

MAPAS TEMÁTICOS DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL ITGE: FINALIDAD Y EVOLUCIÓN

Por A. Martín-Serrano García (*)

RESUMEN

El ITGE, paralelamente a la realización de mapas geológicos, realiza cartografías temáticas afines: mapas murales a pequeña escala [1:1.000.000] que abarcan todo el territorio nacional y, más recientemente, otros a escalas más detalladas y pretensiones sistemáticas que por una u otra razón casi siempre han tenido un desarrollo efímero. Entre ellos, el Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000, es el único, quizás por su adscripción al MAGNA, que tiene continuidad actualmente. A lo largo de los años se ha ido matizando un diseño de cartografía geomorfológica que quizás haya que cambiar aún más, en virtud de las actuales demandas socioeconómicas. Otros mapas de detalle que se realizaron puntualmente, no parece adecuado realizarlos en la actualidad de forma sistemática, pero quizás haya que plantearse abordar otro tipo de cartografías, también relacionadas con la geología superficial, como es el caso de los suelos.

ABSTRACT

The ITGE produces thematic geological cartography. It produces two kinds of maps: one of small scale (1:1.000.000) and other of larger scales which are made systematically. The geomorphologic maps at 1:50.000 scale stand out. They are edited along with the geological maps. Their design has been modified during the last years in order to meet the social demand and provably the will have to change more in the future. In the next few years it will be important to develop other kinds of thematic cartography related to the superficial geology. Thus, the edaphologic maps will be importante.

INTRODUCCIÓN

Denominamos Mapas Geológicos Temáticos a aquellos que a partir del Mapa Geológico básico representan valores y parámetros del territorio relacionados con el uso o beneficio de los recursos geológicos del subsuelo o bien con la actividad humana sobre el medio físico. También se agrupan, bajo este epígrafe, aquellos mapas que representan aspectos parciales o "temáticos" del conocimiento geológico como la Tectónica, la Geomorfología, etc. (RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, 1991). A estos últimos aspectos se refiere el artículo.

El ITGE que tradicional y sistemáticamente se ocupa de la realización de la cartografía geológica nacional desde su creación en el siglo pasado (GARCÍA CORTÉS, *In litt*; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, 1992, 1996), se ha ocupado también de cartografías temáticas afines que generalmente han sido publicadas como mapas mura-

les incluyendo todo el territorio español. A escala 1:1.000.000 cabe destacar el *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares* [1971], el *Mapa de Lineamientos de las Imágenes Landsat* [1980], el *Mapa Nacional del Karst* [1986], el *Mapa del Cuaternario de España* [1989] y el *Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España* [1991, inédito]. Siguiendo esta misma línea, pero a escala más detallada [1:100.000 y 1:200.000] también se ha publicado el *Mapa Neotectónico, Sismotectónico y de Actividad de Fallas de la Región de Murcia* [1994]. Pero el único mapa temático de índole geológica realizado de forma sistemática es el *Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000*. En él, en su desarrollo histórico y en su futuro, incidirá fundamentalmente este artículo.

MAPAS TEMÁTICOS A PEQUEÑA ESCALA

Entre los mapas murales más recientes en primer lugar hay que destacar, por su incidencia en el reciente programa de cartografía geomorfológica

(*) ITGE, Ríos Rosas, 23. 28003. Madrid.

a escala 1:50.000, el *Mapa de Cuaternario de España a escala 1:1.000.000*. Se trata de una síntesis elaborada a partir de datos procedentes de cartografías geológicas a distintas escalas [MAGNA a escala 1:50.000, síntesis a escala 1:200.000, tesis doctorales, mapas inéditos etc.], apoyo fotogeológico y reconocimiento de campo en áreas poco conocidas. La memoria acompañante está organizada en dos partes, una primera con capítulos temáticos, y otra segunda de carácter regional. El mapa que tiene representación tanto en tierra como en el litoral submarino, se estructura según una leyenda relativamente novedosa, pues organiza el registro sedimentario bajo dos puntos de vista, el cronoestratigráfico y el genético. En el territorio no cubierto por sedimentos cuaternarios se ha señalado una hipsometría dividida en cuatro franjas de tonos grises mientras que la batimetría de la parte submarina está coloreada en azules.

El Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España a escala 1:1.000.000 recoge todo aquello relativo a movimientos recientes de la corteza partiendo de una metodología basada en geodesia, sismicidad y geología. Este gran proyecto de síntesis cartográfica cofinanciado por ENRESA ha dado lugar, además de a su correspondiente texto explicativo, a los siguientes documentos cartográficos principales:

- Mapa Neotectónico de España a escala 1:1.000.000.
- Mapa Sismotectónico de España a escala 1:1.000.000.

Ambos mapas se complementan con otras cartografías auxiliares a menor escala, que ayudan a la interpretación y correlación de los diferentes datos. Entre ellos destacan:

- Mapa Geotectónico de España a escala 1:2.000.000.
- Mapa de la Corteza y del Volcanismo a escala 1:4.000.000.
- Síntesis Neotectónica de la Península Ibérica a escala 1:4.000.000.
- Esquema de los mecanismos focales estudiados.
- Esquema de la dirección de los ejes de presión y tensión deducidos de los mecanismos focales.

La utilidad de estos documentos dentro de una región geodinámicamente activa y con una sismicidad mediana reconocida, como es España, es grande, ya sea por la posible ocurrencia de terremotos, o bien por la actuación de procesos tectónicos más lentos y menos súbitos, a veces imperceptibles para el hombre, pero a largo plazo con incidencia socioeconómica y ambiental. Si no aplicables de forma inmediata, estos mapas son una buena referencia previa para la evaluación de riesgos tales como: los sísmicos en sí, tsunamis o maremotos, rupturas y fallamientos superficiales, subsidencias, elevaciones y basculamientos; y en fin, deslizamientos, avalanchas, flujos de barro y fenómenos de licuefacción.

La metodología para su ejecución contempló una recopilación exhaustiva de información general y específica y la utilización de distintas técnicas instrumentales y analíticas. La escala intermedia o básica de trabajo que se planteó a 1:200.000, dio lugar a una colección de mapas que abarca todo el territorio nacional. Son cinco documentos cartográficos por hoja que están disponibles en los fondos documentales del ITGE:

1. De Infraestructura Geológica y Geoestructural.
2. Geomorfológico y del Cuaternario.
3. Otros datos en relación con la Neotectónica.
4. De Lineamientos.
5. Mapa de Síntesis.

Toda la información cartográfica generada para la realización del Mapa Neotectónico y Sismotectónico [en concreto el mapa 2] ha servido para decidirse a abordar la realización del *Mapa Geomorfológico de España a escala 1:1.000.000*, actualmente en proceso de elaboración. El desarrollo metodológico de este mapa se apoya en referencias geológicas y geográficas, tratándose de un proceso de síntesis de las mismas. El contexto morfoestructural propio del Mapa Geomorfológico s. s. constituye el soporte y también la fuente de los más importantes procesos geodinámicos activos que paralelamente se pretenden ubicar y cuyo desarrollo, según que circunstancias, puede ser susceptible de constituirse en riesgo geológico. El trabajo de síntesis que utiliza como referencia básica los documentos de cartografía geomorfológica a escala 1:200.000 preparados para el Mapa Neotectónico,

se realiza a escala 1:400.000. Con esta metodología se esperan alcanzar los objetivos siguientes:

- Mapas geomorfológicos a escala 1:400.000 de todo el territorio nacional.
- Mapas de procesos geodinámicos activos a escala 1:400.000 de todo el territorio nacional.
- Memorias parciales relativas a esos documentos anteriores.
- Mapa Geomorfológico a escala 1:1.000.000 [a editar].
- Mapa de localización de Procesos Geodinámicos Activos a escala 1:1.000.000 [a editar].
- Memoria [a editar].

MAPA GEOMORFOLÓGICO A ESCALA 1:50.000 [MAGNA].

Es indudable que el ITGE no ha sido ajeno al desarrollo de la cartografía geomorfológica en España pues desde los años ochenta de una u otra forma la ha ido incorporando a su proyecto cartográfico más importante: el Plan del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 [MAGNA] (MARTÍN-SERRANO, 1996). Previamente, desde el comienzo de dicho programa de cartografía geológica [1971], al tratamiento específico de la geología reciente en él experimentó importantes y positivas variaciones.

Inicialmente la atención a esos temas relacionados con la geología epidérmica fue muy escasa y desigual, siendo olvidado su tratamiento en la mayoría de los casos. El cambio de actitud social en relación, sobre todo, a problemas medioambientales en general, y a la renovación del equipo director del Proyecto en particular, da lugar a un notorio avance a finales de los años setenta. Este avance se concreta en la aparición de dos documentos cartográficos adicionales: un *Mapa Geomorfológico* y un *Mapa de Formaciones Superficiales*. La realización específica de este tipo de cartografías redundará además en beneficio de la representación cuaternaria en el documento principal, el propio Mapa Geológico. Ambos mapas, realizados sobre bases topográficas a escala 1:50.000, fueron publicados en forma de esquemas monocolors y sin base topográfica e incluidos, convenientemente plegados, en la Memoria de la correspondiente Hoja Geológica

[Fig. 1 y 2]. Sendos capítulos de dicha memoria tratan respectivamente de su geomorfología y también de las formaciones superficiales. Con este formato han sido editadas 167 hojas.

En 1987 se pone en marcha un plan para la actualización del proyecto MAGNA que afecta a la última etapa del mismo (FERNÁNDEZ-GIANOTTI, 1987). La decisión más importante es la ampliación y reforma del *Mapa Geomorfológico* pues se acuerda publicarlo a escala 1:50.000, en color, con su base topográfica incorporada y su correspondiente memoria. Su contenido es el siguiente [Fig. 3]:

- El Mapa se expresa mediante dos tipos de elementos: formas propiamente dichas y depósitos recientes o superficiales. Los primeros se representan mediante una simbología agrupada en conjuntos de formas con una génesis común, cada uno de los cuales lleva un color de identidad en tono fuerte. Los segundos constituyen recintos areales coloreados en tonos suaves que tienen que ser coincidentes con la gama de colores antes aludida, que no es sino los colores que identifican a cada una de las agrupaciones genéticas.

Sin embargo la Leyenda [Fig.4] presenta un doble punto de vista, el Genético ya aludido, y el Cronológico que en el mapa, cuando existan secuencias de depósitos monogenéticos, irá representado con un único color y grado de intensidad diferente. Con este tipo de leyenda se pretende dar un sentido geológico al mapa, estableciendo una cronología relativa como en este tipo de mapas, sin que por ello pierda la diferenciación genética de las formas y de sus depósitos correlativos que son habitualmente separados en cartografías de tipo geomorfológico (CNRS, 1970; TRICART, 1971; MURPHY, 1967; BARSCH y LIDKE, 1985; CHIARINI *et al*, 1994). Esta leyenda permite la interrelación espacial y temporal de los elementos del mapa, tanto para las formas denudativas, representadas por símbolos [puntuales y lineales] y tramas, como para las formas constructivas [depósitos recientes y superficiales], representadas por áreas coloreadas. Unas y otras formas quedan ubicadas en la Leyenda mediante una referencia numérica y alfabética. La relación de colores a utilizar en los mapas geomorfológi-

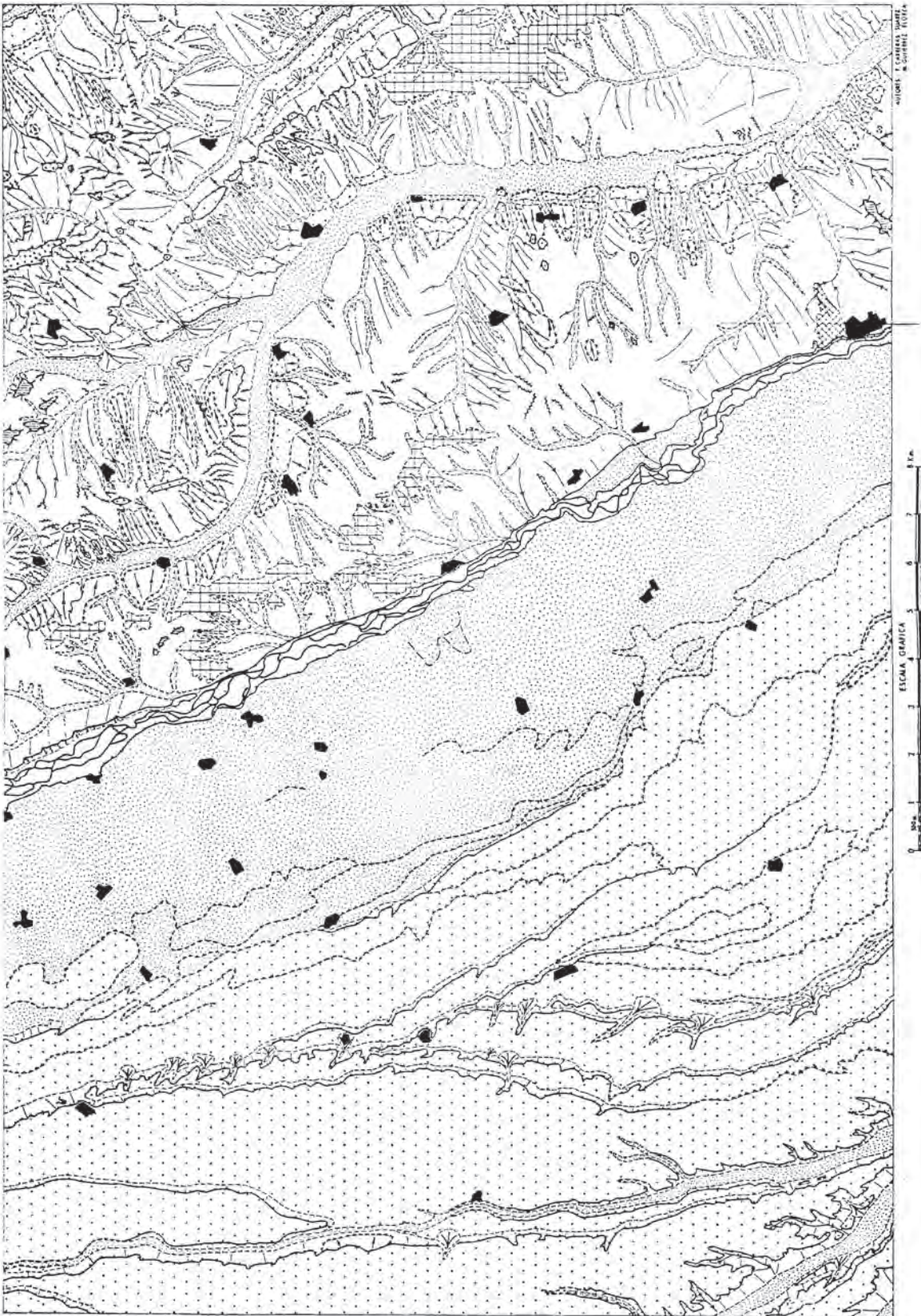


Fig. 1: Esquema Geomorfológico a escala 1:100.000

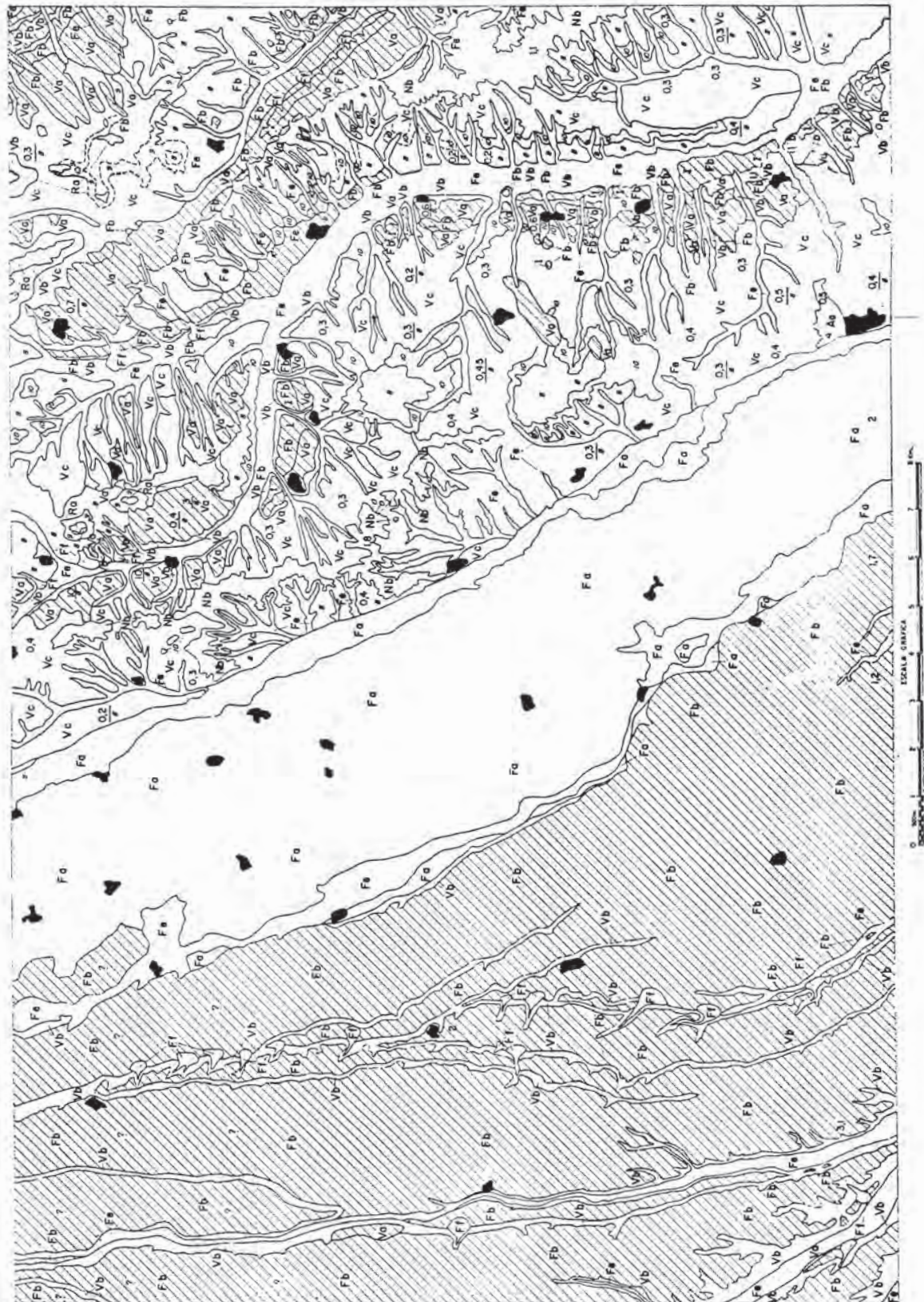


Fig. 2: Esquema de Formaciones superficiales a escala 1:100.000

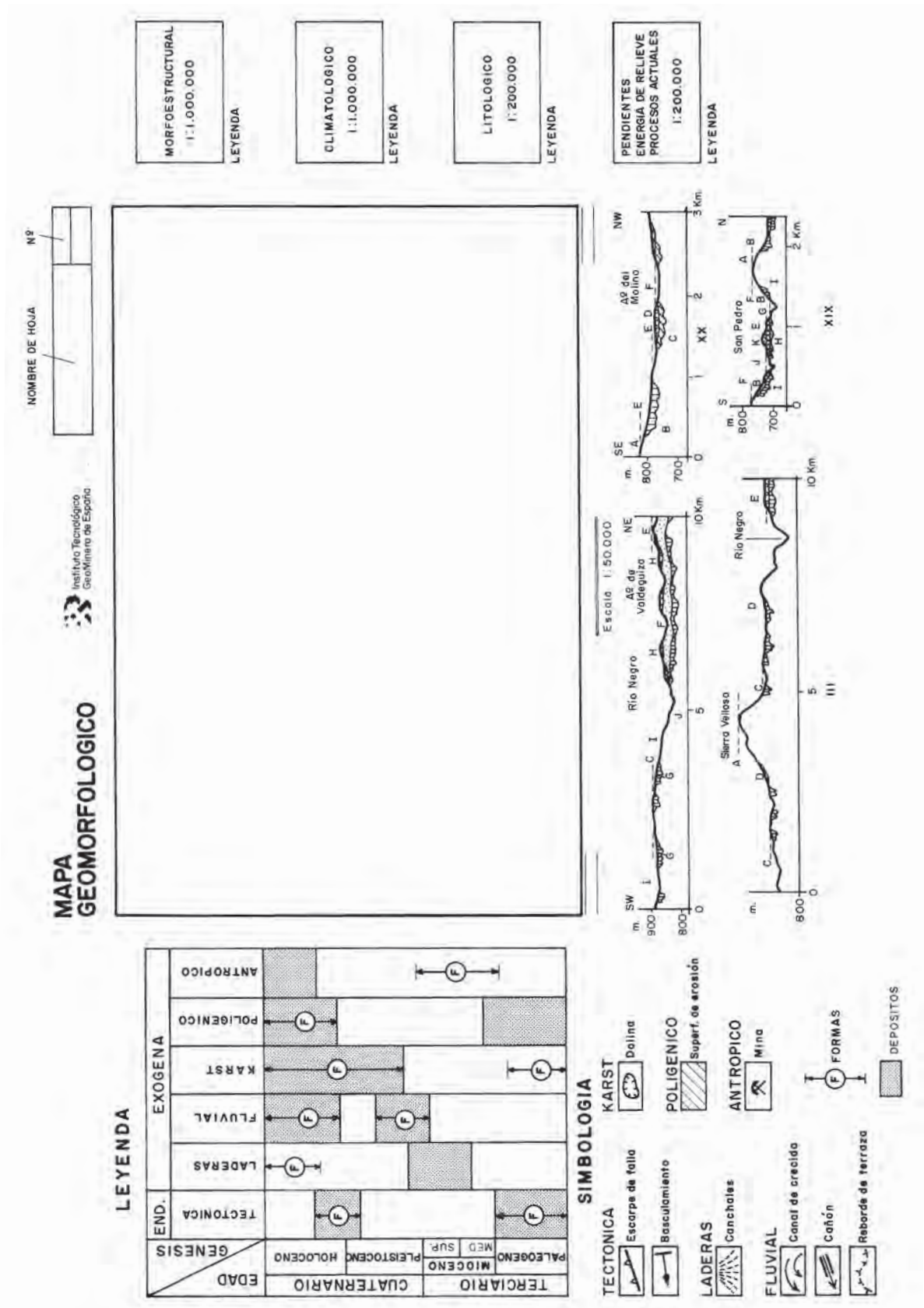
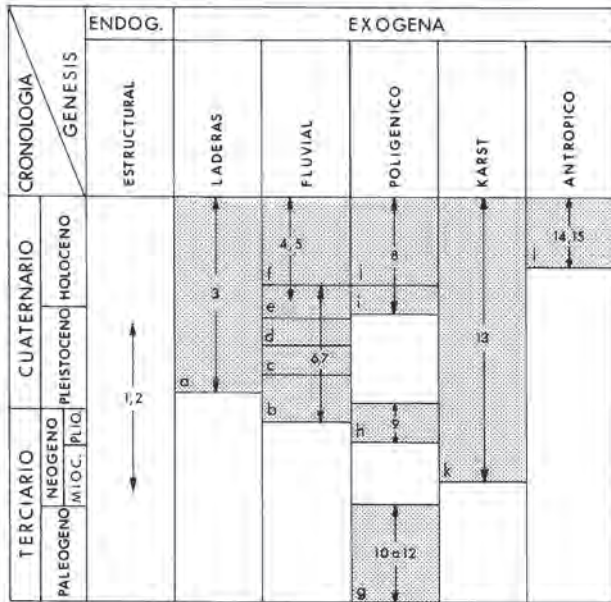


Fig. 3: Maqueta de Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000

LEYENDA (EJEMPLO)



SIMBOLOGIA DE FORMAS



Fig. 4: Leyenda con tabla genético-cronológica

cos para formas y depósitos, en función de su procedencia genética es la siguiente:

- Estructural: negro
- Volcánica: rosa

- Laderas o Gravedad: marrón
- Fluvial: verde
- Kárstico o Disolución: rojo
- Glaciar y Periglaciar: morado
- Eólico: amarillo
- Lacustre: azul claro
- Marino litoral: azul oscuro
- Poligénico: naranja
- Antropogénico: gris o sepia [como el color de la topografía]

Los mapas auxiliares, situados a la derecha del mapa principal, son cuatro esquemas complementarios a escalas más grandes, de la propia Hoja o de su contexto regional. Son:

- Morfoestructural: se realiza a escala 1:1.000.000, ocupándose de situar a la Hoja en su entorno regional en relación con sus características morfológicas y estructurales más notorias.
- Climático: también se realiza a escala 1:1.000.000 y es de carácter regional. Incluye la situación de la Hoja y datos relativos a la climatología de la zona tales como isoyetas, isotermas, etc.
- Litológico: es una síntesis con los tipos litológicos bien diferenciados de la Hoja realizada a escala 1:200.000, ocupando exclusivamente la superficie de la misma.
- Pendientes, Energía del Relieve o Procesos Actuales: a definir según oportunidades, necesidades o posibilidades, es un mapa que se realiza también a escala 1:200.000 como el anterior.

Los cortes que incluyen en la parte inferior del mapa principal, tienen la misma escala horizontal que el mapa, es decir 1:50.000, pero su escala vertical es más exagerada, 1:100.000 o incluso 1:5.000. Son perfiles en los que se diferencian especialmente los niveles de referencia morfológica fundamentales tales como las superficies o las terrazas y las formaciones superficiales y los depósitos recientes o correlativos, es decir sedimentos con implicación directa en la evolución del relieve.

La Memoria presenta el siguiente contenido:

- Descripción Fisiográfica que incluye un emplazamiento de la Hoja en el ámbito regional y su encuadre físico general y una descripción detallada de los rasgos físicos más destacables de la misma, con la enumeración de sus accidentes geográficos, sus cotas y sus relaciones topográficas.
- Análisis Geomorfológico que trata del relieve desde un punto de vista puramente estático, entendiendo como tal la explicación de la disposición actual de las diferentes formas, incidiendo en su origen. Es un análisis planteado desde una perspectiva endógena [estructural, tectónica] y también exógena zonal [climática] o azonal; ambas están relacionadas a través de un parámetro importante, el litológico. Todo esto conlleva a un estudio morfoestructural y a un estudio del modelado.

El Estudio Morfoestructural implica a las formas derivadas directamente de la estructura y la litología, es decir de las relaciones entre el relieve y la arquitectura geológica, de la respuesta de ésta a la erosión. Comprende un enmarque morfoestructural; una subdivisión de unidades morfoestructurales traducidas a unidades orográficas de pequeña y mediana escala en las que cabe diferenciar, describir y analizar formas estructurales individuales o asociadas, correspondientes a diferentes tipos de estructuras; las consecuencias de la disposición morfoestructural que se refieren a la repartición de los volúmenes orográficos y a la distribución de la red fluvial; y al control selectivo de la litología, es decir el comportamiento diferencial del terreno según su composición, grado de cohesión, intensidad de fracturación, espesor de las formaciones geológicas, etc., que varía en función de la disposición zonal pues el clima juega un papel esencial en la resistencia litológica.

El Estudio del Modelado enumera y explica las distintas formas con la perspectiva de los agentes externos ya sean zonales o azonales. Estos últimos son en definitiva los que dan lugar a las agrupaciones genéticas en que ordenamos las formas exógenas, ya sea denudativas o acumulativas [depósitos]. Son de gravedad o de laderas, fluviales, kársticas o de disolución, glaciares y periglaciares, eólicas, endorréicas o lacustres,

marinas litorales, de génesis poco definida o poligénica, y antropogénicas.

También merece la pena insistir en la descripción de las principales características de las Formaciones Superficiales pues son siempre importantes en Geomorfología. Deben tratarse porque además de definir formas propias dan una información geomorfológica adicional, y porque su conocimiento y localización es fundamental para la geología aplicada.

La Historia Geomorfológica o Evolución Dinámica pretende complementar o sumarse a la Historia Geológica de la Hoja. Trata del desarrollo del relieve en el tiempo mediante la agrupación de los elementos geomorfológicos en distintas unidades de evolución. Para ello se enumeran y ordenan las superficies que son las unidades básicas de la evolución y también las formas a ellos asociadas; se establecen las relaciones espaciales y temporales de todas las formas señaladas en el ámbito de la Hoja; se interrelaciona la tectónica en la evolución geomorfológica, situando las etapas paroxismales que fijan la morfoestructura y también las deformaciones posteriores; se estudian los sedimentos correlativos que puedan ser indicadores morfogenéticos, explicando su relación con el relieve; y se intenta datar, al menos relativamente, las distintas etapas de la evolución.

Como apunte final, se enumeran los Procesos Geodinámicos Activos más señalados en la Hoja.

OTROS MAPAS TEMÁTICOS RELACIONADOS CON EL MAGNA

Otras disciplinas geológicas se han incorporado circunstancialmente al proyecto MAGNA. Habría que referirse fundamentalmente a la realización de mapas estructurales a partir de lineamientos de imágenes de satélites y otros, también de carácter estructural, los neotectónicos. Ambos han tenido un desarrollo muy breve.

Los mapas de lineamientos y trazas de grandes estructuras, a escala 1:50.000 se realizaron a partir de la información derivada de imágenes LANDSAT THEMATIC MAPER en banda 4 y/o 7, ampliadas a dicha escala, incluyendo asimismo

la interpretación realizada sobre la imagen SPOT en modo pancromático y en falso color. Se incluyeron lineamientos de *primer orden* (rojo) referentes a alineaciones de gran continuidad lateral con expresión morfológica o estructural evidente, y de *segundo orden* (azul) representando alineaciones menores.

Los mapas neotectónicos expresan la actividad geotectónica reciente, es decir la que afecta a terrenos del Mioceno Superior o más modernos. Dicha actividad se expresa mediante símbolos en verde, azul, rojo o morado dependiendo que afecten al Mioceno Superior, Plioceno, Cuaternario y Holoceno respectivamente. Dichos símbolos se refieren a datos estructurales, geomorfológicos, estratigráficos, geotérmicos y/o geoquímicos, sedimentológicos y/o erosivos, físicos (instrumentales), arqueológicos y sísmicos.

Ambos mapas se presentaron con sus respectivas memorias explicativas, incluidas como un capítulo más, en el seno de la Memoria del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (MAGNA).

CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA APLICADA A ESCALA 1:50.000 [PNCTA]

En 1995 la Dirección General de Información y Evaluación Ambiental del entonces Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente promueve el desarrollo de un Plan de Cartografía Temática Ambiental. El Real Decreto 105/95, de 23 de julio, establece que corresponde a dicha Dirección el diseño y el desarrollo del Plan en colaboración con las Comunidades Autónomas y con la participación de otros organismos oficiales, entre los que se encuentra el ITGE, al que se responsabiliza de la gestión y desarrollo del mismo en función de su dilatada experiencia en la realización de planes sistemáticos de cartografía.

El objetivo del Plan es crear un conjunto de información relevante sobre el medio físico, estandarizada y de alta calidad, cuyo formato cartográfico y su información asociada [bases de datos] sea fácilmente accesible y suministre al usuario o planificador el conocimiento necesario para comprender y elaborar proyectos relacionados con el medio natural (MMA, 1996). Se prevé una escala de trabajo de 1:50.000 ó 1:25.000 y una informa-

ción cartográfica gestionada informáticamente mediante un Sistema de Información Geográfica [GIS]. Los mapas a elaborar son de Geología [MAGNA del ITGE], Litología, Geomorfología, Vegetación, Suelos, Patrimonio Natural y Paisaje; todo ello sustentado en un soporte topográfico digital proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional. Las interrelaciones entre los distintos mapas son las que se especifican en el gráfico de la figura 5.

El Plan sólo desarrolló su fase de diseño durante los años 1995, 1996 y 1997, que consistió en la preparación de la normativa para la ejecución del Plan e incluyó la realización de 10 Hojas Piloto.

Mapa Geomorfológico

El diseño del Mapa Geomorfológico corresponde al ITGE que decide aprovechar su experiencia en este campo utilizando como base para dicho mapa el tipo de cartografía geomorfológica empleada para el Plan MAGNA. Pero el diseño de la cartografía geomorfológica en éste plan debía tener un enfoque muy distinto al del plan anterior, casi exclusivamente infraestructural y técnico. Se requería algo más práctico pero sin perder esa solidez infraestructural. Por la variedad de su uso, el contenido debía ser muy general y al mismo tiempo muy completo. Se arbitró el procedimiento que se creyó más adecuado para alcanzar su traducción a un documento final sencillo y manipulable, es decir un mapa de unidades cerradas y homogéneas (MEIJERINK, 1988; VERSTAPEN y VAN ZUIDAM, 1991; ITGE, 1996a; SALAZAR y MARTÍN-SERRANO, 1998). Sin embargo, la consecución del mapa definitivo requería la elaboración imprescindible de tres mapas intermedios de cartografía básica, cada una de ellas independiente pero al mismo tiempo interrelacionadas entre sí. Son: Geomorfología s. s., Formaciones Superficiales, y Procesos Activos.

La disponibilidad de la Base Topográfica y el Mapa Geológico correspondientes constituye el punto de partida imprescindible para el desarrollo de esta cartografía. Con la incorporación posterior de un Mapa de Pendientes derivado de la información topográfica queda completa toda la base documental necesaria cuyas dependencias

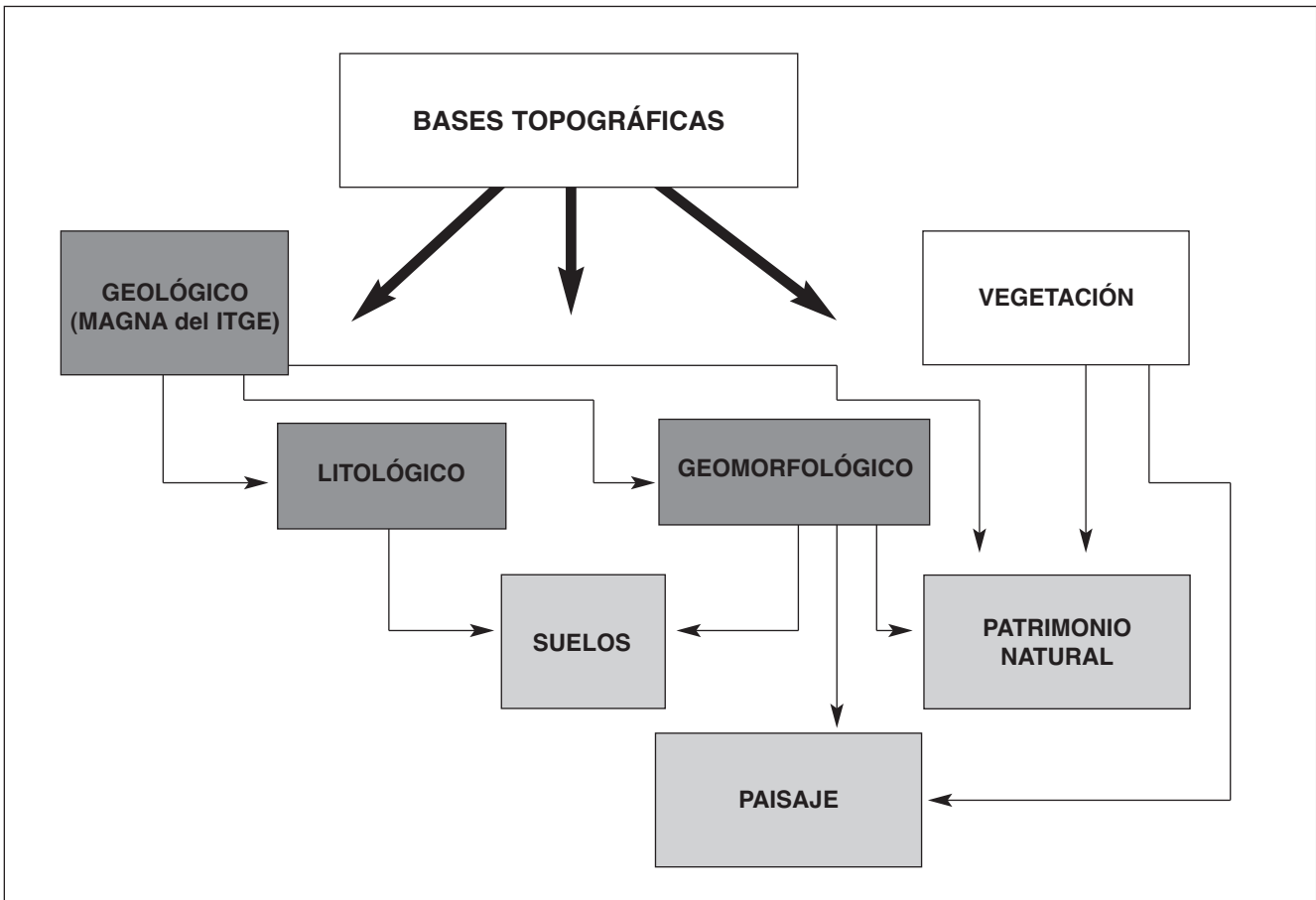


Fig. 5: Relaciones entre los distintos mapas del PNCTA

e interrelaciones son las que se expresan en la figura 6.

Los diferentes documentos cartográficos generados son mapas independientes, esto es, cada uno debe disponer de leyenda propia que permita su lectura sin necesidad de recurrir a cualquier otro documento auxiliar.

La metodología propuesta es una combinación de los planteamientos analítico y sintético, es decir una metodología mixta, pues se realizan mapas temáticos que constituyen planos finales independientes [Geomorfología], documentos intermedios [Formaciones Superficiales y Procesos Activos] y un mapa de síntesis final [Unidades Geomorfológicas Homogéneas]. De este modo, considerando el origen de la informa-

ción y los objetivos que se desean alcanzar, se realiza una síntesis progresiva de los datos adquiridos. Cada uno de los mapas tiene su propio contenido y también su propia metodología de realización. Son:

Mapa Geomorfológico s. s.

Su contenido es prácticamente el mismo que el mapa que se realiza acompañando al mapa geológico a escala 1:50.000 [MAGNA], si se excluye representar los depósitos recientes y las formaciones superficiales en su condición de unidades cartográficas con carácter litoestratigráfico. En la práctica esta exclusión es difícil de realizar y su separación fundamentalmente obedece a razones de operatividad informática y metodológica.

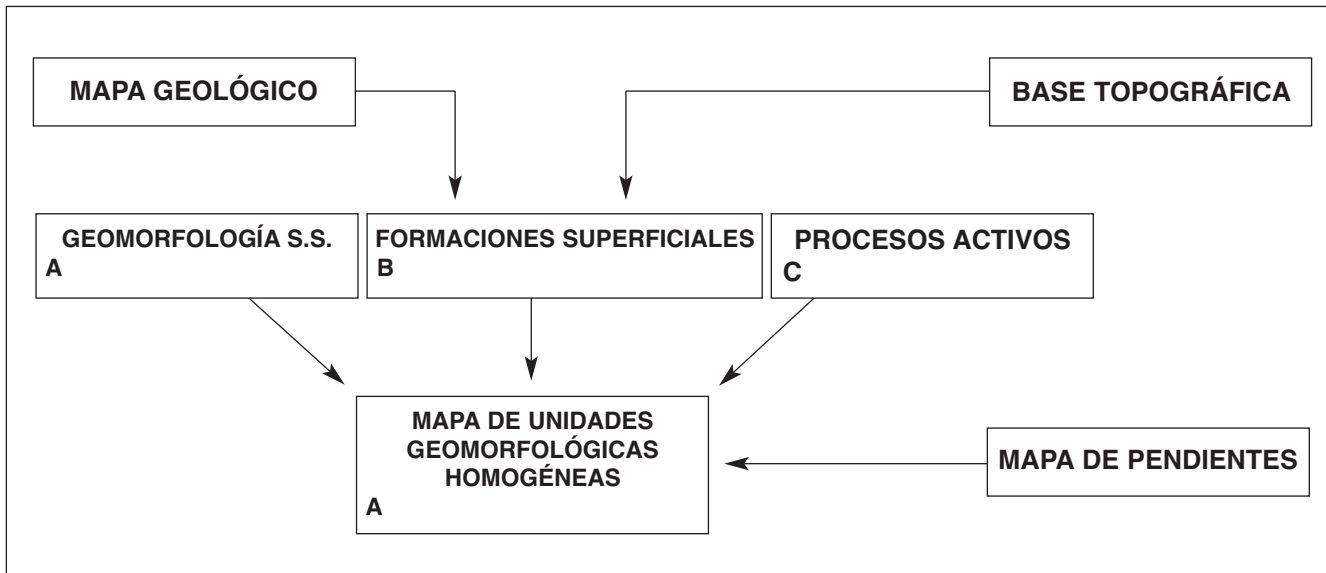


Fig. 6. Interdependencia entre los mapas elementales de la Cartografía Geomorfológica.

En este mapa se trata de representar la superficie terrestre de manera que las unidades elementales de representación se agrupan en relación a su procedencia genética y cuya relación es la siguiente: estructural, volcánica, de laderas, fluvial, kárstica, glacial y periglacial, eólica, lacustre o endorreica, marina litoral, poligénica y antropogénica.

Mapa de Formaciones Superficiales

Se trata de representar todos aquellos materiales de origen diverso que recubren el sustrato geológico, incluyendo productos de alteración, y que pueden no estar definidos en el mapa geológico correspondiente. Estas unidades cartográficas son conjuntos litoestratigráficos que deben presentar al menos alguna de las siguientes características [GOY *et al.*, 1980] :

- materiales no coherentes, no consolidados o secundariamente consolidados.
- conectados a la evolución del relieve que podemos observar actualmente.
- escaso espesor.
- edad relativamente reciente.

Para todas ellas se deberán considerar paráme-

tros que se refieran a su geometría, su textura, su consolidación, su espesor, su génesis y su cronología.

El diseño de la leyenda es el mismo que el propuesto para el Mapa Geomorfológico adjuntado al Mapa Geológico a escala 1:50.000, es decir una tabla de situación cronológica y genética, en abcisas y ordenadas respectivamente. A dicha leyenda se le adjunta un texto explicativo con la litología simplificada y origen geomorfológico específico y una tabla de propiedades de los materiales [pendiente, espesor, permeabilidad y clasificación geotécnica].

Mapa de Procesos Activos

El objetivo de este mapa es la localización actual de zonas o puntos de actividad geodinámica, endógena o exógena. Se trata de un inventario cartográfico específico y detallado de procesos geodinámicos actuales. La finalidad de esta cartografía es la consideración de estos procesos, lo que determina que la ocurrencia y recurrencia de estos fenómenos naturales debe ser indicada de forma especialmente notoria mediante una simbología adecuada que incluya, a ser posible, magnitud y estado del proceso. Obviamente se

presta atención a todos los procesos activos que puedan tener incidencia en las actividades humanas. Se representan mediante una simbología convenientemente codificada y se refieren a: actividad sísmica, neotectónica, actividad volcánica, erosión, inundaciones y sedimentación asociada, movimientos de ladera, procesos ligados a litologías particulares y actividades antropogénicas.

El mapa no contiene una tipología totalmente específica ya que se utiliza la simbología empleada para el Mapa Geomorfológico s.s. pero se ordenan y agrupan según la relación de actividades geodinámicas señaladas en el párrafo anterior. Ahora bien, según el grado de actividad, intensidad, inestabilidad, cambia el color del símbolo de forma que si es:

importante: rojo
moderada: naranja
escasa: verde

Mapas Geomorfológicos de Unidades Homogéneas

Este mapa tiene por objeto traducir la información geomorfológica en unidades territoriales prácticas o funcionales. Es un documento sencillo de comprender, fácilmente manipulable en un SIG y de aplicación inmediata. Está constituido por áreas o polígonos cerrados, continuos y debidamente siglados que tendrán tres niveles jerárquicos de lectura:

Sistemas Morfogenéticos, que quedarán definidos en el mapa por el conjunto de unidades geomorfológicas que tienen una génesis común [laderas, fluvial, eólico, etc.]. Se señalan en el mapa mediante la utilización de una letra mayúscula y un color de fondo. La función operativa de este primer nivel es la definición morfogenética del territorio.

Unidades Morfográficas, que por su posición jerárquica es el que articula todo el sistema cartográfico. Son elementos del paisaje formados por un proceso o la combinación de varios y que tienen una composición y un intervalo de características físicas y visuales que ocurren allí donde quiera que se presente dicha unidad. Quedan señaladas en el mapa por una letra minúscula,

precedida de la letra mayúscula correspondiente al Sistema Morfogenético a que pertenece. La función de este segundo nivel de lectura de la leyenda es la definición morfográfica del territorio considerando con ello los procesos genéticos específicos, la influencia de la litología y la morfoestructura, la amplitud de relieve, la posición fisiográfica, la densidad de drenaje, la inclinación de la pendiente y el microrrelieve característico de la unidad.

Elementos Morfodinámicos Activos, con los que se señalan lugares caracterizados por la incidencia de determinado proceso activo o por determinada combinación de los mismos. Sus siglas de identificación son números que figuran a continuación de las siglas que identifican la unidad morfográfica en la que está presente. La función operativa de este tercer nivel de lectura del mapa es la definición morfodinámica del relieve del territorio, es decir, la transposición del mapa de procesos activos al de unidades geomorfológicas homogéneas.

Los métodos de sintetizar información geomorfológica a utilizar en la confección del mapa son tanto métodos de agregación [cruce de o superposición de mapas temáticos individuales], como métodos sintéticos, por cartografía directa de unidades. Las Unidades Geomorfológicas Homogéneas quedan definidas mediante los atributos del relieve que contiene la base de datos asociada al mapa. Estos atributos son los siguientes:

Información de carácter regional:

1. Contexto morfoestructural. Información morfográfica/morfogenética [derivada de los mapas *Geomorfológico s.s.* y *de Formaciones Superficiales*].
2. Sistema morfogenético al que pertenece.
3. Origen geomorfológico específico.
4. Influencia de la litología.
5. Influencia de la morfoestructura.

Información morfométrica [derivada de los mapas *Topográfico* y *Geomorfológico s.s.*]

6. Amplitud del relieve y posición fisiográfica.
7. Densidad de drenaje.

8. Pendiente.
9. Microrrelieve.

Información morfodinámica [derivada del *Mapa de Procesos Activos*].

10. Elementos morfodinámicos activos asociados.

Mapa Litológico

El Mapa Litológico se contempla en el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (ITGE, 1996b). La litología es un tipo de información de aplicación directa en numerosos estudios. Está directamente relacionada con las características constructivas de los terrenos, con las hidrogeológicas, con las edafológicas, etc. Además es uno de los factores que controla procesos como los de erosión o los movimientos de laderas y tienen influencia en el modelado actual. En tales hechos y en la dificultad que para ciertos profesionales, presenta la interpretación de los mapas geológicos, radica el interés en separar la litología del resto de los elementos del mapa geológico. Se trata de un plano de lectura más simple, de utilización más directa y más sencillo de manejo.

Se obtiene por simplificación de unidades cartográficas del mapa geológico, aquellas con características litológicas comunes. La leyenda agrupa en un mismo código de color todas las unidades que corresponden a una litología o asociación, Además se le añade un código numérico que permite resituarla en el cuadro cronoestratigráfico que no es si no la simplificación de la leyenda del mapa geológico. Se incluyen bases de datos asociadas que contemplan: granulometría, cemento o matriz, estructura y geometría, espesor, color, etc., y estimaciones cualitativas como permeabilidad, estabilidad, etc.

Mapa de Suelos

El Plan Nacional de Cartografía Ambiental contempla la realización de un Mapa de Suelos y para la elaboración de su metodología, el ITGE contó con la colaboración de especialistas ajenos al Instituto que definieron un diseño adecuado a

su potencial uso medioambiental (ITGE, 1996c). La distribución areal de los suelos en el plano se representa en unidades cerradas y homogéneas, identificadas por un color y un número. Se definen en referencia a:

- 1- Las clases de unidades cartográficas, que proporcionan información acerca de la complejidad y las relaciones entre los componentes de la unidad.
- 2- La tipología del suelo que utiliza el sistema de clasificación Soil Taxonomy y su correlación con el sistema FAO hasta el nivel de Subgrupo.
- 3- El indicador de capacidad definido como el conjunto de parámetros y atributos del suelo y del entorno físico y que en definitiva son los que permiten o impiden su uso agrario.
- 4- El indicador de vulnerabilidad a la degradación con valores de los parámetros de erosión, de salinización y de contaminación.

FUTURO DE ALGUNOS MAPAS TEMÁTICOS

En la actualidad no parece que se cuestione la utilidad de ciertos mapas temáticos de índole geológica, especialmente aquellos próximos a problemas relacionados con los procesos geológicos más superficiales. La intensa actividad humana tributaria del relieve terrestre demanda cada día más la conveniencia de infraestructuras de este tipo y por tanto parece que su desarrollo con una cierta continuidad no debe considerarse capricho de unos pocos profesionales vocacionales.

Cada uno de los anteriores mapas temáticos a escalas detalladas, abordados por el ITGE con más o menos éxito presenta tratamiento diferente. La realización de *Mapas Litológicos* directamente derivados del Mapa Geológico obviamente está condicionada a casos muy concretos, como el del PNCTA. La aparición de *Mapas Neotectónicos* en el plan MAGNA, está ligada a una etapa muy limitada de su desarrollo y respondió a intereses coyunturales [ENRESA]. La información que se recoge en dichos mapas es escasa, irregular y de ninguna forma representable a esas escalas; además, son datos que pue-

den plasmarse en otros planos [geológicos o geomorfológicos].

El planteamiento del *Mapa de Suelos* es diferente, por uso potencial y por haber sido siempre una disciplina ajena al Instituto, si exceptuamos su recientemente actividad en materia de contaminación, erosión y degradación. Precisamente esa actividad podría ser el primer argumento para empezar a considerar la conveniencia de abordar este tipo de cartografías. Primero el CSIC [Instituto de Edafología y Agrobiología], después otros organismos de la Administración [Universidad, Ministerio de Agricultura, etc.] y, más recientemente, las Comunidades Autónomas, han realizado distintos y desiguales intentos de cartografía de suelos a las más diversas escalas. El resultado de esta suma de intenciones no ha sido muy satisfactorio puesto que España es el país de la Comunidad Europea con menor área cartografiada, un 10% a escalas comprendidas entre 1:20.000 y 1:50.000 y un 20% en escalas entre 1:200.000 y 1:300.000. Algunos especialistas opinan que el motivo principal de esta situación es la falta de un Organismo que haya ejercido la competencia en materia de cartografía de suelos. El propósito de este tipo de cartografía no se queda obviamente en la delimitación areal de los tipos de suelos sino que suministraría información de gran utilidad en agricultura, medio ambiente, ordenación del territorio, ingeniería civil, etc.

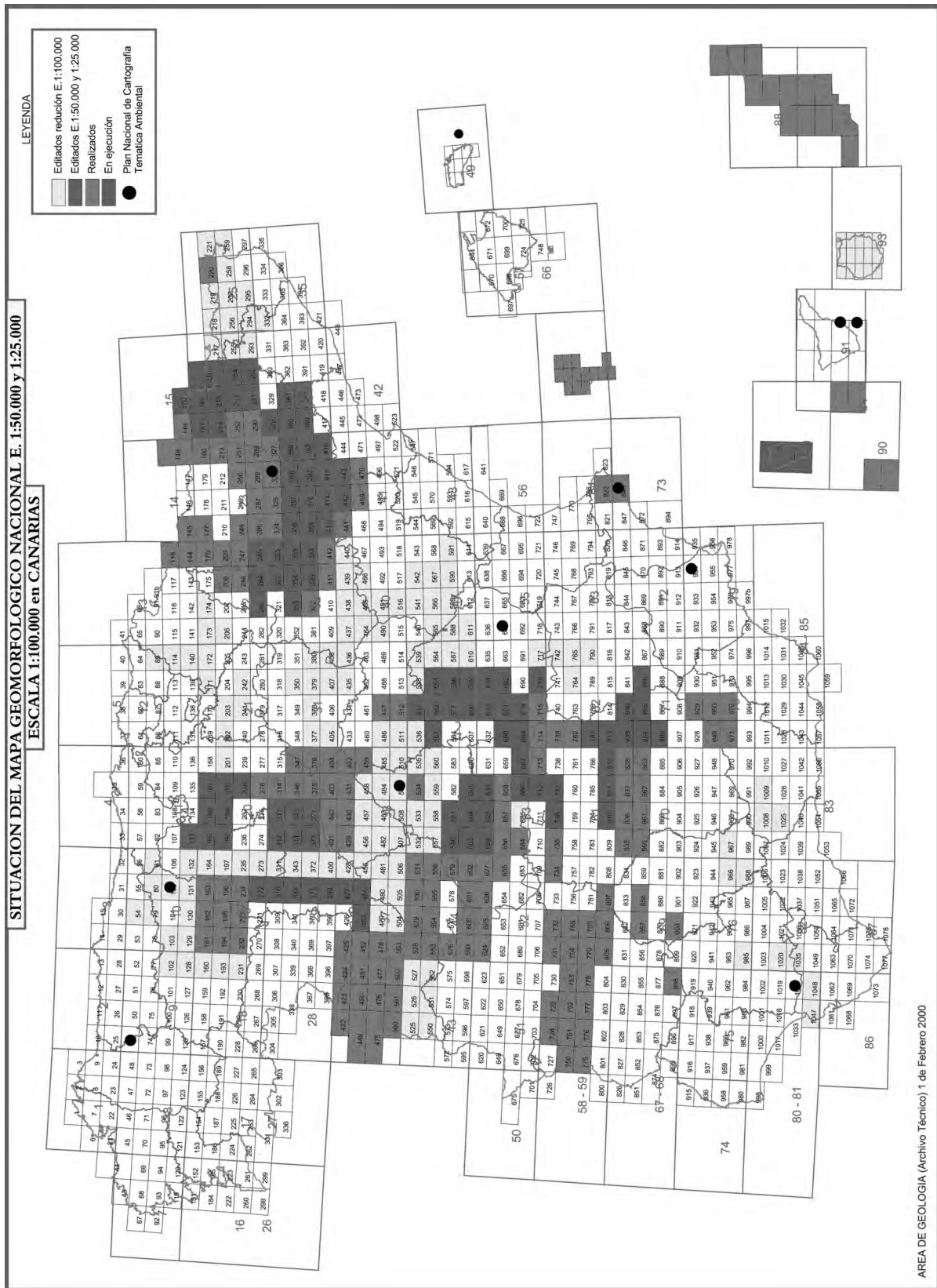
Por lo dicho anteriormente, la conveniencia de desarrollar continuamente el *Mapa Geomorfológico* a escalas de cierto detalle, parece obvia, y en ese sentido apuntan la previsión futura. Sin embargo y a propósito de la inminente finalización del plan MAGNA es conveniente plantear alguna reflexión, sobre su contenido, sobre el área a cubrir o incluso sobre su escala.

El desarrollo sistemático de la cartografía geomorfológica de los últimos diez años es parejo a la realización de las últimas hojas del plan MAGNA pues se están realizando y editando conjuntamente. Al término del mismo habrá mapas geomorfológicos editados en ese formato. Anteriormente otros se publicaron en esquemas monocolors y a escala 1:100.000. Pero si se quiere completar todo el país aún quedan 711

hojas [Fig.7]. Ante esta situación existen varias alternativas.

En principio, la revisión de las hojas geológicas que se pretende abordar puede ir acompañada de la realización de su correspondiente mapa geomorfológico. Esa decisión supondría continuar con la idea de realizar un documento acompañante, complementario y dependiente del mapa geológico, de gran utilidad para el investigador y especialista pero inapropiado por su complejidad para otros profesionales menos expertos. En este sentido, la paralización del PNCTA y el interés reciente de algunas Comunidades Autónomas de llevar a cabo planes de cartografía geomorfológica en su territorio a escalas 1:25.000 ó 1:50.000, podría plantear una vía diferente que es la de decidir su edición independientemente de la del Mapa Geológico. Esta decisión conllevaría cambios en el diseño de mapa en el sentido de lograr mayor sencillez y aplicación, sin que para ello tuviera que perder esa base rigurosa, científica y técnica del mapa actual. Porque es difícil lograr la claridad y sencillez pretendida sin partir de un conocimiento profundo. Por eso hay que partir de un aprovechamiento íntegro de la información contenida en el mapa convencional, representada, sobre todo por símbolos lineales, y además arbitrar un procedimiento para conseguir simplificarlo mediante una representación areal. Este procedimiento es el utilizado para el diseño del Mapa Geomorfológico del PNCTA, por lo que sería sumamente interesante aprovechar esa metodología, pero procurando no olvidar el objetivo fundamental del Mapa que se pretende hacer. Muchas veces la forma de realizar un mapa temático se arbitra en función del uso que se va a hacer de ella, pero en este caso lo que se pretende es que su uso sea muy variado.

El contenido debe ser muy general y al mismo tiempo muy completo, y ese aspecto lo cubre perfectamente el mapa que se realiza actualmente. Sin embargo para su aprovechamiento práctico dicho mapa necesita la adición de otros datos nada o insuficientemente considerados en él, y también un procedimiento de sintetización que lo haga más inteligible. En este sentido la propuesta sería sumar al mapa base las siguientes actividades:



AREA DE GEOLOGIA (Archivo Técnico) 1 de Febrero 2000

Fig. 7: Estado actual de la Cartografía Geomorfológica a grandes escalas

- incidir en el aspecto descriptivo de las formaciones superficiales, caracterizándolas adecuadamente.
- estudiar minuciosamente los procesos activos, situándolos en un mapa independiente [Mapa de Procesos Activos].
- sintetizar toda la información cartográfica en único mapa definido por unidades areales con unas ciertas características homogéneas [Mapa de Unidades Geomorfológicas Homogéneas]. La conveniencia de este mapa es más controvertida puesto que existen opiniones que creen que esa síntesis debe realizarse ya enfocada a una finalidad determinada.
- por supuesto, adecuar un procedimiento informático apropiado para su archivo y su manipulación.

AGRADECIMIENTOS

A Ángel García Cortés, Roberto Rodríguez Fernández y Francisco Nozal su contribución a la mejora del original

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARSCHE, D. y LIDTKE, H., (1985). Geomorphological Mapping in the Federal Republic of Germany. *Berliner Geogr. Abh.* 39, 1-89, Berlín.

CHIARINI, E., D'OREFICE, M.; GRACCOTTI, R., LA POSTA, E., ONDRATI, G y PAPASODARO, F. (1994). Cartografía geomorfológica: due metodi a confronto. *Bolletino del Servizio Geológico d'Italia*, 91, 163-178.

CNRS (1970). Leyende pour la carte geomorphologique de la France 1:50.000.

FERNÁNDEZ-GIANOTTI, J. (1987). Informe sobre las características técnicas y de edición de las hojas geológicas del Plan MAGNA. Informe inédito. 59 pp. Dirección de Geología y Técnicas Básicas. ITGE.

GARCÍA CORTÉS (In lit.). La Cartografía Geológica y Geotemática del ITGE, una experiencia sesquicentenario con vigencia actual y vocación de futuro. En *150 años del ITGE: estudio e investigación en Ciencias de la Tierra*. Publicación especial ITGE.

GOY, J. L., PÉREZ GONZÁLEZ, A. PORTERO, J. M. y ZAZO, C. (1980). Aportaciones para un modelo de Mapa de Formaciones Superficiales en España. *1ª Reunión Nacional*

sobre Geología Ambiental y Ordenación del Territorio (Santander). Comunicaciones, 1, 111-131.

ITGE (1991). Normas MAGNA. Inédito. Dirección de Geología y Técnicas Básicas. 87 pp.

ITGE (1996a). Norma Técnica para la elaboración del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental. Cartografía Geomorfológica a escala 1:50.000. Inédito. 64 pp.

ITGE (1996b). Norma Técnica para la elaboración del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental. Cartografía Litológica a escala 1:50.000. Inédito. 32 pp.

ITGE (1996c). Norma Técnica para la elaboración del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental. Cartografía de Suelos a escala 1:50.000. Inédito. 26 pp.

MARTÍN-SERRANO, A. (1996). El Mapa Geomorfológico como Cartografía infraestructural y su aplicación más reciente: el Medio Ambiente. *1er Curso Iberoamericano sobre infraestructura geológica y desarrollo sostenible*, ITGE, 39 pp.

MEIJERINK, A. M. J. (1988). Data acquisition and data capture through terrain mapping units. *ITC Journal*, 1988-1, 23-44.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1996). Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental. Análisis y Desarrollo. Informe interno, 87 pp.

MURPHY, R. E. (1967). A spatial classification of Land Forms based in both genetic and empirical factors. *A revision. Annals. Association of American Geographers*, 57 (1), 185-186.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L. R. (1991). Las cartografías temáticas producidas por el Instituto Tecnológico Geominero de España. *IV Jornada Técnica Temática de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección*. Madrid. Junio 1991.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L. R. (1992). Las cartografías temáticas producidas por el Instituto Tecnológico Geominero de España: La Cartografía MAGNA y otras cartografías geológicas derivadas. *MAPPIN*, 3, 70-80.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L. R. (1996): Los mapas geológicos y temáticos producidos por el ITGE: usos y aplicaciones. *1er Curso Iberoamericano sobre Infraestructura Geológica y Desarrollo Sostenible*, 11 pp.

SALAZAR, A. y MARTÍN-SERRANO, A. (1998). La Cartografía Geomorfológica en el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental: Metodología. *Investigaciones Recientes de la Geomorfología Española*. A. Gómez Ortiz y F. Salvador Franch (eds.). 669-676. Barcelona.

TRICART, J. (1971). Normes pour l'établissement de la carte géomorphologique détaillée de la France (1:200.000, 1:25.000, 1:50.000). *Memories et Documents*, 12, 36-119.

VERSTAPPEN, H. T. y VAN ZUIDAM, R. A. (1991). The ITC System of Geomorphologic Survey. *ITC Publication*, 10, 89 pp.