

**III. INVENTARIO Y VALORACION  
DE LOS RECURSOS  
Y PROCESOS DE LA GEA**





## 1. PLANTEAMIENTO GENERAL: MODELOS DE REFERENCIA

El objetivo básico de los «Estudios del Medio Físico» es realizar una «prospectiva territorial» capaz de definir la *modalidad* y *cualidad* de los recursos presentes en un espacio definido.

De acuerdo con lo anterior y siendo nuestro objetivo final el de establecer «alternativas disuasorias mediante la planificación» o «minimizar y/o restaurar los impactos de usos establecidos, a través de los E.I.A.», siempre hemos de partir de unos *inventarios* y llegar a unas valoraciones que, en sí mismas, nos definen una jerarquía o un *orden de prioridad* para los recursos en su conjunto. Son, pues, los modelos de conocimiento o ciencias quienes desarrollan esa función básica.

En el caso de la gea, los modelos conocidos como *geológicos* y *fisiográficos* basan su metodología en la consideración de la Tierra como un *conjunto material*, que es el resultado de unos *procesos* a través del *tiempo*.

De acuerdo con lo anterior y los objetivos propuestos en los «análisis territoriales», los aspectos a considerar en lo referente a la gea presentan tres categorías básicas: una es la de su carácter de *soporte*, a veces aludido de forma no muy feliz como sustrato inerte, que remarca su función en la escala ecológica; otra es la *dinámica*, que establece las relaciones de interdependencia entre los elementos y otra es la *evolución*, que proporciona criterios para las correlaciones temporales entre diferentes procesos.

Eludiendo temas complejos acerca de una evolución gradual o catastrófica, así como aquéllos

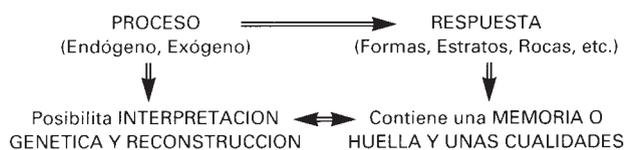
que puntualizan la diferencia entre *uniformitarismo* (permanencia de «causas» en cualidad y magnitud, a través del tiempo) y *actualismo* (permanencia de causas sólo a nivel cualitativo), lo cierto es que desde el punto de vista que nos interesa, el de los «análisis territoriales o del Medio Físico», la gea debe considerarse en sus tres aspectos básicos:

1. Como un *conjunto material*, dotado de una cierta permanencia, capaz de actuar como *soporte* de la actividad biológica y social.
2. Como un *conjunto dinámico*, que se concreta en unos *procesos renovadores*, es decir, «modificadores» de ese soporte, ya sea de una manera pausada (gradual) o instantánea (más o menos catastrófica), ya sea debido a causas naturales, humanas o mixtas (procesos inducidos).
3. Como un *conjunto* en continua *evolución*. Esa actividad de los procesos conlleva una renovación continua. Evidentemente, todo territorio tiene una *historia referencial* y un *futuro predecible* en mayor o menor grado, según los datos disponibles.

## 2. LA GEA COMO SOPORTE: SUSTRATO Y CONFIGURACION

En una aproximación primaria, la gea puede considerarse como un conjunto mineral. Dicho conjunto, según diferentes modalidades, se asocia a *litologías* diversas dando los grupos básicos de rocas. Igualmente, presentan una seriación temporal y, en ocasiones, unas secuencias deposicionales o *estratos*, así como diversas *configuraciones geométricas*, debidas a deformaciones y/o acción modeladora.

Rocas, estratos y configuraciones geométricas son características resultantes de la actividad dinámica. De este modo, cada uno de esos elementos es asociable a un proceso o sistema de procesos geológicos, tales como: vulcanismo, tectónica, glaciario, etc. Es decir, hay una serie de relaciones *causa-efecto*, de tal manera que:



Como ya se ha señalado, en los estudios del medio físico los elementos de la gea cumplen una función básica: ser el *soporte* primario de la actividad biológica y social. Desde esta perspectiva, deben destacarse tres aspectos importantes: *permanencia, configuración y cualidades*.

## 2.1 PERMANENCIA

Los cambios producidos en la gea deben abordarse según escalas espacio-temporales definidas.

Así como los procesos de cambio biológico y social son permanentes, generales e instantáneos (en toda la Tierra donde haya comunidades biológicas y sociales se producen modificaciones de éstas según parámetros más o menos correlacionables), los geológicos presentan ciertos matices.

Si lo que nos interesa son los cambios *globales*, de toda la Tierra o de un gran espacio o región, éstos deben ser analizados como algo secuencial *muy lento* en comparación con la escala humana. Crisis climáticas de gran envergadura, desaparición de poblaciones biológicas (incluso las aludidas como catastróficas, como la siempre tan de moda de los grandes reptiles, etc.), formación de montañas, relleno de cuencas sedimentarias, arrasamiento de paisajes, todo aquello que podríamos calificar con categoría espacial de carácter *universal* (regional o suprarregional, zonal o suprazonal, etc.), es un proceso *lento y acumulativo*, aun cuando tenga «espasmos» más rápidos o catastróficos.

Sin embargo, si lo que más interesa son los cambios *locales*, el enfoque es muy diferente; la geodinámica de la tierra es *esencialmente heterogénea*. Consideremos el momento actual: hay

zonas tectónicamente activas frente a otras estables o muy poco activas; ríos, glaciares, relieves con actividad gravitacional, periglaciario, etc., presentan clara regionalización geográfica zonal, azonal, intrazonal, etc. En suma, frente a lugares que en un «instante» del tiempo geológico, es decir, el histórico, no presentan actividad notable, hay otros en que se operan cambios profundos.

En síntesis, dada la escala espacio-temporal propia de la gea, es factible suponer para ciertos objetivos un grado de *permanencia* en sus elementos. Sin embargo, eso no puede elevarse a la categoría de *inmutabilidad*, tal cual parece deducirse de calificativos que enfrentan el medio *vivo* (biológico y social) a uno *inerte* (el conjunto mineral como parte protagonista de la gea).

Acorde con lo anterior, la *permanencia* de las configuraciones y cualidades de la gea es únicamente asumible con cierta aproximación mediante *acotaciones temporales* (tiempo de la historia social) y *geográficas* (en espacios no sujetos a la acción directa de procesos actuales, es decir, zonas dinámicamente inactivas o de «probable baja actividad»).

## 2.2 CONFIGURACION

Los elementos más evidentes de la gea son los geométricos, es decir, las *formas* del terreno, sean debidas a procesos *constructivos* o tectónicos y volcánicos (morfo-estructura), sean debidos a los *destructivos* o escultores (modelado).

Los tectónicos se agrupan según la modalidad de las deformaciones: *dúctil* (pliegues) o *frágil* (fallas). Los segundos según el agente característicos: *fluviales* (ríos); *glaciares* (hielo permanente); *pluviales* (aguas no encauzadas); *periglaciares* (cambios de fase del agua de sólido a líquido), etc.

De cualquier manera, en un análisis estricto, dinámica tectónica y escultora suelen ser indivisibles, aun cuando en momentos y zonas pueda predominar una sobre la otra, dando formas elementales características de cada proceso.

Añadamos a lo anterior otros factores, que contribuyen a complicar las configuraciones resultantes; tal es el caso del *comportamiento diferencial* de los materiales ante los agentes del mo-

delado, o la influencia de la *estructura* (tectónica y/o atectónica), ya *in situ* (es decir, no como agente dinámico del relieve) o de modelado previo (*Paleo-formas*), condicionando el modelado en proceso de generación.

Esta heterogeneidad dinámica, característica de la gea, tal como se ha señalado en el Apartado previo (2.1.), hace que los análisis genéticos de las configuraciones tengan escasa utilidad en sí mismos cuando se trata de aplicarlos a estudios del medio físico.

Para estos fines se acude a métodos más globales, más integrados, que observan el territorio en su conjunto, a nivel de *paisaje* o *región morfológica*, como el resultado integral de una suma de procesos genéticos interrelacionados, que, a su vez, mantienen su autonomía asociable a unos elementos propios o característicos.

Este tipo de análisis configuracionales, aun cuando puedan disociarse en unos más fisiográficos y otros más genéticos, tienen su punto de unión en las *clasificaciones del relieve*, que diferencian tipos de terreno o sistemas de terreno (LAND SYSTEMS), término con que se han ido generalizando debido al trabajo, ya clásico, de la escuela australiana que, sin ser su iniciadora, sí contribuyó a su puesta a punto y aplicación en estudios de medio físico (ver CHRISTIAN y STEWART, 1968).

En todos los casos, se trata de subdividir el territorio (regionalizar) según una serie de *categorías jerarquizadas*. Esto permite establecer *porciones* territoriales de *actuación* o *gestión*, según los fines propuestos, en una categoría dada a la que se otorga el valor de unidad. Estas unidades, aun siendo definidas por su fisonomía dominante, son integrales, al contener parámetros edáficos, florísticos e incluso climáticos y de uso del territorio.

Por otro lado, estos sistemas de clasificación o jerarquización del territorio permiten también una *correlación*, ya sea entre diferentes categorías, ya dentro de una misma categoría entre sus elementos componentes.

Como hemos señalado, los modelos surgidos son variados, aun cuando en esencia su fundamento y estructura son similares. Citemos como ejemplo el de GODFREY (1977), muy apto para

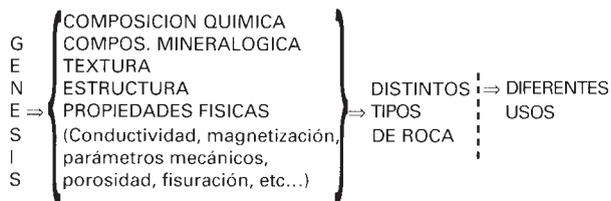
una jerarquización completa y basado en el ya clásico de Fenneman; y el de los LAND SYSTEMS, de la CSIRO, sin duda el más universal. En España también han surgido varios modelos, desde los ya clásicos de HERNANDEZ PACHECO, E. y DANTIN CERECEDA, hasta los más actuales de COPLACO (1975), MARTINEZ DE PISON y cols. (1977), PEDRAZA (1978), GOY (1978), etc. (Ver Capítulo V: Geomorfología).

### 2.3. CUALIDADES. CLASIFICACION

Asumiendo su permanencia, la gea aparece como *soporte* de actividades, con una serie de *cualidades* más o menos idóneas para dicho fin. En este sentido, estamos ante un *sustrato* o suelo que aporta *recursos* primarios o básicos para el desarrollo de otras actividades.

Las rocas, en cuanto que conjunto mineral, son aquí las que definen los aspectos más notables a considerar.

Las diferentes variedades de rocas derivan de los procesos formadores y de las correspondientes composiciones químicas y mineralógicas resultantes, tal como se muestra en el esquema:



Son muy variados los criterios que se pueden utilizar para clasificar las rocas, en función de los objetivos que persiga el estudio en curso. Capacidad portante, potencial hidráulico, potencial edáfico, valor cultural, singularidad paisajística, recursos minerales o energéticos, erosionabilidad, o cualquier otra propiedad puede servir para ello.

La clasificación más utilizada es, sin embargo, la que sigue criterios genéticos, composicionales y texturales, y puede desglosarse como aparece en los cuadros siguientes, diferenciando:

- Rocas *ígneas*: resultantes de la consolidación de un magma.
- Rocas *sedimentarias*: procedentes de la alteración, transporte y sedimentación de otras rocas.

- Rocas *metamórficas*: formadas por transformación de otras rocas a altas presiones y/o temperaturas.

No se ha de olvidar en la fase de inventariación la influencia determinante de procesos posteriores de fracturación, alteración o disolución sobre las características iniciales de las rocas. Su omisión puede llevar a grandes errores a la hora de valorarlas con respecto a su capacidad portante, porosidad, permeabilidad, excavabilidad, estabilidad de pendientes, etc. De hecho, estos procesos generan nuevas litologías y, por tanto, nuevos sustratos cuyas características genéticas y morfológicas, dada su asociación a los *procesos actuales*, hace que sean objeto de estudios específicos (ver Capítulo V: Geomorfología, Apartado 5.5. sobre las *formaciones superficiales*).

Desde la perspectiva del análisis territorial, las *cualidades o propiedades selectas* que interesa destacar están reflejadas en los Cuadros III.1, III.2 y III.3.

### 2.3.1. Capacidad portante

A estos efectos el sustrato es considerado en su aspecto portante mecánicamente evaluado, es decir, *suelo geotécnico*.

En este sentido son definibles parámetros como: *carga asumible, estabilidad de taludes, condiciones constructivas, riesgos inducidos*, etc.

Grado de compactación, cementación y fisuración son las características principales que definen el comportamiento de las rocas o su aptitud geotécnica. Meteorización que, en realidad, es una modificación de las características citadas y presencia de minerales asociados a riesgos específicos, casos de arcillas expansivas, yesos-anhidritas, etc., serán también importantes factores a tener en cuenta.

**CUADRO III.1.—TIPOS DE ROCAS IGNEAS**

(Según LAHEE, 1970, modificado)

Minerales constituyentes		Ortoclasa y microclina, como feldspatos dominantes	Feldespato potásico y plagioclasas en proporciones aproximadamente iguales	Plagioclasas, como feldspatos dominantes	Sin feldspatos o muy escasos
Cuarzo, como constituyente principal.		Granito (A). Riolita (B). Aplita (C). Pegmatita (A).	Granodiorita (A). Dellenita (B). Riodacita (B).	Diorita cuarcífera (A). Dacita (B).	
Cuarzo escaso o ausente	Sin feldspatoides	Felsita (C)		Lamprófido (C)	
		Sienita (A). Traquita (B).	Monzonita (A). Latita (B). Traquiandesita (B).	Diorita (A). Andesita (B). Gabro (A). Basalto (B). Dolerita (Diabasa) (B). Dolerita olivínica (B). Basalto olivínico (B).	Peridotita, etc. (A). Limburgita, etc. (B).
	Con feldspatoides.	Lamprófido (C)			
	Sienita nefelínica (A). Fonolita (B).	Monzonita nefelínica (A). Vicoíta.	Teralita (Essexita) (A). Tefrita y Basanita (B).	Missourita, etc. (A). Nefelinita, etc. (B).	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Obsidiana (V) (Lava sin desgasificar y anhidra).</li> <li>— Liparita (V) (Lava desgasificada y anhidra).</li> <li>— Pechstein (V) (Lava sin desgasificar y con agua magmática).</li> </ul>					

(A) Rocas granitoides, de grano grueso o faneríticas; estructura granuda (plutónicas, normalmente).

(B) Rocas felsíticas, de grano fino o afaníticas (normalmente, volcánicas o hipabisales).

(C) Rocas con estructura vítrea (volcánicas).

Si las rocas tienen la composición de las de los grupos (A) y (B) y son pórfidos (hipabisales) toman como adjetivo el nombre correspondiente, siguiendo al de pórfido (por ejemplo, pórfido granítico, pórfido riolítico, etc.).

**CUADRO III.2.—TIPOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS**  
(Según MILES, 1962, modificado)

DETRITICAS O CLASTICAS (Sedimentación mecánica)			NO CLASTICAS (Deposito de origen químico u orgánico)		
Textura (tamaño del grano)	Sedimentos no consolidados (rocas incoherentes o pastosas)	Rocas coherentes o consolidadas	Tipo de la roca	Inorgánicas	Orgánicas
Grano grueso	Graveras. Canchales. Tierras gravosas. Detritus.	Psefitas Conglomerados. Brechas. Pudingas.	Carbonatadas	Calizas. Dolomías. Travertinos. Caliches. Tobas calcáreas. Mármoles sacaroides. Mármoles dolomíticos.	Cretas. Lumaquelas. Corales. Aragonitos coralinos
Grano medio	Arenas.  Cenizas volcánicas.	Tillitas. Cuarzitas. Areniscas. Arcosas. Subgrauvacas. Grauvacas. Calcarenitas. Tobas volcánicas.			
Grano fino	Limos. Arcillas.	Pelitas o fangolitas	Fosfatadas		Fosforitas. Fosfatos concrecionados. Guanos.
		Pelitas o fangolitas	Ferrosas	Sideritas. Arenas verdes. Hierro de los pantanos. Hematites.	
			Evaporitas	Anhidritas. Yesos. Sal. Silvinas. Carnalitas. Sosa natural.	
			Carbonosas		Antracitas. Hullas. Lignitos. Turbas.
			Otras		Coprolitas.

### 2.3.2. Concentración mineral y de recursos energéticos

Se contempla aquí al sustrato geológico como portador de recursos minerales y/o energéticos potencialmente explotables. Es la explotabilidad, en este caso, un concepto complejo que depende de diversos factores, algunos referentes a las características del yacimiento (riqueza de la mena, estructura, accesibilidad, etc.) y otros ajenos al mismo, de tipo económico (evolución del mercado) social o político. La línea que separa un recurso potencial de una reserva (cantidad conocida, cubicada y de explotación económicamente viable) es, debido a ello, a menudo difusa y variable.

La inventariación de estos recursos está facilitada por su interés económico, que supone la

existencia de una cartografía temática para metales y recursos energéticos (mapa metalogenético de España, I.G.M.E., 1972) y otra de rocas industriales (I.G.M.E., 1973).

#### 2.3.2.1. Recursos energéticos

La denominación de recursos energéticos comprende una variada colección de aprovechamientos en la que destacan por su importancia económica los combustibles fósiles, la energía hidráulica y la nuclear. No entrando aquí en la problemática de la renovabilidad, limpieza, dispersión o intereses estratégicos involucrados, que escapan a los objetivos de esta obra, sí se debe animar al planificador a la inclusión en su inventario de parámetros tales como días de insolación, velocidad de los vientos o producción de

**CUADRO III.3.—ROCAS METAMORFICAS**  
(HODGSON, 1985)

Estructura normal		Minerales principales	Nombre
No foliada o estratificada	Granulosa (granos de tamaño medio, equidimensionales)	Mica, granate, piroxenos	«Hornfels»
		Granate, epidota, diópsido	«Skarn»
		Calcita y/o dolomita	Mármol
		Cuarzo	Cuarcita metam.
Foliada (minerales de hábito planar dispuestos en capas)	Débilmente foliada	Hornblenda, feldespato	Anfibolita
		Cuarzo/piroxenos, feldespato	Granulita
		Hyperstena, cuarzo, feldespato	Charnockita
		Cuarzo, feldespato, clorita	Argilita metam.
	Bien foliada	Cuarzo, micas, clorita	Pizarra metam.
	Algo esquistosa	Cuarzo, micas, clorita	Filita
	Esquistosa (finamente foliada)	Micas, clorita, cuarzo	Esquisto micáceo
		Calcita, mica, cuarzo	Esq. calizo
		Clorita, actinolita, epidota	Esq. clorítico
		Talco	Talquiesquisto
		Glaucofana	Esq. glaucofánico
		Hornblenda, feldespato	Esq. hornbléndico
		Granate, micas, clorita	Esq. granítico
		Estaurolita, micas	Esq. estaurolítico
Sillimanita	Esq. sillimanítico		
Granito, micas, cuarzo	Esq. grafitico		
Gneísica (fuertemente foliada y bandeada)	Cuarzo, feldespato, micas	Gneis	
Inyectada con granito	Cuarzo, feldespato	Migmátita	
Brechosa	Milonítica (granos laminares muy finos)	Cuarzo, feldespato	Milonita
	«Augen» («ojos» de tamaño almendra)	Cuarzo, feldespato	Gneis milonítico Blastomilonita

biomasa residual que, no siendo en la actualidad capaces de sustituir a las energías convencionales no renovables, sí constituyen ya una alternativa limpia, eficaz e imaginativa como soluciones locales, especialmente en zonas rurales.

### 2.3.2.2. Recursos minerales no energéticos

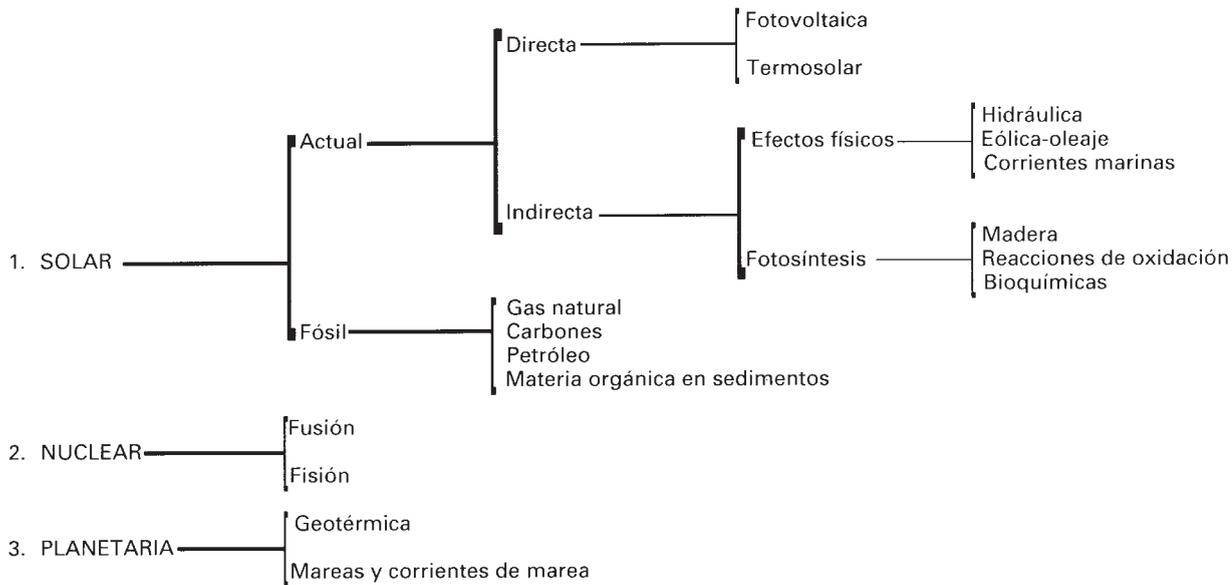
Tienen su primera división entre metálicos y no metálicos. Entre los primeros cabe diferenciar los metales básicos para la industria siderúrgica

**CUADRO III.4.—VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA ROCAS Y ARIDOS**  
(NEW YORK STATE BUILDING CODE COMMISSION)

Clase	Material	t/pie <sup>2</sup>
Rocas consolidadas	1 Rocas masivas cristalinas (granito, gneis...)	100
	2 Rocas metamórficas (esquistos, pizarras...)	40
	3 Rocas sedimentarias (margas, areniscas, argilitas...)	15
Rocas incoherentes (áridos)	4 Gravas y arenas bien compactadas	10
	5 Gravas compactadas, mezcla arenas/gravas compactadas	6
	6 Grava suelta, arena gruesa compactada	4
	7 Arena gruesa suelta, mezcla arenas/gravas sueltas Arena fina compactada, arena gruesa húmeda	3
	8 Arena fina suelta, arena fina húmeda	2
	9 Arcilla dura (seca)	4
	10 Arcilla medianamente dura	2
	11 Arcilla blanda	1
	12 Rellenos, terraplenes, material orgánico, limo	?

?: A fijar por test de campo en cada caso.

## TIPOS DE ENERGIA



(óxidos de hierro, carbón coquizable y fundentes), los utilizados en aleaciones con el hierro (manganeso, wolframio, cromo y vanadio), los llamados «clásicos» o «no férricos» (cobre, plomo, cinc y estaño), y los ligeros (aluminio, magnesio y titanio) (ver Mapa metalogenético del I.T.G.E.).

El otro grupo, definido por negación, incluye los materiales de construcción (áridos, cemento y rocas ornamentales), los fertilizantes (fosfatos, sales potásicas y nitratos) y las materias primas de la industria química, de diversa naturaleza (fluorita, sales sódicas, boro, hidrocarburos, carbones, etc.).

### 2.3.3. Reserva de agua (potencial acuífero)

En estos casos el sustrato se evalúa teniendo en cuenta su capacidad de almacenamiento de agua. Por ello, la *permeabilidad*, sea por *porosidad* o *fisuración*, unida a la disposición de las capas acuíferas (estructura *tectónica* y *estratigráfica*), son los factores básicos a tener en cuenta, partiendo de cada una de las litologías presentes.

Del mismo modo que el volumen, será objeto de estudio la calidad de las aguas contenidas, factor fundamental en la determinación de los usos potenciales y así en la valoración final del recurso. Aquí intervienen parámetros como la solubilidad de la roca, el tiempo de permanencia, etc.

El establecimiento de *capacidades* implica también el del *funcionamiento* de cada acuífero: geometría, recarga, aportes a las redes superficiales, etc., así como su *vulnerabilidad*. Todo ello es considerado en un apartado específico (ver Capítulo VII).

### 2.3.4. Potencial edáfico

Aquí el sustrato se considera en tanto en cuanto presenta mayor o menor capacidad para soportar comunidades vegetales y, en ocasiones, animales, susceptibles de iniciar un proceso de *pedogénesis* o *edafogénesis*, esto es, diferenciar *horizontes* con potencial productivo desde la perspectiva agronómica y silvícola o, en general, biológica.

En definitiva, lo que se evalúa en estos casos es la «mayor o menor susceptibilidad a ser colonizada una roca por los organismos biológicos. *Agregación, dureza, coherencia, fisuración, porosidad, erosionabilidad, alterabilidad, etc.*, son los parámetros básicos a tener en cuenta en estos casos» (ver Capítulo VI).

### 2.3.5. Erosionabilidad

Se trata de evaluar, en primera aproximación, la mayor o menor susceptibilidad del sustrato, para ser movilizado por los agentes del modela-

do. Dicha movilización implica arranque y transporte del material, por lo que, a igualdad de otros factores, y teniendo en cuenta los agentes fundamentales (agua, hielo, aire), la *permeabilidad* (por fisuración y/o porosidad), y la *coherencia* son los factores básicos que definen los grados de erosionabilidad (ver Capítulo XII-2).

### 2.3.6. Singularidad

En estos casos interesa evaluar la aptitud de las *rocas, estructuras tectónicas, estratos, formas del terreno*, etc. y, en algunos casos, ciertos agentes notables (ríos, glaciares, etc.), así como *recursos culturales*, sea para fines didácticos, de investigación, de ocio educativo o contemplativo, etc.

Aquí, sin duda, se tiene en cuenta el grado de singularidad *relativa*, ya que los elementos de la gea forman parte de espacios naturales, a nivel de *ecosistemas, regiones, geosistemas*, etc., y también *absoluta*, ya que en algunas formaciones geológicas interesa destacar su aptitud *per se*, independientemente del resto de los componentes del medio natural.

Los parámetros que deben considerarse en estos casos hacen referencia a: *representatividad, rareza*, capacidad para definir *tipos o límites, conservación y/o abundancia* de registros geológicos, etc.

Tal como se presenta en el apartado correspondiente (ver Capítulo X), el proceso de selección de estas zonas está asociado a su conocimiento previo, mediante el inventario y estudio adecuados. Dicho proceso no siempre ha sido tan rápido como el de la *modificación antrópica*, por lo cual la pérdida de muchos lugares es irreversible. Aún hoy, la declaración de *espacios protegidos* sigue una vía tan compleja que muchos lugares ya inventariados como *puntos geológicos singulares* o *puntos de interés geológico* carecen de gestión adecuada como *recursos culturales*.

Por último, y volviendo a la *singularidad relativa*, es de destacar que tampoco la Ley de Espacios Naturales Protegidos es capaz de resolver temas como los referentes a formaciones singulares de escasa dimensión local pero de gran extensión regional, o el de afloramientos cuya evaluación absoluta los hace escasamente relevantes, pero su cercanía a centros de educación y

formación, o a grandes aglomeraciones urbanas, etc., aumenta notablemente su *utilidad* y, por ello, su valor como recurso cultural.

## 3. PROCESOS GEOLOGICOS

Aunque para determinadas escalas espaciales y temporales pueden suponerse ciertos niveles de estabilidad, la realidad es que los elementos de la GEA están en continua transformación.

Dichas transformaciones vienen provocadas por una serie de procesos de la *dinámica geológica*. Aunque su complejidad en detalle sea grande, la funcionalidad global de los procesos geológicos es esquematizable en un modelo lineal sencillo:

*Agente* → *Acciones* → *Resultado o Producto*.

Lo anterior puede expresarse diciendo que: un *proceso geológico* es un conjunto de *acciones articuladas* (erosión, transporte, sedimentación, deformación, transformaciones químicas, etc.) realizadas por unos *agentes* de la dinámica terrestre (ríos, glaciares, viento, placas litosféricas, volcanes, seres vivos, incluido el hombre, etc.) que conducen a un *resultado o producto* (rocas, estructuras tectónicas, formas del terreno, secuencias estratigráficas, etc.).

A los efectos de los estudios del medio físico resulta de gran interés determinar cuál o cuáles son las interferencias que presentan estos procesos con el normal desarrollo de la actividad social, es decir, lo que se viene denominando *riesgo natural*. (Ver Capítulo XII: *Riesgos derivados de los procesos naturales*).

## 4. INFORMACION BASICA DISPONIBLE

### 4.1. DOCUMENTACION

Cualquier intento de sistematizar la bibliografía geológica referente a nuestro país tropieza con la dificultad de su dispersión y de su difícil disponibilidad. En efecto, gran parte de ella se encuentra en las cátedras y departamentos universitarios de geología en forma de tesis doctorales, estudios y trabajos científicos, muchos no publicados. Ahí está, pues, la fuente bibliográfica principal sobre aspectos geológicos.

CUADRO III.5.—MODELO DE CUADRO SINTETICO DE PROPIEDADES SELECTAS DE LAS ROCAS

Tipo de roca	Grupo / origen / composición	Propiedades selectas (Valores medios aproximados)										Materias primas y otros (3)	
		Coherencia	Fisuración	Esquistosidad pizarrosidad	Porosidad	Erosión potencial (1)	Solubilidad	Comportamiento mecánico (2)	Potencial edáfico				
Rocas ígneas (Silicatadas) (4)	Volcánicas	Alta (*)	Media	-	Baja (*)	Media (*)	Baja (*)	Baja (*)	Media (*)	Baja (*)	Variable	Medio (*)	R/M/P
	Plutónicas	Alta	Alta	Baja (*)	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Alto	Bajo	R/M/P
	Filonianas	Alta	Alta (*)	-	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Alto	Bajo	R/M/P
Rocas metamórficas	Alto Grado	Alta	Alta	Alta	Baja	Muy baja	Baja	Baja	Muy baja	Baja	Alto	Bajo	R/M/
	Medio Grado	Media	Alta	Muy alta	Baja	Alta	Baja	Baja	Alta	Baja	Bajo	Medio	R/M/
	Esquistos	Baja	Alta	Muy alta	Baja	Alta	Baja	Baja	Alta	Baja	Muy bajo	Medio	-
	Meta-cuarcita	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	Baja	Baja	Alto	Bajo (*)	R/M/P
	Mármoles/calizas cristalinas	Alta	Alta	Baja	Media-Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alto (*)	Bajo (*)	R/M/P
Bajo Grado	Pizarras	Baja (*)	Alta	Muy alta	Muy Baja	Alta	Muy baja	Muy baja	Alta	Muy baja	Bajo (*)	Bajo	R/M/P
	Cuarcitas	Alta	Media	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alto	Bajo	R/M/P
Detriticas	arenisca/ conglomerado	Media	Muy baja	-	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Bajo-Medio	Bajo	R/M/A
	arenisca/ arena/conglomerado	Baja-M. Baja	-	-	Muy alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Muy baja	Muy bajo	Medio-Alto	R/M/A
Rocas sedimentarias	Mixto (arcosas)	Media	-	-	Media (*)	Media	Muy baja	Muy baja	Media	Muy baja	Bajo-Medio	Medio	R/A
	Arcillosas	Muy Baja	-	Baja (*)	Muy baja	Muy alta	Muy baja	Muy baja	Muy alta	Muy baja	Bajo	Medio	R/M
Mixto	Margas	Baja	Baja	-	Baja	Alta	Baja	Baja	Alta	Alta	Bajo	Medio	R
	Quimicas	Alta	Media (*)	-	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Bajo (*)	Bajo	R/M/A/P
Orgán.	Yesos-sales	Baja-M. Baja	Baja	-	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Bajo	Muy bajo	R/M/P
	Orgánicas (s.s.)	Baja (*)	-	-	M. Baja (*)	Baja (*)	Baja	Baja	Baja (*)	Baja	Bajo	Alto	R/M/

ANOTACIONES:

- (1) Se refiere a aguas de escorrentía superficial.
- (2) Se refiere a capacidad portante.
- (3) Rl - Rocas industriales.  
M - Minerales.  
P - Paisaje.  
A - Acuíferos.  
Se reflejan los más destacados.
- (4) En el caso de las *efusivas recientes* (volcanismo activo) y las afectadas por la *meteorización*, los valores son sustancialmente diferentes al tratarse prácticamente de formaciones superficiales.
- (\*) Algunas litologías dentro de este grupo pueden presentar valores notablemente diferentes a la media propuesta para esta característica.

## 4.2. CARTOGRAFIA

Aun cuando haya algunas publicaciones dispersas sobre geología en otros organismos (C.S.I.C., Universidades, Administraciones Autonómicas y Central, etc.), es el I.T.G.E. (Instituto Tecnológico Geominero de España, antiguo I.G.M.E.) el que se encarga en nuestro país de este tipo de cartografía. La segunda serie del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 y los mapas geológicos de síntesis a 1:200.000 son sus publicaciones más utilizadas, pero en su catálogo aparecen otras muchas de interés (mapas litológico, geotécnico, metalogenético, tectónico, sismoestructural, de rocas industriales, etc.) que es imposible enumerar aquí. Al mencionado catálogo nos remitimos.

Se han de destacar aquí, sin embargo, de entre estas publicaciones, los Mapas y Atlas Geocientíficos, por su gran utilidad en los estudios del medio físico. Esta cartografía se encuentra publicada para las provincias de Almería, La Coruña, Madrid y Valencia.

Algunas otras publicaciones de interés editadas por diferentes organismos se encuentran referidas en el Apartado de bibliografía.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASCE: Cit. en TURNER y COFFMAN. 1969.
- BETZ, F. Jr. (Ed.): *Environmental Geology*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Penn., 1975.
- BOSCHMA, D., y STAALDUINEN, C. J. van: Mappable units of the Carboniferous in the southern cantabrian mountains (NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 43: 221-232, 1969.
- BRINKMANN, R.: *Compendio de geología general*. Labor, Barcelona, 1964.
- BROWN, L. F. Jr: Environmental inventory: innovation in Geology and geologic presentation. In: *Approaches to Environmental Geology*: 3-11, Univ. of Texas at Austin, Austin, 1974.
- BROWN, L. F. Jr., y cols.: Resource capability units; their utility in land and water-use management, with examples from the Texas coastal zone. *Bureau Econ. Geol. Circular 71*, Univ. of Texas at Austin, Austin, 1974.
- BROWN, L. F. Jr., y FISHER, W. L.: An approach to environmental Geology with examples from the Texas coastal zone *Short Course on Environmental Geology*, American Geol. Inst., Washington, 1970.
- BRYANT, B.: Map showing types of bedrock and surficial deposits in the Aspen Quadrangle, Pitkin County, Colorado. US Geological Survey, Washington, 1972.
- CALEMBERT, L.: Problemes de Geologie de l'ingenieur en régions karstiques. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.*, 12: 923-132, 1975.
- CARGO, D. N., y MALLORY, B. F.: *Man and his geologic environment*. Addison Wesley, Boston, Mass., 1974.
- CENDRERO, A., y cols.: A technique for the definition of environmental geologic units and for evaluating their environmental value. *Landscape Planning*, 3: 35-66, 1976.
- CENDRERO, A.: *El mapa geológico-ambiental en la evaluación de los recursos naturales y en la planificación del territorio. Su aplicación a la zona de Santander y su bahía*. Univ. de Santander, Santander, 1975 a.
- CENDRERO, A.: Definition of environmental geologic units in a coastal area and establishment of criteria for assessment of their relative environmental value. Abstract, *Meeting of European Geological Societies*, Reading, 1975 b.
- CLIFFORD, T. N.: *La localización de depósitos minerales*. In: GAAS y cols., 335-346, 1978.
- CLOOTS-HIRSCH, A. R., y MAIRE, G.: Carte du secteur socio-économique de Strasbourg. Les contraintes influant sur l'urbanisation. *Memoires et Documents*, 12: 202-210. CNRS, Paris, 1972.
- COATES, D. R. (Ed.): *Environmental geomorphology and landscape conservation*.  
— I. *Prior to 1900*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Penn., 1972.  
— II. *Urban areas*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Penn.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS: *Primer curso de análisis, planeamiento y gestión del medio litoral*. Colegio de I.C.C.P., Madrid, 1974.
- COOKE, R. U., y DOORNKAMP, J. C.: *Geomorphology in Environmental Management*. An introduction. Clarendon Press. Oxford. 1977.
- COPLACO: *Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Comunidad de Madrid*, Madrid, 1975.
- COX, K.: *Minerales y rocas*. In: GAAS y cols., 1-28, 1978.
- DERREAU, M.: *Geomorfología*. Ariel, Barcelona, 1966.
- DRURY, S.: *Recursos y medio ambiente*. In: GAAS y cols., 387-398, 1978.
- ESCRIBANO, R., y cols.: *Estudios de planificación física. El valle de Liébana*. E.T.S. Ing. de Montes, Madrid, 1978.
- FISHER, W. L., y cols.: *Environmental geological atlas of the Texas Coastal zone. Beaumont-Port Arthur area*. Univ. of Texas at Austin, Austin, 1972.  
— *Galveston-Houston area*. Univ. of Texas at Austin, Austin.
- FLAWN, P. T.: *Environmental Geology. Conservation, Land use planning and Resource management*. Harper and Row, New York, 1970.
- FRYE, J. C.: Land resource: its use and analysis. *Environmental geology Notes*, 70, Illinois State Univ., 1974.
- GAAS, I. G.: *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Reverté, Barcelona, 1978.
- GARDNER, M. E., y JOHNSON, C. G.: Engineering geologic maps for Regional planning. In: NICHOLS and CAMPBELL, 1971.

- GARDNER, M. E., y cols.: *Preliminary engineering geologic map of the Golden Quadrangle, Jefferson County, Colorado*. US Geological Survey and Colorado Geological Survey, 1971.
- GEYER, A. R., y MCGLADE, W. G.: Evaluating alternative techniques of floodplain mapping. *Water Resources Research*, 6: 1283-1391, 1972.
- GOY, J. L.: *Estudio geomorfológico del Cuaternario litoral valenciano*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 1978.
- GREEN, J. W., y BOGRAD, M.: *Environmental geology of the Potomac, Clinton, Raymond and Brownsville Quadrangles; Hinds County, Mississippi*. Mississippi Geol. Econ. and Topogr. Environ. Geol. Se. 1, 1973.
- GROODS, D. L.: Geology for planning in De Kalb County, Illinois. *Environ. Geol. Notes*, Illinois State Geol. Survey, 1970.
- HACKETT, 1967: In: BETZ, 1975.
- HACKETT, B.: *Landscape planning*. Oriel Press. Newcastle, 1971
- HAGERTY, D. J., y PAVONI, J. L.: Geologic aspects of landfill refuse disposal. *Engineering Geology*: 219-229, 1973.
- HODGSON, J. M. (Edit.): *Soil survey field handbook*. Technical Monograph núm. 5. Rothamsted Experimental Station. Adlard and Son Ltd. Bartholomew Press, Dorking 1985.
- HOWARD, A. D., y REMSON, I.: *Geology in Environmental planning*. McGraw-Hill, New York, 1978.
- LAHEE, F. H.: *Geología práctica*. Omega, Barcelona, 1970.
- LECOZ, J.: Carte géomorphologique et géographie agraire: aspects de l'occupation humaine du massif de la Clappe. *Mémoires et Documents*, 12: 211-214, 1972.
- LEGGET, R. F.: *Cities and Geology*. McGraw-Hill, New York, 1973.
- LE GRAND, H. E.: Hydrological and ecological problems of karst regions. *Science* 179: 859-864, 1973.
- LINDVALL, R. M.: Geologic map of the Arvada Quadrangle, Adams, Denver and Jefferson Counties, Colorado. US Geological Survey and Colorado Geological Survey, 1972.
- LUTTING, G.: Geoscientific maps of the environment as an essential tool in planning. *Geol. Mijnbouw* 57: 527-532, 1978.
- MAAS, K.: The geology of Liebana, Cantabrian Mountains, Spain; deposition and deformation in a flysch area. *Leidse Geologische Mededelingen* 49: 379-465, 1974.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (Edit.): *Los paisajes naturales de Segovia, Avila, Toledo y Cáceres. Estudio geográfico*. Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid, 1977.
- MATULA, M.: Engineering geologic mapping and evaluation in urban planning. In: NICHOLS and CAMPBELL, 144-153, 1971.
- MENARD, H. W.: *Geology, Resources and Society. An introduction to Earth Science*. Freeman, San Francisco, 1974.
- MILLER, R. D.: Map showing relative slope stability in part of West-Central King County, Washington. US Geological Survey, Washington, 1973.
- MILES, R. D.: A concept of landforms, parent materials and soils in airphoto interpretation studies for engineering purposes. *Arch. Int. Photogram.* 14: 462-476, 1962.
- NEW YORK STATE BUILDING CODE COMMISSION: *Code Manual*.
- NICHOLS, D. R., y CAMPBELL, C. C. (Eds.): *Environmental planning and geology*. US Geological Survey, Washington, 1971.
- PAASWELL, R. E.: Causes and mechanisms of cohesive soil erosion: the state of the art. *Highway Research Board, SR 135*: 52-74, 1973.
- PAVONI, J. L., y cols.: *Handbook of solid waste disposal*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1975.
- PEDRAZA, J. (Edit.): *Geología y Medio Ambiente*. Monografías del CEOTMA, núm. 11. MOPU. Madrid, 1981.
- PEDRAZA, J.: *Estudio Geomorfológico de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama*. Tesis Doctoral. U.C. de Madrid, 1978.
- PEDRAZA, J., y GARZÓN, M. G.: *Bases geológicas y geomorfológicas para la sistematización de los Estudios del Medio Físico*. Boletín Informativo del Medio Ambiente 8: 51-70. C.I.M.A. Madrid.
- PUJALTE, V.: *El complejo purbeck-Weald de Santander: estratigrafía y sedimentación*. Tesis doctoral, Universidad de Bilbao, Bilbao, 1977.
- RAMÍREZ DEL POZO, J.: Algunas observaciones sobre el Jurásico de Alava, Burgos y Santander, *Cuadernos de Geología Ibérica* 2: 491-508, 1971.
- ROMERO, J. C., y HAMPTON, E. R.: Map showing the approximate configuration and depth to the top of the Laramie-Fox Hill Aquifer, Denver Basin, Colorado. US Geological Survey and Colorado State Geological Survey, 1972.
- SÁIZ DE OMEÑACA, J.: *Estratigrafía y sedimentología del Triásico de Cantabria*. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo, 1976.
- SÁIZ DE OMEÑACA, M. G.: *Estudio del valle de Liébana. Bases para la tipificación del medio en orden a la conservación de la naturaleza*. Tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 1978.
- SÁIZ DE OMEÑACA, J.: *Desarrollo de un esquema para la utilización de datos geológicos en la planificación territorial de zonas montañosas*. Tesis de licenciatura, Universidad de Oviedo, Oviedo, 1979.
- SCOTT, G. R., y WOBUS, R. A.: Reconnaissance Geologic map of Colorado Springs and vicinity, Colorado. US Geological Survey and Colorado Geol. Survey, 1973.
- SOARES, L., y cols.: Considerações sobre os movimentos de massa ocorridos na Serra de Maranguape. *Inst. Pesquisas Tecnol. do Estado de Sao Paulo*, 1975.
- ST. ONGE, D. A., y cols.: Geoscience and planning in the future. In: BETZ, 354-465, 1975.
- SWANSON, F. J., y DYRNESS, D. T.: Impact of clearcutting and road construction on soil erosion by landslides in the Western Cascade Range, Oregon. *Geology* 3: 393-396, 1975.
- TANK, R. W. (Ed.): *Focus on environmental geology*. Oxford Univ. Press, London. 1973.
- TRICART, J.: Carte géomorphologique et description du milieu naturel: la Montagne de la Clape. *Mémoires et Documents* 5: 165-180, 1972 a.  
— Cartographie géomorphologique et classement des terres pour la conservation. *Mémoires et Documents* 12: 215-222, 1972 b.
- TURNER, A. K., y COFFMAN, D. M.: Geology for planning: a review of Environmental Geology. *Quarterly of the Colorado School of Mines* 68, 1973.

- USSELMANN.: Carte géomorphologique et carte hydromorphologique à 1:50.000. Le bassin de Lebrija, Colombie. *Mémoires et Documents 12*: 181-192, 1972.
- VAN HORN, R.: Surficial Geologic map of the Sugar House Quadrangle. Salt Lake County. Utah. US Geological Survey, Washington. 1972.
- VARIOS: *Mapa litológico y de cualidades de las rocas de la Comunidad de Madrid*. Consejería de Agricultura y Ganadería. Comunidad Autónoma de Madrid.
- VARIOS: *Mapa fisiográfico de la provincia de Madrid*. Consejería de Agricultura y ganadería. Comunidad Autónoma de Madrid.
- WAY, D. S.: *Terrain analysis*. Dowden, Hutchinson and Ross. Stroudsburg, Penn., 1973.
- WERMUND, E. G. (Ed.): Approaches to environmental geology Bureau of Econ. Geol., Univ. of Texas at Austin. Austin. *Report of Investigations*, 81, 1974.
- WHYTE, W. H.: Landscape: a vanishing resource. Openspace, now or never. *Landscape Arch. Magazine 50*: 8-13, 1959.
- WILLIAMS, P. L.: Map showing landslides and areas of potencial landsliding in the Salina Quadrangle, Utah. US Geological Survey, Washington, 1972.
- ZARUBA, Q., y MENCL, V.: *Landslides and their control*. Czechoslovak Academy of Sciences, Praga, 1969.