas condicionan o determinan el diseño y la viabilidad de las obras públicas, de urbanización y de edificación. Su composición, calidad, reservas y accesibilidad, limitan su posible explotación.

Por ello, la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, ha incorporado a su Sistema de Información Territorial, la cartografía temática sobre *Litología, aprovechamiento de rocas industriales y riesgo de deslizamiento en la Comunidad Valenciana*, objeto de esta publicación.

El estudio que se presenta, consta de dos partes. La primera, se centra en el análisis de las características litológicas de nuestro territorio y se identifican las zonas en las que es factible el aprovechamiento de las rocas industriales, señalando los sectores que por su naturaleza pueden ser explotados, lo están siendo en la actualidad o lo fueron en su día, indicando en todo caso su utilización más apropiada.

En la segunda, se localizan las áreas en las que existe un riesgo potencial frente a los deslizamientos y desprendimientos, en función de la probabilidad de que el proceso se desencadene, señalando las áreas más vulnerables frente a los mismos, debido a la presencia en ellas de asentamientos urbanos o infraestructuras.

Consideramos que este trabajo puede ser de gran utilidad a la hora de acometer la redacción de los instrumentos de planificación urbanística y territorial, sobre todo en la fase de la formalización de la información urbanística y para la elaboración de los estudios de impacto ambiental de los mismos.

JOSE RAMÓN GARCÍA ANTÓN  
Conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes

# ÍNDICE

## PARTE PRIMERA: LITOLOGÍA Y APROVECHAMIENTO DE ROCAS INDUSTRIALES

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	7
<b>2. LITOLOGÍA</b> .....	11
2.1 ROCAS SEDIMENTARIAS .....	13
2.2 EVOLUCIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS .....	15
<b>3. GEOCRONOLOGÍA</b> .....	17
3.1 PALEOZOICO .....	19
3.2 MESOZOICO .....	19
3.2.1 Triásico .....	21
3.2.2 Jurásico .....	23
3.2.3 Cretácico .....	26
3.3 CENOZOICO .....	30
3.3.1 Terciario. ....	30
3.3.2 Cuaternario .....	32
<b>4. CARTOGRAFÍA LITOLÓGICA</b> .....	35
<b>5. RELACIÓN LITOLOGÍA-RECURSOS HIDROGEOLOGÍCOS</b> .....	39
<b>6. RECURSOS LITOLÓGICOS</b> .....	43
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	47

## PARTE SEGUNDA: RIESGO DE DESLIZAMIENTO

<b>1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS</b> .....	53
<b>2. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS</b> .....	57
<b>3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA INESTABILIDAD DEL TERRENO</b> .61	
3.1 FACTORES CONSTANTES. ....	63
3.1.1 Naturaleza de los materiales .....	63
3.1.2 Relación estructura-ladera .....	64
3.1.3 Pendiente topográfica y morfología de la ladera .....	65
3.1.4 Vegetación .....	65
3.2 FACTORES VARIABLES .....	66
3.2.1 Climatología .....	66
3.2.2 Meteorización .....	66
3.2.3 Agua .....	66
3.2.4 Erosión fluvial y costera .....	67
3.2.5 Sismicidad de la zona .....	67
3.2.6 Acciones antrópicas .....	67

<b>4. INDICADORES DE INESTABILIDAD</b> .....	69
4.1 INDICADORES MORFOLÓGICOS .....	71
4.2 DRENAJE .....	71
4.3 MODIFICACIONES EN LA VEGETACIÓN .....	72
4.4 INDICADORES EN ZONAS URBANAS .....	72
4.5 PECULIARIDADES DE LOS MATERIALES DESLIZADOS .....	73
<b>5. JERARQUIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ÁREAS INESTABLES</b> .....	75
<b>6. UTILIDAD DE LA CARTOGRAFÍA</b> .....	79
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	83

***PARTE PRIMERA: LITOLOGÍA Y  
APROVECHAMIENTO DE ROCAS  
INDUSTRIALES***

## GLOSARIO

**Afloramiento.** Lugar en el que una roca asoma a la superficie.

**Alpino.** Ciclo orogénico cuyas fases de plegamiento principales ocurrieron durante el Terciario.

**Brecha.** Conglomerado formado por cantos angulosos, cementado.

**Carniola.** Caliza dolomítica de color carne.

**Clasto.** Trozo de roca.

**Cobertera.** La parte más externa de la corteza terrestre formada por rocas sedimentarias.

**Cortical.** Relativo a la corteza de la Tierra.

**Cuarcita.** Roca metamórfica originada a partir de rocas sedimentarias ricas en sílice (areniscas).

**Diagénesis.** Conjunto de cambios que sufre un sedimento en condiciones de baja presión y temperatura.

**Emersión.** Elevación del continente por encima del nivel del mar.

**Epicontinental.** Mar situado en un continente.

**Epirogénesis.** Movimientos verticales de la corteza terrestre.

**Epizonal.** Metamorfismo desarrollado en la epizona que es la parte más externa de las tres que caracterizan el metamorfismo regional.

**Esquisto.** Roca de origen metamórfico cristalina con estructura hojosa. Variedad: Micaesquisto.

**Estromatolito.** Estructura sedimentaria acintada y ondulada en forma de domo originada en medio marino somero (bahía) debido a la intervención de ciertas algas que retienen sedimentos.

**Facies.** Conjunto de características petrográficas y paleontológicas que presenta una roca.

**Fase compresiva.** (*orogénica*). Etapa de deformación de las rocas de la corteza terrestre que puede individualizarse dentro de un ciclo de plegamiento u orogénico.

**Feldespato.** Mineral perteneciente al grupo de los silicatos de aluminio, con Calcio, Sodio o Potasio.

**Flexura.** Doblamiento de los estratos solo por una parte.

**Flysch.** Serie estratigráfica caracterizada por la repetición cíclica de los estratos que se origina en medios marinos profundos.

**Geocronología.** Parte de la geología que se ocupa de la datación de materiales y fenómenos de la tierra.

**Geodinámica.** Parte de la Geología que estudia las fuerzas y procesos que tienen lugar en el interior y en la superficie de la Tierra.

**Geosinclinal.** (*cuenca sedimentaria*). Depresión de la corteza terrestre en el fondo de un mar donde se acumulan los sedimentos.

**Hard-ground.** Superficie relacionada con una laguna estratigráfica.

**Hercínica.** Nombre que recibe el segundo ciclo orogénico del Paleozoico.

**Hiato.** Sinónimo de Laguna estratigráfica.

**Karst.** Relieve originado en rocas calizas y caracterizado por formas debidas a la disolución del carbonato cálcico.

**Laguna estratigráfica.** Discontinuidad por falta de estratos en una sucesión estratigráfica.

**Lumaquelas.** Calizas compuestas de conchas o de otros organismos.

**Nerítica.** Zona marina comprendida entre 0 y 200 m. de profundidad.

**Oolitos.** Pequeñas esferas con estructura concéntrica de caliza.

**Orogenia.** Acontecimiento durante el cual se produce una orogénesis (formación de una cordillera).

**Paleogeografía.** Relativo a los paisajes o relieves del pasado.

**Piroclastos.** Partículas de origen volcánico.

**Plataforma continental.** Superficie del continente que se sitúa por debajo del mar.

**Plegamiento.** Acción de plegarse (doblar) los estratos de las rocas sedimentarias debido a las fuerzas tectónicas (orogénesis, formación de un orógeno).

**Regresión.** Retirada del mar.

**Subsidencia.** Hundimiento progresivo de una parte de la superficie terrestre.

**Tectónica.** Parte de la Geología que se ocupa de la estructura de la corteza terrestre y especialmente de las deformaciones y de las fuerzas que las producen y también de los movimientos corticales.

**Transgresión.** Invasión por el mar de zonas continentales emergidas.

**Zócalo.** Estructura de la corteza formada por materiales antiguos (rocas metamórficas y plutónicas).

## ***1. INTRODUCCIÓN***

En el desarrollo de esta memoria se ha buscado el soporte de la cronología para proceder a la descripción de los términos litológicos que caracterizan la naturaleza geológica de la Comunidad Valenciana. Se ha establecido una distribución de los mismos de acuerdo con los parámetros estructurales que, si bien condicionan la disposición espacial, han influido en cierta medida en el diseño de los sucesivos ambientes o cuencas de sedimentación.

En la descripción de las litologías se ha tenido en cuenta el dominio estructural o región donde las rocas, con independencia de su edad y naturaleza, presentan rasgos estructurales comunes, respondiendo a una determinada disposición geométrica y espacial consecuencia de los esfuerzos tectónicos de la corteza generadores de pliegues y fallas.

A partir de aquí, la descripción se desarrollará siguiendo una división cronoestratigráfica donde se expondrán las distintas litologías incorporando los rasgos ambientales o el medio sedimentario como una contribución al origen de las rocas.

La región en el ámbito de las Cordilleras Ibérica y Bética, se ha desarrollado en el transcurso de dos etapas importantes. La Orogenia Hercínica, durante la cual se formó el substrato de las cadenas, y la Orogenia Alpina, responsable de las estructuras que afectan a la cobertera (Mesozoico y Terciario).

Tras la primera, quedó constituido en la región el zócalo plegado y fracturado que habría de condicionar la paleogeografía y litofácies de las series mesozoicas e incluso, el estilo de las deformaciones que más tarde afectarían a éstas durante el transcurso del ciclo orogénico alpino.

Durante el Mesozoico, la mayor parte del zócalo (substrato) Hercínico estuvo emergido excepto un sector en la parte oriental del mismo. En esta disposición se desarrollaron procesos de erosión en la zona occidental emergida y la sedimentación de los productos de la erosión en las cuencas situadas en la zona oriental, la mayor parte en medios marinos.

La sedimentación del ciclo alpino se inicia en el Pérmico y se desarrolla en el Mesozoico en los ambientes sedimentarios constituidos como tales en los geosinclinales ibérico y bético. En ellos se reconocen sedimentos continentales, de transición y marinos, dentro de estos últimos, de medios someros y profundos.

En el Cenozoico, concretamente dentro del Paleógeno, en el tránsito Eoceno-Oligoceno, se produce la primera fase compresiva (Fase Pirenaica) de la orogénia Alpina con la que se inician las deformaciones de las series sedimentarias precedentes. Le sigue una segunda fase de deformación tectónica en el paso del Oligoceno al Mioceno (Fase Sávica), especialmente importante en el dominio de la Cordillera Ibérica. Posteriormente entre el Mioceno inferior y medio se manifiesta una tercera fase (Primera Estaírica) con un segundo impulso antes del Mioceno superior (Segunda Estaírica) de notable intensidad en el sector Bético.

A continuación de los esfuerzos compresivos se suceden los de carácter distensivo, que serán responsables de la formación de fosas o cuencas interiores donde se acumularán sedimentos durante el Mioceno superior y el Plioceno.

## ***2. LITOLÓGÍA***

## 2.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

La corteza terrestre está constituida por rocas que, a su vez, contienen elementos menores que son los minerales. La clasificación de las rocas se efectúa, de acuerdo con su origen, en tres tipos o clases: magmáticas, metamórficas y sedimentarias.

Las primeras parten de materiales fundidos en el interior de la corteza (Magmas). Dependiendo de que estos magmas se enfríen y solidifiquen en el interior o en la superficie terrestre se originarán rocas intrusivas (Plutónicas) o rocas efusivas (Volcánicas).

Las metamórficas, al igual que las magmáticas, tienen su origen en el interior de la corteza por transformación y evolución de otras rocas sometidas a altas presiones y temperaturas, sin llegar a fundirse.

Las sedimentarias tienen su origen en la superficie terrestre, como consecuencia de la destrucción de las rocas de la corteza terrestre. Por la acción del clima (meteorización) se transforman los minerales de las rocas en granos sueltos, otros en arcillas y en iones en disolución. Todos estos componentes bajo la acción erosiva de algunos de los agentes geodinámicos, propiciados tanto por la climatología como las corrientes de agua o el viento, son transportados hacia las cuencas o medios de sedimentación donde tendrá lugar la acumulación que origina el sedimento. Los sedimentos o depósitos con el transcurso del tiempo darán paso a las rocas sedimentarias una vez que se hayan originado determinados procesos, como los que tienden a comprimir y endurecer los sedimentos (compactación, cementación,...) que se acentúan con el enterramiento del sedimento y se conocen como diagénesis.

Las rocas sedimentarias ocupan prácticamente todo el territorio de la Comunidad Valenciana. Desde un punto de vista genético sus constituyentes pueden tener un origen:

- Detrítico. Son granos minerales y fragmentos de minerales o rocas procedentes de la alteración de otras preexistentes.
- Químico. Material formado por precipitación directa en la cuenca de sedimentación.
- Bioquímico. Material originado en la cuenca de sedimentación como restos de las partes duras de organismos.
- Orgánico. Procedente de la materia orgánica de los seres vivos, más o menos transformada.

Desde el punto de vista del origen de los constituyentes de las rocas estas pueden ser igualmente: detríticas, de origen químico, de origen bioquímico y de origen orgánico.

Hay rocas que tienen un único origen, bien detrítico ó químico, pero es muy frecuente la presencia de litologías cuyos constituyentes tienen distinto origen como ocurre con las margas que tienen una composición variable de componentes detríticos, químicos ó bioquímicos y las rocas carbonatadas que tienen una composición química y bioquímica fundamentalmente.

a) Rocas detríticas.

Son las constituidas por partículas o clastos de distintos tamaños (bloques, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas). Puede haber una fracción de material fino entre las partículas más gruesas constituyendo la matriz o un cemento de naturaleza carbonatada, arcillosa o silícea.

Según el tamaño de las partículas ordenadas de mayor a menor tamaño de grano las rocas detríticas son: conglomerados, areniscas, limos y arcillas. Pero la realidad es que en la naturaleza se presenta una variedad de rocas mayor debido a mezclas de diferentes tamaños de granos.

b) Rocas de origen químico.

Se originan por precipitación de los iones disueltos en el agua. Con este origen hay dos grupos, el de las rocas carbonatadas y el de las evaporíticas. Dentro del primero se encuentran las calizas, formadas por carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) y las dolomías [ $(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$ ] en las que el magnesio sustituye parcialmente al calcio de las calizas. Las del segundo grupo están formadas por cloruros, sulfatos, etc., que se originan en lagos y mares interiores.

Las calizas ocupan aproximadamente el 20% de las rocas sedimentarias de la corteza terrestre. Su origen puede ser químico, por precipitación o bioquímico (organógeno), por acumulación de las partes duras de los organismos que pueblan los mares (foraminíferos, conchas, lumaquelas, restos de algas y corales,...).

Las dolomías son rocas carbonatadas como las calizas, pero se componen principalmente de dolomita [ $(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$ ], existiendo entre ambos términos todos los pasos intermedios debido a las posibilidades de sustitución de los iones de calcio por los de magnesio.

Las margas son rocas que tienen una composición litológica comprendida entre la de las arcillas y las calizas en solución de continuidad.

c) Rocas de origen orgánico.

Son litologías en las que ha intervenido para su formación los seres vivos y su composición es la materia orgánica procedente de los mismos más o menos transformada.

Un rasgo importante que caracteriza a las rocas sedimentarias es el relacionado con su geometría que es una consecuencia del modo de formación: acumulación, decantación, precipitación, etc., de manera que el cuerpo sedimentario, denominado *estrato*, define una capa de roca o sedimento, limitada por superficies horizontales con continuidad lateral que representa una unidad de tiempo en la sedimentación. La separación entre las dos superficies llamadas de estratificación expresa el espesor o potencia del estrato.

Considerando la forma de los estratos individualmente, se pueden deducir varios tipos geométricos a partir de las superficies que determinan su morfología, como por ejemplo:

- Estratos tabulares. Cuando las superficies de estratificación son planas y paralelas.
- Estratos irregulares. Cuando la superficie inferior (muro) es irregular y la superior (techo) es plana.
- Estratos en cuña. Las superficies de estratificación que limitan el estrato no son paralelas.

## 2.2 EVOLUCIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Para analizar la evolución de las rocas sedimentarias vamos a estudiar los cambios en el sedimento y en la geometría.

a) Cambios en el sedimento.

Los sedimentos que inician su camino hacia rocas sedimentarias, pasan por transformaciones internas físicas y químicas que, en determinadas litologías, se manifiestan por una pérdida de volumen por compactación. La circulación de agua por los poros del sedimento supone una continua transformación en roca sedimentaria por la actuación de una serie de procesos conocidos como diagénesis que consisten en cementaciones, recristalizaciones y alteraciones químicas, que se materializan en una consolidación y endurecimiento de la roca.

b) Cambios en la geometría.

Tanto los sedimentos como las rocas sedimentarias pueden modificar su geometría y disposición original bajo la actuación de fuerzas en la corteza terrestre (tectónica), que con independencia de la intensidad, presenta carácter compresivo en determinadas actuaciones y distensivo en otras. La respuesta de las rocas sedimentarias depende del sentido del esfuerzo y también de la naturaleza de la roca, ya se trate de litologías duras o blandas, de las combinaciones entre estratos de distinta competencia, o de la profundidad a la que son deformados, al intervenir la temperatura y el grado de humedad. Todos estos aspectos confieren a las rocas un comportamiento entre rígido y plástico, del cual dependerá, en función de la intensidad de los esfuerzos, el resultado de la deformación.

En general, bajo efectos compresivos las rocas sedimentarias dispuestas en estratos desarrollan ondas de amplitud variable (pliegues). En el límite de la resistencia mecánica a la rotura se producen planos de fractura (fallas).

Con los esfuerzos distensivos se producen estiramientos en las rocas que generan fallas o activan las existentes, resultando de ello un desnivelamiento de los bloques corticales afectados, elevándose unos y hundiéndose otros.

### ***3. GEOCRONOLOGÍA***

### **3.1 PALEOZOICO**

El Paleozoico o “era de los animales antiguos”, duró 320 millones de años. Se halla dividido en los periodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico (Cuadro 1).

Las rocas de edad paleozoica se presentan en afloramientos escasos y de pequeña extensión. Están representados por rocas metamórficas (esquistos, pizarras y cuarcitas) de facies epizonal, pertenecientes al substrato Hercínico. Sobre este soporte paleozoico se apoyaran las formaciones del Mesozoico que configuran, junto a las del Cenozoico, el medio geológico (litológico) de la Comunidad Valenciana.

Las formaciones paleozoicas corresponden a depósitos de origen marino que han sido intensamente plegados y metamorfozados en el curso del ciclo orogénico hercínico por varias fases de deformación.

Los esquistos verdosos y calcosquistos grises con intercalaciones de areniscas finas se atribuyen al Silúrico.

### **3.2 MESOZOICO**

La era mesozoica o de los “animales intermedios” duró 185 millones de años. El Mesozoico está constituido por tres periodos que cronológicamente se ordenan de mayor a menor antigüedad: Triásico, Jurásico y Cretácico.

Los relieves constituidos por materiales paleozoicos son objeto de una importante erosión, que probablemente generaría una gran superficie erosiva (peneplanización). Esta erosión sobre los continentes dió lugar a una potente serie sedimentaria roja que se inició a finales del Pérmico (Paleozoico) y que continúa en el Triásico.

El Triásico se caracteriza por estar constituido, en el dominio Ibérico, por la facies germánica más somera de ambiente de plataforma continental. Por su parte, en el dominio Bético, se reconocen depósitos de facies alpinas más profundos. A medida que los relieves se suavizan, la sedimentación continental se hace más fina. Durante las primeras etapas del proceso de acumulación se produce una cierta actividad volcánica que origina la aparición de rocas basálticas en la base del Trías.

ERATEMA (era)	SISTEMA (periodo)	SERIE (época)	PISO (edad)	Millones de años	DOMINIOS ESTRUCTURALES			
					IBERICA	PREBETICO		
CENOZOICO	Cuaternario	HOLOCENO		1.6	arcillas, limos, arenas, conglomerados, carbonatos, turba			
		PLEISTOCENO			calizas, areniscas, margas, limos, arcillas			
	Terciario	Neógeno	PLIOCENO		5.2	arcillas margas calizas arenas conglomerados	margas calizas calcarenitas	
								MIOCENO
				TORTONIENSE				
			medio	SERRAVALLIENSE				
				LANGHIENSE				
			inferior	BURDIGALIENSE				
	AQUITANIENSE							
	Paleógeno		OLIGOCENO		25.2	arcillas, margas, calizas, conglomerados	arenas, margas, calizas, conglomerados	
			EOCENO		36	margas arenosas, areniscas, calizas arcillosas, calizas, conglomerados	calizas arcillas dolomías	
			PALEOCENO		54	arcillas, conglomerados, areniscas, margas	margas, calizas, arcillas, arenas, margocalizas, conglomerados	
					66.5			
MESOZOICO	Cretácico	superior	Senoniense	MAASTRICHIENSE	96	calizas, dolomías, margas	margocalizas, calizas, margas	
				CAMPANIENSE				
				SANTONIENSE				
				CONIACIENSE				
				TURONIENSE				
		inferior	Neocomiense	CENOMANIENSE	96	calizas, margas, areniscas	calizas, dolomías, calcaren., margas	
				ALBIENSE				
				APTIENSE				
				BARREMIENSE				
				HAUTERIVIENSE				
	Jurásico	Malm		PORTLANDIENSE	134	arcillas, areniscas, calizas, margas	calizas, dolomías, margas	
				KIMMERIDGIENSE				
				OXFORDIENSE				
		Dogger		CALLOVIENSE	152	calizas dolomías	calizas dolomías	
				BATHONIENSE				
				BAJOCIENSE				
				AALeniense				
		Lias		TOARCIENSE	179	margas, margocalizas, calizas, dolomías	calizas dolomías	
				PLIENSBACHIENSE				
SINEMURIENSE								
Triásico		HEttangiense	210	arcillas, yesos, dolomías, margas, areniscas	dolomías, calizas, arcillas, margas			
		Keuper						
		Muschelkalk						
PALEOZOICO		Buntsandstein	250	arcillas, areniscas, conglomerados	esquistos, pizarras, cuarcitas			

Cuadro 1

La siguiente etapa sedimentaria corresponde al Jurásico, con depósitos de medios someros y de plataforma.

En el Cretácico los depósitos son marinos y continentales en la etapa inferior, pasando a medios marinos con formaciones carbonatadas en el superior.

Los materiales formados en este periodo son de origen sedimentario, depositados en medios continentales, y marinos, con afloramientos puntuales de rocas volcánicas y subvolcánicas en diferentes momentos durante el Mesozoico.

### **3.2.1 Triásico**

La presencia de materiales de edad triásica más importantes se dan al sur y al norte de las provincias de Castellón y Valencia, concretamente en las sierras de Espadán y de la Calderona. Otros afloramientos también significativos pero de menor extensión se encuentran repartidos por la provincia de Valencia, centro-sur de Alicante y centro de Castellón.

La potencia o espesor del conjunto de la serie sedimentaria en la zona de Castellón se estima en 500 metros.

Los sedimentos están constituidos por facies de tipo germánico distribuidos en tres etapas (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper), excepto al sur de la provincia de Alicante, en las sierras de Orihuela y Callosa de Segura, donde existen facies de tipo alpino, con calizas y pizarras. Las rocas ígneas (ofitas) aparecen como intrusiones subvolcánicas dentro de las sedimentarias de edad triásica.

#### Primera etapa: Buntsandstein

Las rocas de este periodo empiezan por un conjunto detrítico de color predominantemente rojo. Está compuesto por conglomerados de cantos de cuarzo y cuarcita, areniscas de colores blancos y rojos con estratificación cruzada, arcillas rojas y lutitas de origen fluvial. Evolucionan a condiciones lagunares y marinas muy someras hacia el techo de la serie.

De forma general, la secuencia basal tiene un espesor de unos 80 metros formados por sedimentos más gruesos (conglomerados ferruginosos con cantos de cuarcita y de cuarzo cementados por un material de naturaleza silíceo).

Las areniscas son predominantemente ortocuarcitas, con porcentajes de cuarzo de hasta el 90%. Las capas más duras (rodano) pueden tener cemento silíceo, observándose sobrecrecimiento y recristalización en los granos de cuarzo. Estos son desde bien redondeados a subangulosos. Los feldespatos muestran proporciones variables, pequeñas en general y, están parcialmente alterados a clorita. Son frecuentes los minerales de hierro, tanto detríticos como diagenéticos, éstos últimos probablemente por alteración de biotitas.

El tramo superior (facies rot) lo integran capas muy finas de arcillas rojas, verdes violáceas y claras, de marcada estructura pizarrosa. Su potencia es de 15 a 25 metros.

En el seno de los niveles conglomeráticos de base se incluyen pequeños macizos estratigráficos de roca basáltica dura, de color verde oscuro.

### Segunda etapa: Muschelkalk

Los materiales pertenecientes a esta etapa están representados por depósitos marinos carbonatados formados sobre la plataforma continental en condiciones de calma y poca profundidad. Aparecen dispuestos sobre la serie detrítica del Buntsandstein, y son el resultado de una transgresión marina, que progresivamente evolucionó hacia condiciones de confinamiento.

La secuencia está constituida por tres tramos, el inferior, el intermedio y el superior. El inferior lo forman dolomías, dolomías margosas y calcarenitas de colores grises, rojizos y ocreos. El intermedio por arcillas, margas y yesos con niveles intercalados de carbonatos y arenas, depositados en un medio más somero. El tramo superior está, como el primero, formado en condiciones marinas de mayor profundidad, con desarrollo de dolomías en la base y calizas con niveles intercalados de margas. El ciclo se cierra volviendo a condiciones de menor profundidad.

### Tercera etapa: Keuper

Constituye una formación de sedimentos finos muy generalizados, principalmente margas y arcillas abigarradas, que suelen presentar un color rojo muy característico. Además, también existen areniscas y yesos. Su espesor estimado es de unos 150 metros.

Los sedimentos fueron depositados en medios muy someros (sebkas) de carácter lagunar, resultado de la evolución del medio marino de finales del Muschelkalk.

Las margas y arcillas son de un color rojo, pero también aparecen con tonos gris, blanco ó amarillento. Pueden presentar intercalaciones de finos niveles de dolomías y bancos de yesos que a veces contienen cristales dolomita (Teruelita) de color oscuro y cuarzo bipiramidado de color rojo; también pueden ser negros o translúcidos.

Localmente dentro del Keuper aparecen pequeños afloramientos de rocas volcánicas (ofitas) de color verde oscuro.

Litoestratigráficamente los materiales del Keuper levantino pueden dividirse en 5 formaciones:

- 1ª) Formación arcillas y yesos de Jarafuel ( $K_1$ ). Su potencia es de 130 metros. Muestran una base margo-arcillosa de tono amarillento, sin yeso, de unos 30 m. de espesor. Pasan a una alternancia de estratos de yeso y capas oquerosas de arcillas dolomíticas (carniolares), de tonalidades amarillentas y rojizas. Hacia el techo ganan en importancia los yesos, intercalándose capas limoníticas de tono pardo-amarillento característico y capas dolomíticas.
- 2ª) Formación areniscas de Manuel ( $K_2$ ). Su potencia es de 15 metros. En la parte inferior se encuentran arcillas amarillentas y rojizas con nódulos silíceos, y capas dolomíticas. En la parte superior, areniscas rojas y blancas de matriz arcillosa, poco compactas. La composición mineralógica es similar a la del Buntsandstein, pero con un tamaño de grano más fino.
- 3ª) Formación arcillas de Cofrentes ( $K_3$ ). Su potencia es de 25 metros. Son de color rojo oscuro.

4ª) Formación arcillas yesíferas de Quesa (K<sub>4</sub>). Su potencia es de 20 metros. Se caracteriza por presentar facies de arcilla roja con yesos rojos y blancos. En otras zonas como en la provincia de Valencia suelen faltar en gran parte los niveles yesíferos. En su lugar se presentan arcillitas y margas rojas, en ocasiones con texturas carniolares.

5ª) Formación yesos de Ayora (K<sub>5</sub>). Su potencia es de 30 metros. La constituyen yesos blancos y grises, en bancos con estructura laminada.

### 3.2.2 Jurásico

Los afloramientos más importantes de edad jurásica se localizan al noroeste de la provincia de Valencia y suroeste de la de Castellón. En el resto de la Comunidad Valenciana estos afloramientos son muy escasos. Las rocas de naturaleza ígnea (traquibasaltos) están presentes como lavas y piroclastos interestratificados en la serie jurásica, consecuencia de la actividad volcánica submarina.

El sistema Jurásico cronoestratigráficamente se distribuye en tres series: Lias, Dogger y Malm, que respectivamente se corresponden con el Jurásico inferior, medio y superior.

No obstante, para mejor claridad en la exposición vamos a exponer las tres citadas series en los dos dominios presentes en la Comunidad Valenciana, el correspondiente a la cordillera Ibérica noroccidental-Costera Catalana y el Prebético.

#### 1º) Dominio de la cordillera Ibérica noroccidental-Costera Catalana

Es en el dominio de la cordillera Ibérica donde los afloramientos litológicos de edad jurásica ocupan mayor extensión con relación a otros ámbitos de la Comunidad Valenciana. Los materiales jurásicos se depositan en medios marinos de plataforma con profundidad variable, con facies carbonatadas bastante homogéneas. Hacia el final del periodo evolucionan a medios someros, como lo fue en sus orígenes, favoreciendo el desarrollo de estromatolitos.

Las litologías del Jurásico llegan a alcanzar una potencia superior a los 700 metros. No presentan variaciones litológicas importantes ni tampoco en los espesores, a excepción de las etapas correspondientes al Kimmeridgiense y Portlandiense. Estas, en sentido este a oeste, pasan de una facies marina a otra litoral y después deltáica.

El Jurásico comienza con una transgresión generalizada que, en su conjunto, corresponde a dos grandes ciclos sedimentarios.

Durante el primer ciclo tiene lugar la sedimentación de dolomías, calizas y margas, en un medio marino uniforme y abierto. Incluye también depósitos de piroclastos debidos a emisiones volcánicas submarinas.

Con la transgresión correspondiente al primer ciclo jurásico comienza un régimen de sedimentación marina en condiciones de mar abierto, con un intervalo débilmente regresivo en el Calloviense, que perdurará hasta el Kimmeridgiense. Al final del Kimmeridgiense y durante el Portlandiense tiene lugar una nueva regresión con presencia de calizas marino-lagunares y areniscas probablemente de origen deltáico. Persistirá durante la sedimentación del Weald y son el inicio del juego de bloques corticales debido a los movimientos neokimméricos que desencadenan la formación de surcos y umbrales. Estos condicionarán la sedimentación du-

rante el Cretácico. (umbral del Maestrazgo meridional y al noreste de la cuenca del Maestrazgo central).

El primer ciclo comienza en el Lias, durante el cual las condiciones marinas se reafirman progresivamente (dolomías, calizas dolomíticas, calizas margas). Continúa durante el Dogger (Bajociense-Bathonense), cuyos depósitos calizos aseveran un medio de mar abierto bastante uniforme. Termina con el Calloviense, en el que los indicios ferruginosos y las faunas condensadas indican una regresión generalizada sin emersión (por adelgazamiento de la capa de agua).

El desarrollo de este ciclo está perturbado en algunos momentos del Toarciense y del Dogger por efusiones volcánicas submarinas que crean condiciones locales particulares (sedimentación caliza reducida, depósitos de piroclastos).

Después del Calloviense medio se produce probablemente una emersión, produciéndose una laguna estratigráfica, encontrándose como *hard-ground* una caliza oolítica ferruginosa, dando fin al primer ciclo del Jurásico.

El segundo ciclo jurásico se origina con una transgresión (Oxfordense superior) en un ambiente plenamente marino (segundo ciclo sedimentario) que continua igualmente en el Kimmeridgiense. Al final del mismo y principio del Portlandense termina con calizas y dolomías epicontinentales.

Con la llegada del Valanginiense, el mar comienza a retirarse hacia el este, terminando así el segundo ciclo sedimentario, teniendo lugar el desarrollo de un *hard-ground*.

Tras una regresión parcial se vuelve de nuevo a unas condiciones marinas de mayor profundidad con la correspondiente sedimentación de calizas. A finales del Jurásico, se deposita una serie de arenas, arcillas y calizas (facies Pürbeck) dentro de medios deltaicos y lagunares generados por movimientos regresivos del mar, sobre la que se dispone a continuación una secuencia calcáreo arcillosa tras una etapa transgresiva.

#### a) Lias

Aparece representado por un conjunto carbonatado, más o menos completo dentro del dominio ibérico, llegando a tener una potencia del orden de los 250 metros. La parte basal (inferior y medio) comprende materiales desde el Trías (Keuper) a la base del Toarciense (Jurásico inferior).

##### - Lias inferior y medio.

Se sitúa sobre el Keuper y está formado por calizas dolomíticas y piroclásticas con nódulos de sílex, calizas grises o amarillentas, dolomías grises o negras y carniolas, además de margas y calizas arcillosas amarillo verdosas. Un nivel de rocas piroclásticas (tobas) se encuentra en los niveles superiores del Lias.

##### - Lias superior (Toarciense).

Constituido por margas, margocalizas y calizas arcillosas con una potencia de unos 30 metros. En la zona de Jérica aparece una secuencia rítmica característica formada por calizas arcillosas y arcillas.

El Toarciense está representado por niveles de piroclastos que se encuentran interestratificados en los sedimentos margo-calizos. Contiene como ellos fósiles marinos. Se trata de brechas y tobas volcánicas de color verdoso, que se han acumulado en el medio marino en diversos momentos del Toarciense inferior

(nivel de toba de 1 metro de espesor), sobre todo en Toarciense superior (10 metros de tobas en el techo del Toarciense) y, localmente, durante todo el Toarciense, cuyos depósitos son entonces totalmente piroclásticos.

b) Dogger

La litología de este periodo comienza por los sílex basales del Bajociense y termina debajo del nivel de oolitos ferruginosos del Calloviense.

- Aaleniense-Bathoniense.

Encima de los últimos niveles calizos ó piroclásticos del Toarciense y en perfecta concordancia con ellos, se dispone un conjunto esencialmente carbonatado de una centena de metros de espesor formado por calizas y margocalizas de color gris amarillento, y calizas dolomíticas con abundantes nódulos de sílex.

- Calloviense.

Constituido por una serie de potentes estratos de calizas sobre la que se dispone un nivel muy constante de escasos centímetros de espesor, que corresponde a un *hard-ground* de caliza ferruginosa y oolitos de minerales de hierro. La serie incluye una intercalación de rocas piroclásticas (brechas y tobas volcánicas).

c) Malm

Tras un hiato sedimentario correspondiente a la base del Malm, una transgresión en el Oxfordiense señala el comienzo del segundo ciclo sedimentario jurásico.

La vuelta de la sedimentación carbonatada, ligada a un aumento de la capa de agua, es el origen de la sedimentación uniforme de las calizas con espongiarios, ammonites del Oxfordiense. Esta sedimentación continúa durante el Kimmeridgiense, con capas muy potentes de calizas.

Comienza la sedimentación por una serie de calizas azuladas en la parte inferior. Hacia el techo los estratos se hacen más finos, localmente tableados, con niveles margoarcillosos y arcillosos intercalados, dando al conjunto un aspecto de ritmita (Oxfordiense).

Constinúa con una serie formada por calizas arcillosas o microcristalinas en bancos de color gris azulado seguida de una alternancia monótona de calizas grises y calizas margosas intercaladas para terminar con un conjunto masivo de calizas de color gris oscuro de 150 metros de espesor en gruesas capas. La serie continua por una alternancia de estratos de calizas y de niveles detríticos de color amarillento-verdoso, constituidos por arcillas más o menos arenosas, areniscas finas y calizas areniscosas (Kimmeridgiense).

Al final de esta época (Kimmeridgiense) y durante la etapa siguiente (Portlandiense) tiene lugar una regresión, en la que el Jurásico terminal está formado por calizas marinas y hacia el oeste, el Portlandiense aparece en gran parte formado por sedimentos de origen deltáico o lagunar (formación detrítica en facies Purbeckiense). Esta retirada progresiva del mar hacia el este está relacionada con una primera fase de movimientos neokimméricos que hacen emerger las mesetas castellana y aragonesa.

El Portlandiense constituido por una serie de 200 metros de potencia aproximadamente. Presenta importantes variaciones laterales de facies en el conjunto del dominio considerado. Está caracterizado por una secuencia de calizas con algunas intercalaciones

de margas cuarzo-micáceas y de areniscas. Hacia la parte superior aumenta progresivamente el contenido en material detrítico, con una importante proporción de arcillas de colores rojos, grises o malvas, junto con areniscas blancas o rojas. Se trata de los niveles de las “facies purbeckiense” correspondientes a una formación deltáica.

## 2º) Dominio Prebético

El dominio perteneciente a las cordilleras Béticas dentro de la Comunidad Valenciana está constituido por varios sectores: Prebético, Subbético y Bético. Es el Prebético el que tiene mayor representatividad, ocupando la provincia de Alicante y parte sur de la de Valencia. La participación a nivel litológico del Subbético y Bético es muy reducida. Por este motivo las rocas de estos sectores se incluirán en el Prebético.

En el sector Prebético el Jurásico, en sus comienzos, se caracteriza por un ambiente litoral somero con tránsito a lacustre o lagunar, donde tiene lugar la sedimentación de calizas y dolomías, coincidiendo con un aumento de profundidad de la cuenca por subsidencia de la plataforma.

Hacia el final del ciclo, la sedimentación es de dolomías, calizas, calizas dolomíticas y una reducida representación de areniscas dentro de un medio marino de plataforma afectado por deformaciones de flexura que producen regresiones y subsidencia en distintas zonas.

### a) Lias

Como ya se ha indicado anteriormente el primer ciclo sedimentario Jurásico comienza con la transgresión del Lías, sobre una extensa y estable plataforma. En ella se depositarían los sedimentos carbonatados (calizas, dolomicritas, calizas oolíticas,...) relacionados con un medio de sedimentación de plataforma abrigado y de baja energía, con oscilaciones a otros más abiertos y de ciclos fuertemente energéticos.

### b) Dogger

Estas condiciones persistirían en el Dogger, con variaciones de profundidad en la cuenca y de alejamiento de la línea de costa hasta una zona de sedimentación uniforme y de mar abierto.

### c) Malm

En el Malm (Kimmeridgiense-Portlandiense) se registran variaciones en la geometría del medio con la emersión del macizo valenciano noreste y la diferenciación de un medio de plataforma somero limitado al sur (Pinoso-Sax-Busot) con sedimentos detríticos y dolomitizados y otro, más profundo, situado al sur del anterior, en el que se localizaría el Dominio Prebético interno. La sedimentación esta representada por calizas y dolomías, calizas grises con nódulos de sílex, calizas margosas, margas verdosas y calizas de color rojizo.

## 3.2.3 Cretácico

Los materiales cretácicos son los que tienen mayor presencia en el ámbito de la Comunidad Valenciana. Las zonas donde las litologías de edad cretácica tienen mayor extensión se situ-

an en el centro y norte de la provincia de Castellón y al suroeste de la de Valencia. Existen afloramientos de menor entidad al noroeste de Valencia y al norte y en el centro de la de Alicante.

El Cretácico se puede dividir en dos épocas bien contrastadas paleogeográficamente. El Cretácico inferior, muestra unos ambientes que, al desaparecer en la segunda época, configuran una paleogeografía más homogénea para el Cretácico superior. Las diferencias litológicas se dan también a nivel de dominio, produciéndose cambios en la sedimentación dentro de los sectores Ibérico y Bético.

#### 1º) Dominio de la cordillera Ibérica-Costero Catalana

##### a) Cretácico inferior.

El Cretácico, tanto en el sector ibérico como en el dominio Costero-Catalan, se caracteriza por empezar con las mismas condiciones ambientales del Jurásico, que se manifiestan por la sedimentación de tipo detrítico: areniscas y arcillas (Wealdiense) seguida de depósitos de calizas y nuevamente de areniscas y arcillas rojas.

La implantación progresiva de un ambiente marino sobre una plataforma irregular permite la sedimentación de margas y calizas, seguidas de arcillas arenosas y calizas. Esta importante subsidencia es simultánea con la emersión de nuevos relieves cuya erosión será fuente de sedimentos a las nuevas cuencas.

Después de los nuevos movimientos kimméricos (tránsito Jurásico-Cretácico), generadores de amplios pliegues, se produce la erosión de estos depósitos y su probable desaparición del dominio oriental, donde eran poco potentes. Se instala un régimen lacustre o lagunar durante el Hauteriviense y principios del Barremiense. Durante estos periodos se depositan, en ligera discordancia, los dos términos siguientes del complejo wealdiense, el carbonatado y después otro detrítico (arcillas y areniscas) de ambiente deltáico.

En el Cretácico inferior se definen varios ciclos sedimentarios. El primero llega hasta el Hauteriviense y el segundo comprende esta última etapa hasta el Barremiense, representado por calizas depositadas en medio marino que pueden tener influencias continentales. En la parte inferior del Valanginiense se detecta un periodo regresivo con sedimentación de plataforma abierta. Posteriormente se instala un régimen de zona costera a plataforma que evoluciona hacia un medio marino-lagunar o lagunar.

Durante el Hauteriviense continúa la transgresión marina de forma progresiva desarrollando un ciclo sedimentario, que está representado por un conjunto de color marrón oscuro, compuesto por margas, calizas con pequeñas intercalaciones de areniscas y arcillas, alcanzando el máximo en el Barremiense superior con sedimentación de calizas y margas en los términos basales, para concluir con calizas.

Durante el Barremiense, el mar se retira nuevamente del territorio dando paso al ciclo sedimentario Barremiense-Aptiense formado por margas y calizas marinas dispuestas sobre el complejo detrítico Wealdiense.

Con el comienzo del Aptiense se inicia otro ciclo sedimentario con un episodio regresivo, las “capas rojas de Morella”, constituidas por margas, arcillas y areniscas de color rojo (Bedouliense inferior) correspondientes a depósitos marinos litorales (sedimentación de tipo laguna deltáica). Los depósitos lagunares pasan lateralmente a sedimentos marinos, margas, areniscas y calizas. Durante el Aptiense superior (Gargasiense) una transgresión restablece un medio marino epicontinental, en el que se deposita una serie de calizas y margas.

Antes de terminar este periodo se manifiestan ya los signos de una regresión generalizada. Los movimientos epirogénicos (fase Aústrica) dan a la región, como a toda la cordillera Ibérica; un carácter de inestabilidad con un cambio progresivo del régimen marino aptiense al régimen continental albiense (formación detrítica de facies Utrillas).

Este ciclo termina con la secuencia Aptiense-Albiense de carácter regresivo, con sedimentación de arcillas, arenas y areniscas (facies Utrillas), depositados en amplias llanuras aluviales y su equivalente marino, las areniscas del Maestrazgo.

Con el Albiense inferior se inició otro ciclo sedimentario representado por depósitos marinos. Esta sedimentación continua también en el Cenomaniense que, al igual que el Albiense, también es transgresivo.

#### b) Cretácico superior

Después del periodo regresivo Albiense, en la época Cenomaniense se inaugura un nuevo ciclo sedimentario que da comienzo a la transgresión del mar en el Cretácico superior en la región nororiental. La presencia de depósitos litorales constituidos por areniscas calcáreas, calizas areniscosas, gravelosas u oolíticas, confirman la transgresión del mar y que, incluso, haya sobrepasado los límites alcanzados en el Cretácico inferior.

La sedimentación de arenas de la facies Utrillas (areniscas del Maestrazgo) continúa dentro de un medio marino somero de plataforma, con materiales carbonatados acumulados en amplias llanuras de marea: calizas, margas, dolomías y areniscas, representando una secuencia transgresiva-regresiva. La sedimentación continúa con calizas, dolomías, margas y barras de calcarenitas, arenas, areniscas y margas en un ambiente de plataforma somera hacia un proceso regresivo con la creación de ambientes continentales lacustres y fluviales al final del Cretácico.

### 2º) Dominio de la cordillera Ibérica suroccidental-zona tabular

Los primeros sedimentos cretácicos son transgresivos sobre el Malm. Los depósitos barre-mienses son de tipo lacustre que, hacia arriba, se van haciendo de facies marino-lagunar, margas, areniscas y calizas.

Durante el Aptiense la sedimentación se hace claramente marina, dando lugar a calizas de facies costeras que pasan pronto a calizas con fósiles bentónicos y rudistas propios de medios neríticos. Continua la sedimentación de calizas de ambiente litoral con intercalaciones de margas arenosas durante el Albiense, sin presencia de sedimentos detríticos de facies Utrillas. Por ello se puede pensar que las consecuencias de la fase Aústrica pre-Albiense fueron importantes.

Durante el Albiense la subsidencia de la cuenca fue notable como indican los diferentes espesores de los sedimentos. Este régimen de sedimentación marina de tipo litoral, continúa en parte durante el Cenomaniense inferior, con episodios de materiales terrígenos.

Al final del Cenomaniense inferior comienza una fuerte transgresión, por lo que el medio aumenta de profundidad y se produce un alejamiento de la línea de costa.

Durante el Cenomaniense toda la región era plataforma epicontinental. Posiblemente los depósitos fueron de calizas en medio costero, con cierta influencia continental hacia el Cenomaniense superior, donde se sitúa la alternancia de dolomías arcillosas y margas dolomíticas.

En el Turoniense y Coniaciense, la sedimentación es similar a la del Coniaciense medio. Hacia el final de la serie sedimentaria, junto a estratos de calizas, aparecen niveles de sedimentos terrígenos que evidencian algunas subsidencias de la cuenca.

En el Santoniense se depositan nuevamente calizas de facies neríticas con intercalaciones de materiales de origen lagunar que parecen indicar una inestabilidad de la cuenca y el comienzo de una regresión marina. El medio de sedimentación debió corresponder a un ambiente marino-lagunar con algunos episodios francamente marinos. Se trataría de una cuenca somera y mal comunicada con el mar, protegida del oleaje y con aguas posiblemente algo salobres, pero no totalmente lacustres.

Continúa este régimen sedimentario en el Campaniense. Hacia la parte superior de éste aumentan considerablemente los aportes detríticos acentuando el carácter lagunar de los depósitos. Siguen las calizas y margas del Maastrichtiense y los sedimentos terrígenos del Paleoceno. Esta abundante presencia de características lagunares en los sedimentos son una posible consecuencia de la inestabilidad de la cuenca por un lado. Por otro, el comienzo de las primeras fases alpinas, que en conjunto originan una regresión marina, como indican los sedimentos de facies Garúmnica.

### 3º) Dominio Prebético

#### a) Cretácico inferior.

Las litologías en este sector tienen facies similares a las de la cordillera Ibérica, presentando un carácter marcadamente continental hacia la parte norte, mientras que hacia el sur se vuelve marino. La primera formación de edad cretácica constituye un tránsito con el Jurásico final, donde se inició su sedimentación. Está formada por calcarenitas, margas, areniscas y margocalizas, acumuladas en ambientes marginales de plataforma, variando entre un dominio submareal, intermareal o supramareal en la base a un medio de plataforma abierta poco profunda.

Esta configuración paleogeográfica permanece incluso durante el Hauteriviense, con dos medios bien diferenciados. Al norte de la alineación Pinoso-Sax-Busot los depósitos son carbonatados, formados en un medio de alta energía (inter a inframareal). En dirección sureste aparecen facies más profundas de transición hacia un medio de plataforma externa a borde de talud.

A partir del Barremiense se observa la implantación de un medio supralitoral, cuyas características persistirán en el Aptiense.

Sobre la formación anterior se apoya una serie constituida por arenas, areniscas, arcillas arenosas y calizas arenosas, depositadas en medios continentales fluviolacustres.

Margas y niveles calcáreos componen la primera secuencia acumulada en un ambiente de plataforma abierta, seguida de otra caracterizada por sedimentación de dolomías, calizas, calcarenitas y construcciones de corales dentro de un dominio arrecifal. Margas, calcarenitas, calizas, arcillas, arenas y areniscas, confirman un ambiente de plataforma con dominios desde el supramareal hasta el pelágico, con influencias deltáicas sobre la secuencia anterior.

En el Albiense se observa una sedimentación de tipo fluvial y otra marina que evoluciona de un medio somero, inter e inframareal a otros más profundos.

#### b) Cretácico superior.

En el Cretácico superior los medios someros dan paso a mares más profundos debido a movimientos transgresivos. El medio sedimentario en el transcurso del Cretácico superior es muy variable, con diferencias paleogeográficas cambiantes a lo largo del mismo. Desde dolomías, calizas dolomíticas, margas y calcarenitas, que se han acumulado en un medio marino de plataforma continental somera, hasta zonas más profundas, situadas al sur, con sedimentación de calizas y margas. El ciclo termina con la formación de arcillas rojas (facies garumniense) como transición al Terciario.

### 3.3 CENOZOICO

La era cenozoica o de los “animales recientes”, comprende los últimos 65 millones de años de la historia de la Tierra . Se divide en dos periodos, Terciario y Cuaternario.

#### 3.3.1 Terciario.

El Terciario se divide en Paleógeno y Neógeno. Desde el punto de vista litológico tienen distinta representatividad en la Comunidad Valenciana.

Los materiales de edad paleógena son importantes en el norte de la provincia de Alicante (Prebético), mientras que en el resto de la Comunidad la presencia es muy escasa. En cuanto a los sedimentos neógenos tienen una distribución más amplia, si bien es en las provincias de Valencia y Alicante donde ocupan una mayor extensión.

Los sedimentos de edad terciaria han tenido en su mayor parte un origen marino en la mitad sur de la Comunidad, mientras que hacia el norte y zonas interiores predomina la génesis continental.

Durante el Terciario se producen movimientos orogénicos importantes.

La fase anterior al Mioceno inferior es generadora de las principales estructuras actualmente observables, en particular de la surrección del comportamiento de zócalo y de Buntsandstein y de las grandes fallas que resultan de ello.

Correlativamente las aguas marinas se retiran definitivamente del conjunto del territorio y el continente, nuevamente emergido, queda sometido a una intensa erosión, fosilizando un re-

lieve todavía bastante acentuado. Durante el Mioceno inferior se deposita una primera etapa detrítica, a la que suceden depósitos carbonatados de agua dulce. Durante y después de este periodo se producen movimientos de menor amplitud, Vindobonienses y post-Vindobonienses con toda probabilidad.

Tanto el Mioceno inferior como su substrato mesozoico se alabea y se fractura. Durante el Mioceno superior (Plioceno), la erosión actúa sobre la potente capa detrítica del Pontense, que en el dominio considerado será débilmente y muy localmente deformada por movimientos "póstumos". Entonces comienza a desarrollarse sobre el país la vasta superficie de explanación fini-pliocena. Durante el transcurso del Cuaternario, movimientos verticales de conjunto, determinan el hundimiento progresivo de los cursos de agua y la disección, e incluso la desaparición de dicha superficie.

### 1º) Dominio de la cordillera Ibérica-Costero Catalana

#### a) Paleógeno

La presencia de depósitos de edad paleógena es relativamente escasa en la región. Estructuralmente están relacionados con las series del substrato Mesozoico. Los materiales aflorantes tienen carácter continental desarrollados en medios fluvio-aluviales y lagunares. Los conjuntos litológicos de esta etapa están constituidos por niveles de conglomerados bien cementados, areniscas, margas, arcillas rojas y calizas lacustres, caracterizan una sedimentación continental. En general, los materiales detríticos tienen coloraciones rojas, anaranjadas y amarillentas.

#### b) Neógeno

La sedimentación en este dominio es mayoritariamente continental, en depresiones desarrolladas por la distensión tectónica. Es aquí donde se produce una acumulación de materiales que, en su mayor parte, son de naturaleza detrítica, tales como conglomerados bien cementados, microconglomerados, areniscas, arcillas rojas, pardas y ocreas, arcillas limolíticas a veces arenosas, y una importante acumulación de material carbonatado (calizas, limolitas calcáreas, margas, calizas travertínicas, etc.). Localmente pueden aparecer niveles de lignitos, arcillas lignitíferas y yesos.

En las zonas interiores predomina la sedimentación de carácter detrítico debida a aportes aluviales y fluviales que dan origen a depósitos de conglomerados poligénicos (gruesos cantos redondeados de calizas mesozoicas unidos por cemento arenoso), areniscas, limos arcillosos rojos, calizas lacustres, margas, arcillas y yesos. En el borde exterior se sitúan los depósitos de sedimentos finos y carbonatados, propios de medios lagunares o de transición con influencia marina en ambientes costeros, areniscas, arenas y margas limoníticas.

La presencia de sedimentos de origen marino en la cordillera Ibérica meridional tiene lugar durante la transición miocena que alcanzó su máximo en el Burdigaliense e invadió la mitad sur de la provincia de Valencia. Las rocas relacionadas con esta transgresión son arenas, areniscas, margas limolíticas y arcillas de colores rojizos, con niveles de calizas de poco espesor y algo arcillosas.

## 2º) Dominio Prebético

En el Terciario el dominio marino se desplaza hacia el sur y se incorporan procesos de sedimentación continental. La formación de calcarenitas, margas y calizas tienen lugar en la cuenca marina, mientras que en el dominio continental se acumulan, respectivamente, conglomerados, areniscas y arcillas rojas en medios fluviales y aluviales, y calizas, margas y yesos en medios lacustres a lagunares.

Está representado por depósitos marinos y continentales en ambientes creados por las oscilaciones del nivel del mar y la dinámica cortical, equivalentes a los de la etapa anterior. Calizas pararrecifales, margas blancas (Tap 1), areniscas, conglomerados, limos, margas azules (Tap 2), calcirruditas, arcillas rojas, conglomerados y margas.

### a) Paleógeno

#### - Paleoceno.

En el Daniense, presencia de margas esquistosas amarillas, calizas y arcillas de color verde. En el Montiense, calcarenitas, margas con sílex y arcillas de color verde. En el Thanetiense, arcillas de color verde, arenas y caliza margosa.

#### - Eoceno.

Presencia de calizas, dolomías y arcillas.

#### - Oligoceno.

Predominan las calizas, margas, arenas tipo flysch, calizas pararrecifales; conglomerados y margas de color salmón.

### b) Neógeno

#### - Mioceno.

En Mioceno inferior, durante el Aquitaniense, calizas pararrecifales, calizas margosas fértidas, microconglomerados y calizas. En el Burdigaliense, margas de color blanco.

En el Mioceno medio, durante el Langhiense, margas de color blanco y calcarenitas bioclásticas. En el Serravaliense, margas de color blanco, calcarenitas bioclásticas y calcirruditas bioclásticas.

En el Mioceno superior, margas de color blanco, calcirruditas bioclásticas con cantos, y calizas.

#### - Plioceno.

Calizas margas de color blanco, limos y arcillas rojas con cantos.

## 3.3.2 Cuaternario

El Cuaternario comenzó hace 1,6 millones de años. Se divide en dos épocas, Pleistoceno, que comprende la mayor parte de la era cuaternaria y Holoceno, al que pertenecen los 10.000 últimos años.

Los depósitos de este periodo se han producido en medio continental, marino o mixto. Su origen ha sido muy variado, fluvial, aluvial, lagunar, eólico, litoral, kárstico, edáfico y diagenético. Se producen depósitos detríticos de conglomerados, arenas, limos y arcillas; químicos como tobas, travertinos, costras y encostramientos; y orgánicos de turba.

Las formaciones de edad cuaternaria se encuentran preferentemente en el sur de Alicante y a lo largo de la franja costera de las provincias de Castellón y Valencia.

Los sedimentos formados durante el Cuaternario conservan en gran medida la morfología que caracteriza a los diferentes depósitos con los agentes geodinámicos que han intervenido en el proceso sedimentario.

Los diferentes depósitos han sido formados en medio continental, marino o mixto, según el agente o agentes que han participado en la génesis de los mismos.

- Arcillas y limos.

Estos depósitos constituyen en unos casos las llanuras aluviales o de inundación; los sedimentos de relleno de albuferas; lagunas relacionadas con medios aluviales; también son el residuo que queda tras la disolución de las calizas y finalmente los que se han producido por la acción del viento en medios costeros.

- Arenas.

Como acumulaciones (dunas) producidas por el viento en la costa a partir de la erosión de las playas así como el sedimento que constituye la misma playa.

- Gravas y cantos.

Constituyen los depósitos de las terrazas de origen fluvial y las acumulaciones de los conos aluviales y glaciares en las zonas próximas a los relieves, también están presentes en el fondo de los cauces de ramblas y barrancos.

- Depósitos heterométricos de cantos, limos y arcillas.

Sedimentos con esta granulometría se originan al pie de los relieves como consecuencia del descenso gravitacional y la escorrentía en las laderas (coluviones); en los cauces donde el aporte de las laderas se mezcla con el que es transportado por el fondo del canal, y también en las formaciones deltáicas construidas en la desembocadura de algunos ríos.

- Materia orgánica.

Aparece en ambientes sedimentarios palustre (albuferas).

- Depósitos carbonatados.

Proceden de la precipitación del Carbonato Cálcico disuelto en el agua. Una parte importante se encuentra cementando y rellenando espacios en los sedimentos detríticos como "encostramientos" y otra como acumulaciones de diferente tipo y origen, denominadas genéricamente "costras". Otros depósitos son las tobas y calizas pulverulentas formadas en charcas y surgencias kársticas.

## ***4. CARTOGRAFÍA LITOLÓGICA***

Los mapas litológicos expresan la distribución de las rocas en el territorio e indican la clase a la que pertenecen dentro de una clasificación petrológica, proporcionando una imagen sistemática del reparto de las litologías en una región.

Su utilidad, desde el punto de vista económico, se pone de manifiesto a través del concepto de recurso natural, como constituyente primario, que de diferente modo interviene en el desarrollo de las obras y actividades humanas, bien como soporte de las mismas o como materia prima.

Por otra parte su investigación y conocimiento son necesarios para cualquier estudio que aborde problemas medio ambientales y de ordenación del territorio. Ello es debido a la estrecha relación que existe entre los distintos aspectos del medio geológico, tales como la Geomorfología, Hidrología, Edafología y Riesgos Geodinámicos (deslizamientos, erosión e inundaciones), entre otros.

En general, las rocas se clasifican según tres tipos fundamentales: Igneas, Metamórficas y Sedimentarias. Para la elaboración del mapa litológico de la Comunidad Valenciana a escala 1:50.000, se ha diseñado una leyenda que prácticamente se refiere en su totalidad a las rocas sedimentarias, por ser las que ocupan la mayor parte de nuestro territorio.

En primer lugar se establece la consideración entre rocas consolidadas y aquellas que no lo están (no consolidadas). A partir de aquí la identificación de las diferentes litologías se ajusta a la naturaleza de las rocas y su expresión cartográfica contempla la representación individual de los términos litológicos o bien de forma asociada, ya se trate de una alternancia o de una mezcla homogénea. En cada caso existirá la correspondiente identificación dentro de la leyenda, que está formada por una combinación de símbolos y tramas que identifican la composición litológica en el mapa.

La existencia de aspectos secundarios dentro de las características litológicas, como encostamientos o costras, presencia de materia orgánica o un alto contenido en hierro, se indican con una simbología adicional.

Como información complementaria en relación con el aprovechamiento de materias primas, se señalan aquellas litologías que pueden considerarse un recurso natural (rocas industriales).

## ***5. RELACIÓN LITOLOGÍA-RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS***

La presencia de agua en las rocas esta condicionado a los espacios abiertos existentes en las mismas, como poros y fracturas (diaclasas) que en sentido amplio llamaremos porosidad.

La porosidad es una característica de los sedimentos detríticos y, dependiendo del tamaño de las partículas del sedimento, esta propiedad puede variar notablemente entre las diferentes rocas detríticas.

De las dimensiones y el volumen de estos espacios, llamados poros, dependerá la capacidad de almacenamiento de agua subterránea y la velocidad de circulación.

En estos espacios intergranulares pueden producirse intercambios químicos entre los constituyentes minerales de la roca y el fluido intersticial, produciéndose disoluciones o precipitaciones con cambios en la composición química del agua.

Otra propiedad hidrológica de las rocas es la permeabilidad, que permite el paso del agua subterránea a través de los espacios abiertos en las rocas, ya se trate de poros o de diaclasas. El valor de la permeabilidad dependerá del volumen de agua que pase a través de la roca en un tiempo determinado.

Siendo geométricamente distintas, la porosidad y la permeabilidad están relacionadas entre si, de modo que la permeabilidad es mayor cuanto más grande es el tamaño de los poros, o lo que es lo mismo, cuanto mayor es el diámetro de las partículas del sedimento. Y una roca no porosa es también impermeable.

Sin embargo, aquellas rocas que genéticamente no presentan espacios abiertos en su interior, como ocurre con las plutónicas, metamórficas y, entre las sedimentarias, las rocas calcáreas o detríticas muy cementadas como areniscas o conglomerados, pueden obtener cierta capacidad de almacenamiento hidrogeológico y permeabilidad cuando son fracturadas por los esfuerzos tectónicos. En este tipo de rocas la infiltración y la circulación del agua subterránea tiene lugar a través del sistema de diaclasas que cuartejan el acuífero.

Las características hidrogeológicas pueden modificarse con el transcurso del tiempo de forma particular en las rocas carbonatadas (calizas y dolomías) debido al carácter soluble de carbonato cálcico, en contacto con agua que contenga anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) disuelto. Este fenómeno, llamado karstificación, produce una ampliación de los espacios abiertos en el interior de la roca por la circulación y disolución de la caliza, aumentando la capacidad de embalse (acuífero) y también su permeabilidad.

## ***6. RECURSOS LITOLÓGICOS***

La actividad industrial en sus diferentes ámbitos necesita materias primas que obtiene de la tierra. Estos materiales pueden ser minerales o rocas.

En la Comunidad Valenciana los yacimientos minerales son insignificantes, en cambio son importantes los recursos de rocas industriales que se emplean para diferentes actividades.

La utilización de las diferentes litologías por los distintos campos de la industria en términos generales podría esquematizarse del modo siguiente (Cuadro 2):

- a) Rocas sedimentarias no consolidadas.
  - Gravas y arenas: Como áridos para hormigones y para vidrio y moldeo.
- b) Rocas sedimentarias consolidadas.
  - Arcillas: Para cemento y cerámica.
  - Calizas: Para cementos y cales, como piedras ornamentales y para áridos de trituración.
  - Dolomías: Cales magnésicas refractarias, áridos de trituración.
  - Margas: Para cemento y cerámica.
  - Arenisca: Para construcción.

Las distintas actividades utilizan los siguientes recursos:

#### 1) Construcción

- Calizas del Oxfordiense-Kimmeridgiense, Gargasiense y Santoniense.
- Calizas lacustres del Mio-plioceno.
- Calizas oscuras del Trías y del Jurásico (subbético).
- Margas y arcillas del Bedouliense basal.
- Areniscas del Buntsandstein.
- Areniscas calcáreas del Mioceno.

#### 2) Aglomerantes

- Calizas dolomíticas, margocalizas y margas del Hauteriviense-Berriasiense-Barremiense.
- Calizas y margas del Dogger y Malm.
- Calizas del Gargasiense, Santoniense, Maastrichtiense y Mio-plioceno.
- Margas del Bedouliense superior y Mio-plioceno.
- Yesos del Keuper y Mioceno (Andaluciense).
- Arcillas del Trías.

#### 3) Cerámica

- Margas y arcillas del Bedouliense basal y Formación Maestrazgo.
- Arcillas del Trías, Portlandiense, Weald, Albiense, Eoceno y Mio-plioceno.

- Caolín del Cretácico inferior (Weald).
- Margas del Terciario (Eoceno y Mioceno).

4) Ornamentación

- Calizas con Toucasias del Gargasiense.
- Calizas del Kimmeridgiense medio y del Eoceno.

5) Áridos de trituración

- Calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico.
- Calizas del Kimmeridgiense, Santoniense-Campaniense.
- Dolomías del Triásico superior.

6) Áridos naturales

- Gravas de los cauces de ramblas.

7) Vidrio

- Arenas silíceas del Cretácico inferior.

	Arcilla	Arena	Arenisca	Caliza	Caolín	Dolomía	Grava	Marga	Mármol	Yeso
<b>Piedras de construcción</b>			X	X						
<b>Piedras de ornamentación</b>			X	X		X			X	
<b>Cementos</b>			X	X		X		X	X	
<b>Cales</b>			X	X		X		X	X	
<b>Yesos</b>										X
<b>Áridos naturales</b>		X					X			
<b>Áridos de trituración</b>			X	X					X	
<b>Vidrio</b>		X								
<b>Cerámica</b>	X				X					

Cuadro 2

## ***7. BIBLIOGRAFÍA***

- IGME (1973). *Mapa Geológico de España: segunda serie*. Escala 1:50.000. Madrid. Hojas y Memorias: 519: Aguaviva, 520: Peñarroya de Tastavins, 521: Beceite, 544: Forcall, 545: Morella, 546: Uldecona. 547: Alcanar. 569: Villafranca del Cid, 570: Albocacer, 589: Terriente, 571: Vinaroz, 592: Villahermosa del Río, 593: Cuevas de Vinromá, 594: Alcalá de Chivert, 612: Ademuz, 613: Camarena de la Sierra, 614: Manzanera, 615: Alcora, 616: Villafames, 617: Faro de Oropesa, 637: Landete, 838: Alpente, 639: Jérica, 640: Segorbe, 642: Castellón de la Plana-Islas Columbretes, 665: Mira, 666: Chelva, 667: Villar del Arzobispo, 668: Sagunto, 669: Moncofar, 693: Utiel, 694: Chulilla, 695: Liria, 696: Burjasot, 719: Venta del Moro, 720: Requena, 721: Cheste. 722: Valencia, 745: Jalance Llombay, 747: Sueca, 767: Carcelén, 768: Ayora, 769: Navarres, 770: Alcira, 771: Levesa, 793: Almansa, 794: Canals, 795: Játiva, 796: Gandía, 819: Caudete, 820: Onteniente, 821: Alcoy, 823: Javea, 845: Yecla, 846: Castalla, 847: Villajoyosa, 848: Altea, 870: Pinoso, 871: Elda, 872: Alicante, 892: Fortuna, 893: Elche. 894: Cabo de Santa Pola, 913: Orihuela, 914: Guadamar de Segura, 934: Murcia, 935: Torreveja.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1976). *Hidrología subterránea* (tomos I y II) Omega. Barcelona

***PARTE SEGUNDA: RIESGO  
DE DESLIZAMIENTO***

## ***1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS***

Dentro de un conjunto de trabajos sobre el Medio Físico de la Comunidad Valenciana, encargados por la Sotssecretaria General d'Urbanisme i Ordenació Territorial de la Conselleria d'Obres Públiques Urbanisme i Transports, se ha llevado a cabo una cartografía del riesgo de movimientos del terreno en el ámbito de la Comunidad a escala 1:50.000.

El objetivo de estos trabajos es conocer las condiciones del medio físico como soporte de las actividades urbanísticas y establecer los factores de capacidad del territorio en relación con sus posibles usos. Esta capacidad depende, entre otros factores, de la existencia de determinados riesgos -naturales o inducidos- que impiden o limitan substancialmente la implantación de usos urbanísticos determinados y que podrían condicionar las propuestas del modelo territorial.

En esta cartografía, de carácter sintético e interpretativo, se representan aquellas áreas en que pueden aparecer fenómenos de inestabilidad del terreno, determinadas a partir de la relación de algunos de los parámetros que intervienen y que desencadenan el desarrollo de estos procesos. Con posterioridad, los mapas originales se han digitalizado en AutoCad y se presentan en soporte CD.ROM, junto con una cartografía básica que incluye núcleos de población, términos municipales, carreteras, ferrocarriles, red fluvial y altimetría.

Asimismo, se han señalado aquellos sectores en los que por la presencia en ellos de asentamientos urbanos e infraestructuras, son vulnerables ante la formación de deslizamientos.

Además, en la memoria se exponen y se relacionan los factores que intervienen y desencadenan los procesos de inestabilidad y los criterios o evidencias que deben analizarse para identificarlos.

La finalidad del trabajo es proporcionar una información de carácter preliminar y orientativo a los técnicos que trabajan en Ordenación del Territorio y a entidades provinciales y locales, con el fin de llamar su atención sobre aquellos sectores donde pueden producirse fenómenos de este tipo, y qué zonas podrían verse dañadas, así como señalar las causas que generan estos fenómenos y cómo se manifiestan sus efectos.

## ***2. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS***

Para el desarrollo del trabajo se ha realizado un estudio analítico e integrador de la información, utilizando como documentos de base los mapas geológicos, geotécnicos y geocientíficos del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (antes I.G.M.E); los topográficos del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000 y fotografías aéreas disponibles en la fecha. Además, se ha recurrido a todo tipo de fuentes de información que aportasen datos sobre la existencia de deslizamientos del terreno.(bibliografía, revistas especializadas, noticias de prensa, etc.).

También se han llevado a cabo reconocimientos sobre el terreno para efectuar observaciones de carácter general sobre morfología, litologías, estructuras, pendientes, vegetación, etc.

En esta cartografía se han representado bajo el nombre genérico de “riesgo de deslizamiento”, todas aquellas zonas con masas de terreno potencialmente inestables por movimientos gravitatorios, cuyo origen es debido a procesos de dinámica externa, bien producidos por causas naturales o inducidos por la acción humana. Por tanto, bajo esta denominación se engloban los deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos, avalanchas, vuelcos y pandeos. Los desprendimientos rocosos, por su tipología peculiar y asociación con relieves montañosos y escarpados se han podido representar con la metodología utilizada y se han cartografiado aparte.

No haber efectuado una clasificación de los movimientos considerando el mecanismo de rotura, la tipología, o la magnitud de los mismos se debe a que estos fenómenos abarcan una amplia multitud de combinaciones entre materiales afectados y agentes perturbadores, lo que obligaría a un estudio particularizado de cada caso. Además, el nivel de precisión de la información necesaria para realizar este trabajo a la escala requerida, tampoco lo permite. Asimismo, los fenómenos de subsidencia, colapso y expansividad de suelos, se han grafiado tan sólo cuando estaban asociados e incluidos en los riesgos antes descritos.

El proceso seguido para obtener la zonificación de áreas donde existe la posibilidad de que se produzcan movimientos de ladera, ha consistido en la yuxtaposición de los principales factores condicionantes y rasgos que permiten identificar y evaluar las zonas inestables.

Así, analizando la combinación de litologías, composición petrográfica de las mismas, estructura, tectónica, pendientes topográficas, formas del relieve y pluviometría, se han representado unas zonas a las que se les ha asignado un rango en función de la mayor o menor probabilidad de que el fenómeno de deslizamiento se desencadene. También se han visitado aquellas zonas de las que se tenía documentación acerca de las existencia de movimientos del terreno, para observar el fenómeno “in situ” y poder hacer las extrapolaciones pertinentes en otros lugares donde concurrieran circunstancias similares.

El grado de exactitud de los resultados obtenidos ha venido impuesto tanto por la escala de trabajo, (pequeña-media) -ya que el objetivo es obtener una visión de carácter general sobre la extensión y gravedad de estos procesos en la Comunidad Valenciana- como por el grado de precisión de la información suministrada por los documentos de base. Debido al carácter pre-

liminar del estudio, no se han realizado reconocimientos detallados de campo de las zonas potencialmente más problemáticas, sino tan sólo de carácter general.

Los grandes rasgos de inestabilidad pueden determinarse con bastante aproximación mediante fotos aéreas, mapas topográficos y mapas geológicos. En aquellas formas o evidencias de inestabilidad de tamaño más pequeño, aunque se crucen muchos de los parámetros que intervienen en estos procesos, para poder demostrar su existencia, se requiere una observación detallada sobre el terreno que permita su correcta identificación.

De ésta manera, no han podido considerarse características locales ni estructurales de litología, (ya que éstas no son ni temporal ni espacialmente continuas) grado de fisuración, drenaje, etc., aunque el conocimiento personal de gran parte de la zona estudiada ha suplido parcialmente esta carencia.

Para la asignación del grado de inestabilidad se ha tenido en cuenta la modificación humana del medio, ya que la existencia de vías de comunicación y asentamientos urbanos pueden provocar filtraciones, modificación del drenaje natural, cambios en las condiciones de estabilidad de pendientes naturales -mediante la variación del ángulo de las mismas-, y cargas sobre el terreno, que son algunos de los factores que pueden desencadenar y acelerar los procesos de deslizamiento.

También se han señalado y diferenciado las áreas en las que la inestabilidad potencial del terreno y la presencia en ellas de asentamientos urbanos e infraestructuras las convierte en zonas de peligrosidad, pues la formación de un deslizamiento podría causar daños a personas, bienes, vías de comunicación y otros servicios, sin entrar a considerar la magnitud de los mismos.

### ***3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA INESTABILIDAD DEL TERRENO***

Para que se produzca la inestabilidad y puesta en movimiento de una masa de terreno deben intervenir y modificarse de forma conjunta varios factores. Aunque las formas de la superficie terrestre se pueden considerar como resultantes de un sistema evolutivo y, por tanto, en continuo cambio, a la escala de tiempo en la que se producen estos movimientos del terreno, a algunos de los factores que intervienen en ellos se les puede conceptualizar como constantes o con poca variabilidad a lo largo del tiempo y, a otros, como factores variables que sufren modificaciones con cierta periodicidad.

Los primeros, serían de carácter pasivo y condicionarían y conformarían el tipo de rotura y su mecanismo. De otro lado, los factores variables o activos interferirían sobre los anteriores, modificándolos y desencadenando la inestabilidad y puesta en movimiento del terreno, además de determinar, en muchos casos, la magnitud del proceso. El conjunto de estos factores comprende la siguiente relación:

**- Factores constantes**

- Naturaleza de los materiales
- Relación estructura-ladera
- Pendiente topográfica y morfología de la ladera
- Vegetación

**- Factores variables**

- Climatología
- Meteorización
- Agua
- Erosión fluvial y costera
- Sismicidad de la zona
- Acciones antrópicas

### **3.1 FACTORES CONSTANTES.**

#### **3.1.1 Naturaleza de los materiales**

La litología de los materiales aflorantes y su grado de alteración condicionará sus características físico-mecánicas y, por tanto, su estabilidad potencial, por lo que el comportamiento va-

riará de unos materiales a otros aún cuando actúen sobre ellos con igual intensidad los mismos factores.

Los parámetros resistivos dependerán de la composición mineralógica y de la textura, compactación, tamaño, forma y cementación de las partículas que formen la roca o sedimento. Por tanto, materiales poco cementados, con tamaños de grano fino (limo-arcilla o arenas limo-arcillosas), o de un amplio rango granulométrico (derrubios de ladera) son litologías más propensas al deslizamiento.

La influencia de la composición mineralógica de los materiales es, en ocasiones, determinante para que se produzcan inestabilidades. En sedimentos con abundancia de minerales de la arcilla del tipo montmorillonita, se puede producir, en épocas de lluvia, un hinchamiento de estos minerales por la absorción de agua en su estructura molecular y posterior dilatación, lo que provoca una expansión del terreno, con aumentos de volumen que son problemáticos si alcanzan el 5% y que, en casos excepcionales, pueden llegar al 50%. Asimismo, el lavado de las sales contenidas en determinadas arcillas marinas conduce a un reordenamiento en la estructura de las partículas, pasando de floculadas a dispersas y dando lugar a una reducción de la resistencia al corte.

También, la alternancia o intercalación de materiales de distinta naturaleza, y por tanto, con resistencia, compactación y permeabilidades diferentes, producirá heterogeneidades en el comportamiento global de la masa, que según la tipología de aquéllas, tendrá una respuesta variable a los factores externos que se manifiesten, lo que favorece la aparición de fenómenos de inestabilidad. Del mismo modo, el espesor de los diferentes materiales podrá determinar que el movimiento sea superficial o profundo.

### **3.1.2 Relación estructura-ladera**

Otro aspecto de gran importancia a considerar frente a la estabilidad es la relación y combinación de la disposición geométrica de los materiales aflorantes, con respecto a la orientación, pendiente y altura de la ladera natural o talud artificial. En este sentido, deberán observarse las discontinuidades presentes (planos de estratificación, fallas, diaclasas, esquistosidad), atendiendo a su inclinación, orientación, número, densidad, naturaleza y morfología.

Estas características tienen gran importancia en el caso de materiales rocosos (calizas, areniscas, etc.), que serían estables de no ser por la fisuración y disgregación que produce la existencia e intersección de estas discontinuidades, al modificar las propiedades de los materiales, lo que provoca que el macizo rocoso, en su conjunto, adquiera una resistencia menor que la roca inicial.

Asimismo, cuando la dirección de la estructura de los materiales con respecto a la del terreno natural o talud artificial es paralela - y, por tanto,- coincidente, y dichos materiales tienen una inclinación ladera abajo, se facilita el desencadenamiento de inestabilidades, que será mayor cuanto más pequeño sea el ángulo de intersección que formen ambas inclinaciones.

Estas circunstancias se verán favorecidas por la circulación del agua de infiltración a través de las discontinuidades, que pueden actuar durante los periodos de lluvia como superficies de despegue.

Las diferencias del estado tensional dentro de un macizo rocoso conllevan que dentro de un mismo sector geográfico, la disposición y el número de discontinuidades no sea constante y, por tanto, las condiciones de inestabilidad puedan variar.

### **3.1.3 Pendiente topográfica y morfología de la ladera**

La pendiente topográfica y la altura de las laderas son factores que condicionan el desarrollo de procesos de deslizamiento por su contribución a la inestabilidad de los materiales; tanto es así que son parámetros utilizados sistemáticamente en la mayoría de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes. En terrenos homogéneos, cada tipo de material tendrá una altura crítica y un ángulo máximo, a partir de los cuales se producirá un desequilibrio gravitacional, siendo posible la rotura. No obstante, en zonas muy húmedas, la morfología no tiene por qué ser necesariamente abrupta para que materiales arcillosos, debido a la saturación, puedan generar movimientos rápidos, de tipo flujo, con velocidad considerable.

También, las características morfológicas de la ladera aumentarán o disminuirán su equilibrio, y ya que estas formas son además el resultado de un proceso evolutivo, nos servirán también como indicadores de inestabilidad. Una topografía abrupta, con valles profundos, grandes diferencias de altura entre vaguadas, alto gradiente hidráulico, relieve escarpado, red de drenaje densa y encajada, formas acarcavadas y laderas con morfología cóncava, es indicativa de zonas con alto potencial de inestabilidad.

De este modo, mediante la combinación de determinados índices morfológicos y morfométricos del terreno, tales como la morfología, altura y pendiente topográfica, la superficie y longitud de la cuenca superficial y de los conos de deyección, etc., se han desarrollado métodos para determinar la susceptibilidad de rotura de una ladera.

### **3.1.4 Vegetación**

Es éste un factor controvertido, tanto en su uso como parámetro a intervenir en la estabilidad, como en el papel que desempeña. Esto es debido tanto a las distintas circunstancias que se producen en la presencia de la amplia variedad de especies vegetales existentes, dentro de las cuales algunas tienen un marcado carácter estacional, como a los efectos que en ellas se manifiestan.

Aunque es el factor menos constante de los hasta ahora reseñados y no llega a ser determinante para la estabilidad global de una masa de terreno, sí condiciona de forma notable la acción de otros factores.

El efecto positivo que produce la vegetación es el de mantener la estabilidad superficial del terreno y evitar su degradación, ya que las raíces cohesionan las partículas del suelo y disminuyen la disgregación de los niveles superficiales. La presencia de una cobertura vegetal también favorece el drenaje por la absorción del agua superficial del terreno, al tiempo que disminuye el efecto producido por la erosión hídrica. Como contribución negativa, está la producida por el efecto de cuña realizado por algunas raíces al desagregar el suelo, provocando los consiguientes efectos mecánicos en grietas y fracturas.

## **3.2 FACTORES VARIABLES**

### **3.2.1 Climatología**

Las causas que intervienen en los movimientos del terreno están muy influidas por las características climatológicas de la zona, que deben ser consideradas como agentes que influyen en la formación del relieve por su repercusión en los procesos geomorfológicos.

Los efectos del clima se derivan principalmente de la pluviometría y temperatura. Por lo que respecta a las precipitaciones, no sólo influye el volumen total anual, sino también la distribución estacional, el régimen y su intensidad.

De esta manera, cuando las lluvias son torrenciales, el impacto físico de las gotas de agua ataca enérgicamente el suelo y provoca la disgregación y removilización de las partículas superficiales, que son arrastradas por el agua. A su vez, la cantidad de lluvia caída en tan poco tiempo, excede la capacidad de infiltración en el terreno, por lo que se produce una escorrentía superficial que intensifica el efecto erosivo del agua sobre las laderas durante el transporte del sedimento y forma depósitos característicos al pie de las pendientes. Si, por el contrario, el agua de lluvia se infiltra lentamente, se produce un mayor grado de saturación del terreno, que puede llegar a formar un nivel de agua subterránea.

En general existe una buena correlación entre la frecuencia de deslizamientos y la estación del año, correspondiendo un mayor número de aquéllos a los meses más lluviosos. Este fenómeno se incrementa en zonas muy húmedas y durante los periodos con lluvias más extensas e intensas aumenta también la magnitud de los movimientos, ya que el terreno presenta un elevado grado de saturación como consecuencia de lluvias anteriores.

Por lo que respecta a las temperaturas, parámetro de menor importancia, cuanto más altas y más extremas sean, mayor será su influencia sobre los ciclos de humedad-sequedad del suelo. Los cambios de temperatura originarán procesos de expansión y contracción de los poros del terreno, con los consiguientes efectos sobre su grado de esponjamiento y saturación.

### **3.2.2 Meteorización**

Este factor produce una alteración de la roca o del sedimento original de la ladera, cambiando su resistencia y permeabilidad. Las transformaciones químicas, mineralógicas y texturales que se generan durante el desarrollo de este proceso, por la acción de reacciones de disolución, oxidación, hidrólisis, etc., destruyen el empaquetamiento de los materiales, disgregan el conjunto y generan una pérdida de la cohesión, lo que lleva en definitiva a una disminución de su resistencia.

### **3.2.3 Agua**

El agua es el agente que contribuye con mayor peso a la modificación de las condiciones de estabilidad de una ladera. Por una parte, provoca la disgregación física de la estructura de las

partículas del suelo, así como su alteración química mediante procesos de disolución, oxidación, etc. Todo ello genera cambios mineralógicos, composicionales y texturales, lo que da como resultado, en ambos casos, una disminución de sus parámetros resistivos.

Por otra parte, cuando el agua se infiltra y percola en el subsuelo a través de poros y fisuras, puede formarse un nivel de saturación variable, con un drenaje y un flujo determinado. A nivel intuitivo, puede pensarse entonces, que el papel desestabilizador del agua procede del efecto lubricante que ésta produce sobre las partículas y discontinuidades del terreno.

Sin embargo, su acción desestabilizadora proviene tanto de la sobrecarga proporcionada por el peso del agua al ocupar poros y fisuras antes vacíos, como de las presiones intersticiales. Al tener un suelo saturado, constituido por partículas sólidas y agua, los esfuerzos son absorbidos en diferente proporción por ambos elementos. Como el agua no puede soportar esfuerzos cortantes, se disminuyen las tensiones efectivas del terreno, y se incrementa el esfuerzo de corte, lo que afecta, por tanto, a la estabilidad. Esto es de gran importancia cuando el terreno está compuesto por una alternancia de capas permeables e impermeables, ya que las primeras son capaces de desarrollar presiones intersticiales considerables.

### **3.2.4 Erosión fluvial y costera**

Las laderas escarpadas de las riberas de los valles fluviales se ven afectadas por el caudal y nivel de agua. Durante las crecidas se modifican las condiciones geométricas y erosivas y puede cambiar la posición y extensión del cauce, al tiempo que aumenta la carga hidráulica y la capacidad erosiva del río. De este modo, se induce una socavación lateral en las márgenes y cambia la morfología inicial de las vertientes, aumentando su verticalidad. Todo ello genera una disminución de su soporte por la base, desarrollándose deformaciones elásticas e incrementándose el esfuerzo de corte sobre los materiales.

El mismo efecto de socavación se produce en la base de los acantilados costeros por la acción del violento choque de las olas durante los periodos de tormenta, lo que actúa como factor modificador y desestabilizador del relieve y de la línea de costa.

### **3.2.5 Sismicidad de la zona**

Los movimientos sísmicos son factores que pueden acelerar y desencadenar grandes movimientos de masa como resultado de la generación de una serie de vibraciones que se asocian a un incremento de la aceleración vertical y horizontal. Estas oscilaciones provocan una sacudida del suelo, desplazan de su vertical a la componente de peso de una ladera e inducen una mayor tensión tangencial de cizalla en el plano de rotura. Además, como resultado de la alteración del empaquetamiento de los granos del terreno, se disminuye la cohesión, lo que en materiales poco compactados y saturados se traduce en fenómenos de licuefacción, generados por la compactación y el aumento de la presión intersticial producida por las vibraciones.

### **3.2.6 Acciones antrópicas**

Las actividades humanas pueden modificar parte de los factores que se han tratado anteriormente. La intervención en laderas naturales o la construcción de taludes artificiales, tenderá a variar las condiciones de equilibrio iniciales, y podrá originar procesos de inestabilidad.

Estas actividades pertenecen principalmente al campo de la obra civil y a las actuaciones urbanas, sobre todo en aquellos municipios ubicados en zonas de montaña.

Una ladera en equilibrio estricto puede ponerse en movimiento cuando se sobrecarga en su parte superior, situación que se ocasiona por la construcción de edificios, depósitos de agua o carreteras sobre materiales que no pueden mantenerse estables bajo las nuevas condiciones de carga adicional.

A su vez, una excavación en la base de una vertiente natural disminuye las tensiones estabilizadoras normales y aumenta las restantes. Esta circunstancia se produce en las construcciones al pie de un talud o, con mucha más frecuencia, en el caso de la ejecución de obras lineales, principalmente carreteras, cuyo trazado tiene una alta probabilidad de atravesar zonas con desprendimientos y deslizamientos activos o antiguos, además de ser la causa de la generación de dichos movimientos.

También en las acumulaciones artificiales de materiales, tales como vertederos de residuos urbanos, inertes y escombreras de mina pueden desencadenarse movimientos de masa si no se han construido atendiendo a las condiciones de estabilidad y seguridad que requiere la geometría y la naturaleza del relleno.

En las obras públicas, las inestabilidades de ladera pueden constituir un grave problema en las boquillas de los túneles, que además pueden generar subsidencia en zonas urbanas. El nivel de agua en embalses puede estar sometido a importantes variaciones estacionales. Cuando las presas son sometidas a un desembalse rápido tras un periodo de aguas altas, el nivel del vaso desciende con más rapidez que el del agua existente en los poros de los materiales circundantes, por lo que las zonas que antes se encontraban bajo el agua pueden deslizar dentro del embalse. Al perder parte del sustento por la base, los materiales que quedan por encima pierden apoyo, desarrollándose deslizamientos ladera arriba.

Por lo que respecta a las actuaciones urbanísticas, la edificación en zonas de pendiente elevada comporta la ejecución de muros de contención, a veces con drenaje insuficiente, que produce un efecto de retención sobre las aguas de infiltración. La expansión urbanística conlleva, de modo paralelo a la edificación, la ejecución de redes de abastecimiento, saneamiento y pluviales, cuyas fugas provocan una infiltración directa y continua en el terreno. A estas infiltraciones puede unirse el riego de zonas ajardinadas, con lo que, en su conjunto, se supera con creces la infiltración pluvial anual. Si estas fugas provocan movimientos del terreno, las conducciones rígidas enterradas pueden fisurarse, y el fenómeno se autoalimenta de nuevo.

La actividad humana modifica las condiciones hidrogeológicas del área urbanizada. Al estar ocupada por edificaciones y pavimento la práctica totalidad del suelo urbano, no queda casi superficie para que se produzca una infiltración de agua de lluvia y un drenaje natural. Por tanto, la alimentación principal de las aguas subterráneas se produce por las fugas antes señaladas, generando una humedad continua del terreno subsuperficial. Además, esta infiltración no se lleva a cabo por toda la superficie del suelo, sino que se localiza en determinados puntos, provocando heterogeneidades en el comportamiento del subsuelo. A esto se suma que en épocas de lluvia, ya que el agua queda recogida por la red de alcantarillado, la inyección directa producida por los eventuales escapes de la red sea muy elevada, lo cual puede producir movimientos de masa repentinos. Estas circunstancias aconsejan que en las urbanizaciones realizadas sobre zonas escarpadas, las redes de drenaje sean diseñadas, proyectadas y ejecutadas atendiendo a las características naturales del terreno.

## ***4. INDICADORES DE INESTABILIDAD***

La aparición de procesos de inestabilidad se pone de manifiesto por una serie de indicios o distorsiones del terreno que se producen cuando actúan los factores reseñados en el apartado anterior. La posición, forma y extensión de estos indicios nos permitirá detectar movimientos de masa, ya sean activos, potenciales o antiguos y, por tanto, evaluar el grado de inestabilidad de una ladera.

La evidencia de inestabilidades se infiere de la existencia de diversos rasgos del terreno, tales como su morfología, relieve, drenaje y vegetación, así como de la naturaleza y textura de los materiales que componen el material deslizado. Si estos movimientos se producen en zonas urbanas, se manifiestan además por una serie de rasgos que afectan a las estructuras de las edificaciones, urbanizaciones e infraestructuras.

#### **4.1 INDICADORES MORFOLÓGICOS**

Entre los rasgos morfológicos del terreno que indican fenómenos de inestabilidad pueden destacarse:

- Irregularidades en las laderas, con roturas de pendiente, topografía cóncava y forma lobulada.
- Protuberancias convexas en la base de las laderas, que se corresponden con la parte terminal de un deslizamiento antiguo.
- Señales de avalanchas, flujos y reptaciones en materiales blandos.
- Grietas de tracción o escarpes curvilíneos en la cabecera de las vertientes, que van escalonándose y cerrándose en la zona media-baja.
- Macizos rocosos fisurados y meteorizados, con bloques o cuñas fracturados y deslizados.
- Grietas tras los escarpes rocosos, bajo los cuales se acumulan de forma caótica, bloques de material caído.

#### **4.2 DRENAJE**

Cuando las evidencias morfológicas no son concluyentes, la presencia de deslizamientos puede detectarse por las formas y anomalías en los sistemas de drenaje, que incluyen:

- Depresiones cerradas y encharcamientos como consecuencia de rupturas en las condiciones de drenaje.
- Redes de drenaje densas y encajadas con acanaladuras en las vertientes.
- Masas de terreno cortadas por corrientes de agua.
- Zonas con surgencia de agua.

### **4.3 MODIFICACIONES EN LA VEGETACIÓN**

Los movimientos de ladera producen una serie de distorsiones sobre la vegetación que se reflejan en las siguientes peculiaridades:

- Cambios de vegetación como consecuencia de diferentes condiciones de humedad.
- Zonas de discontinuidad en el tapiz vegetal, que refleja sectores con menor velocidad en el desplazamiento o estables.
- Curvatura de la base de los troncos de los árboles y verticalidad de la parte superior, que indica movimientos de masa lentos.
- Inclinación de los árboles en el sentido de la pendiente, como resultado de movimientos de tipo flujo.
- Inclinación de los troncos con distintas orientaciones, producidas por movimientos diferenciales dentro de la ladera.
- Impactos, ramas y troncos tronchados debido a la caída de bloques.

Estos indicadores permiten a veces la datación de los movimientos mediante la determinación de índices de crecimiento de determinadas especies vegetales. Los impactos sobre el tronco de los árboles causados por los desprendimientos, también han sido utilizados, basándose en las cicatrices provocadas por los golpes o en las anomalías de la forma y excentricidad de los anillos de crecimiento, debido a la curvatura de los mismos.

Sin embargo, muchas de las formas reseñadas arriba no son siempre atribuibles a desplazamientos del suelo. Los casos de curvatura e inclinación de troncos pueden ser, muchas veces, el resultado de respuestas geotrópicas y fototrópicas a condiciones físicas y fisiológicas no relacionadas con movimientos del terreno

### **4.4 INDICADORES EN ZONAS URBANAS**

Los efectos de estos movimientos sobre las zonas urbanas se manifiestan en diversos daños y modificaciones estructurales, que pueden resumirse en:

- Formación de grietas de trazado semicircular sobre el terreno.
- Grietas en muros y edificaciones.
- Desplazamiento de muros con pérdida de verticalidad y pandeo o vuelco.
- Rotura y colapso de calzadas y aceras.
- Deslizamientos de estructuras de obra superficial.

- Desplazamientos de vallas y pérdida de alineación de postes de tendido eléctrico, telefónico, etc.
- Aparición localizada de alguna colada de barro.

#### **4.5 PECULIARIDADES DE LOS MATERIALES DESLIZADOS**

Los depósitos de materiales desplazados presentan una morfología heterométrica y ausencia de estratificación. Están compuestos por fragmentos angulares con fracturas recientes y por acumulaciones desordenadas de los materiales de los que proceden. Otra característica peculiar es la superficie de contacto que existe entre la masa desplazada y el terreno infrayacente, que se presenta como un plano de corte y erosión con pérdida de la continuidad y de la orientación en la morfología y estructura entre bloque estable y desplazado.

## ***5. JERARQUIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ÁREAS INESTABLES***

Las roturas del terreno y de taludes artificiales ocasionan en España unas pérdidas anuales estimadas en alrededor de 25.000 millones de pesetas, según un estudio realizado por el Instituto Tecnológico Geominero (ITGE 1987). Los movimientos de ladera son procesos muy extendidos en la Comunidad Valenciana, en donde se producen con una frecuencia mayor que cualquier otro tipo de riesgos naturales, aunque con efectos menos desastrosos.

Con carácter general -y nuestra Comunidad no es una excepción- las inestabilidades del terreno se encuentran enmarcadas en áreas de montaña e interior, con accesos difíciles o escasos, causando impactos generalmente de pequeña escala. Por la escasa urbanización y densidad de población de estas zonas, estos fenómenos pasan frecuentemente desapercibidos, salvo cuando afectan al núcleo urbano o a vías de comunicación, lo cual conlleva que, en muchos casos, la percepción del riesgo sea limitada. También los municipios asentados bajo escarpes rocosos o rodeando cerros de fuerte relieve sufren este tipo de problema, debido principalmente a los desprendimientos.

El uso creciente de zonas de montaña, debido al incremento del turismo de interior, que provoca una mayor afluencia humana a estas comarcas, conlleva la apertura de nuevas vías de comunicación y asentamientos urbanos, enmarcándose todo ello en zonas de acusada dinámica natural, donde los movimientos de ladera no son infrecuentes.

En esta memoria no se pretende hacer una relación exhaustiva y pormenorizada de los municipios donde aparecen estos riesgos, ya que vienen reflejados en el soporte gráfico. Sin embargo, debe mencionarse que estos fenómenos se producen con más frecuencia en las comarcas de Els Ports, El Maestrat, Alto Palancia, Valle Medio del Mijares, L'Alcalatén, Rincón de Ademuz, Los Serranos, Valle del Cabriel, Canal de Navarrés y Hoya de Buñol, que en su mayor parte coinciden con las comarcas menos pobladas y con menor capacidad de recursos para mitigar estos riesgos.

Por otra parte la expansión urbanística de áreas más dinámicas en un medio físico similar, también puede verse condicionada por fenómenos de este tipo, como sucede en L'Alcoià, El Comtat, y en menor medida L'Alacantí.

Por medio de la metodología expuesta en el apartado nº 2 y a tenor de algunas relaciones e indicadores de los puntos anteriores observables a la escala de este trabajo, se han delimitado cuatro tipos de zonas según el grado de inestabilidad:

- Zonas de riesgo de deslizamiento bajo.
- Zonas de riesgo de deslizamiento medio.
- Zonas de riesgo de deslizamiento alto.
- Zonas de desprendimientos.

En estas últimas no se ha cuantificado el rango de inestabilidad, considerando aquellos sectores en los que por su topografía escarpada y por la naturaleza rocosa de los materiales im-

plicados, el movimiento de la masa inestable se produce por la caída de bloques, desplome de cantiles o desprendimiento de rocas por descalce.

Como se ha explicado en el apartado nº 2 no se ha efectuado una clasificación atendiendo al tipo de movimiento que se produciría, debido a la variedad y a la diferente intensidad de los factores actuantes, así como por la información utilizada para la escala de trabajo a realizar.

A causa de la dificultad de comparar laderas con diferente litología, distintos parámetros resistivos y configuración geométrica, la división realizada debe considerarse como una idea general acerca del mayor o menor grado de potencialidad al deslizamiento de una zona con unas características topográficas, geológicas y climáticas determinadas. Este grado puede cambiar si se modifican las variables del terreno.

Por tanto, el sentido del riesgo de deslizamiento debe entenderse en términos probabilísticos y potenciales, y no de peligrosidad, que sería la evaluación de las consecuencias de un posible deslizamiento.

Para la determinación de zonas de peligrosidad, se han efectuado tres divisiones, atendiendo al tipo de daños que pudieran ocasionarse.

- A. Zona de daños que afectarían a bienes y personas.
- B. Zona de daños en infraestructuras que dificultarían el tráfico viario y los accesos a poblaciones, con peligro remoto para las personas.
- C. Zona de daños a infraestructuras y servicios.

## ***6. UTILIDAD DE LA CARTOGRAFÍA***

Aunque este trabajo constituye una primera etapa de una serie de estudios posteriores, el reconocimiento general a gran escala y la distribución del riesgo sobre el territorio permite, ante todo, una eficiente anticipación a los problemas de deslizamientos y roturas previsibles en una determinada zona.

Este tipo de riesgo puede preverse en la mayoría de zonas en donde existe. En ocasiones puede incluso predecirse, siendo escasos los sectores donde su previsión no es posible, aún cuando no sea factible evitarlo.

Aunque la información de la existencia de fenómenos de riesgo conlleva, a menudo, cierta reticencia a su reconocimiento por parte de los agentes implicados, la mejor forma de hacer frente a estos procesos y disminuir sus impactos es la prevención. Esto requiere la percepción del riesgo, que se deriva del conocimiento preliminar del peligro potencial.

A partir de la cartografía presente se puede determinar de un modo global y orientativo qué comarcas están sometidas con mayor extensión y gravedad a estos procesos y, dentro de ellas, qué sectores son los más desfavorables. Por consiguiente, no debe utilizarse ni como instrumento determinante ni restrictivo para trabajos a escalas mayores que precisen de esta información, -como las que se utilizan en el Planeamiento Urbano, Obras Públicas, etc-, que requerirán de estudios complementarios.

Por la diversidad de criterios observables y parámetros a tomar en consideración, se hace necesario que una determinación más precisa de los fenómenos de inestabilidad requiera estudios más detallados. En ellos, deberán observarse y analizarse los factores e indicadores expuestos en los apartados 2 y 3, con el fin de realizar una discriminación precisa dentro de una zona que, en su conjunto, presente riesgo potencial. Por último, en las zonas más problemáticas, se tendrá que recurrir a ensayos y estudios geotécnicos que permitan determinar el mecanismo de rotura y calcular el factor de seguridad de una ladera para, a tenor de los resultados, establecer las medidas correctoras necesarias.

## ***7. BIBLIOGRAFÍA***

- ALONSO, E. *Movimientos del terreno. Roturas en suelos. Casos reales*, en: Riesgos Naturales en Ingeniería Civil, pp. 44-97. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.(1986).
- ALONSO, E. *Influencia del agua en la estabilidad de taludes. Roturas en roca. Casos reales*, en: Riesgos Naturales en Ingeniería Civil, pp. 99-135. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.(1986).
- CENDRERO, A. *Riesgos geológicos, ordenación del territorio y medio ambiente* en: Riesgos Geológicos, pp. 327-333. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid.(1988).
- CENDRERO, A. et al. *Metodología de elaboración de mapas de riesgos a escala 1:5.000*, en : Actas III Congreso de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. pp. 843-870, Valencia.(1987).
- COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS. *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. I.C.O.G. Madrid.(1997).
- COROMINAS, J. *Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera*, en: Riesgos Geológicos, pp. 193-201. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid.(1988).
- COROMINAS, J. *Movimientos de ladera: predicción y medidas preventivas*, en: Ponencias 1er. Congreso Iberoamericano sobre Técnicas Aplicadas a la Gestión de Emergencias para la Reducción de los Desastres Naturales. pp. 55-77. Valencia.(1992).
- CROZIER, M.J. *Field assessment of slope instability* en: Brunsden, D. y Prior, D.B. Slope Instability. pp. 103-142. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York.(1984).
- DIPUTACION PROVINCIAL DE VALENCIA. *Riesgos geológicos de la provincia de Valencia*. Dip. Prov. de Valencia. Serie Municipios y Medio Ambiente. (1994)
- FERRER, M. *Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas*, en: Riesgos Geológicos, pp. 175-192. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid.(1988).
- HANSEN, A. *Landslide Hazard Zonation* en: Brunsden, D. y Prior, D.B. Slope Instability. pp. 523-602. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York.(1984).
- IGME (1973). *Mapa Geológico de España: segunda serie*. Escala 1:50.000. Madrid. Hojas y Memorias: 519: Aguaviva, 520: Peñarroya de Tastavins, 521: Beceite, 544: Forcall, 545: Morella, 546: Ulldecona. 547: Alcanar. 569: Villafranca del Cid, 570: Albocacer, 589:

Terriente, 571: Vinaroz, 592: Villahermosa del Río, 593: Cuevas de Vinromá, 594: Alcalá de Chivert, 612: Ademuz, 613: Camarena de la Sierra, 614: Manzanera, 615: Alcora, 616: Villafames, 617: Faro de Oropesa, 637: Landete, 838: Alpuente, 639: Jérica, 640: Segorbe, 642: Castellón de la Plana-Islas Columbretes, 665: Mira, 666: Chelva, 667: Villar del Arzobispo, 668: Sagunto, 669: Moncofar, 693: Utiel, 694: Chulilla, 695: Liria, 696: Burjasot, 719: Venta del Moro, 720: Requena, 721: Cheste. 722: Valencia, 745: Jalance Llombay, 747: Sueca, 767: Carcelén, 768: Ayora, 769: Navarres, 770: Alcira, 771: Levesa, 793: Almansa, 794: Canals, 795: Játiva, 796: Gandía, 819: Caudete, 820: Onteniente, 821: Alcoy, 823: Javea, 845: Yecla, 846: Castalla, 847: Villajoyosa, 848: Altea, 870: Pinoso, 871: Elda, 872: Alicante, 892: Fortuna, 893: Elche. 894: Cabo de Santa Pola, 913: Orihuela, 914: Guadamar de Segura, 934: Murcia, 935: Torrevieja.

- I.G.M.E. . *Impacto Económico y social de los Riesgos Geológicos en España*. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid.(1987).
- I.G.M.E. *Manual de Taludes*. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid.(1987).
- LAMBE, T.W. Y WHITMAN, R.V.: *Mecánica de Suelos*. Ed. Limusa. México.(1984).
- MILLES-LACROIX, A. *Classification des talus et versants instables*, en: Bulletin liason des labo. des ponts et chaussées. Spécial X, pp. 55-62.(1981).
- VARNES, D.J. *Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*. Natural Hazards 3. UNESCO.(1984).
- VILLAIN, J. *Sur le rôle des structures géologiques dans les glissements de terrain*, en: Bulletin liason des labo. des ponts et chaussées. Spécial X, pp. 119-126.(1981).