

Método de trabajo para la formación y el diseño de mapas geomorfológicos

Miguel HERRERO MATÍAS

1. INTRODUCCIÓN

El mapa geomorfológico puede definirse como un mapa temático, que proporciona un inventario explicativo del relieve, debidamente espacializado. Su contenido, debe ser referenciable sobre el terreno.

Como proyecto cartográfico, ha de realizarse dentro del marco de unas normas generales, que definan previamente los contenidos del mapa y desarrollen los signos y elementos cartográficos necesarios para su percepción gráfica. En este sentido, al acometer la formación de un mapa de este tipo, es preciso decidir sobre el método que se quiere aplicar, es decir, sobre qué normas y con qué metodología se ha de realizar (vid. M. G. Garzón Héyd, 1978).

Para este trabajo, una vez conocidos y comparados los sistemas de cartografía geomorfológica más importantes (H. J. Van Dorsser y A. I. Salomé, 1973), se ha optado por el método del Centro de Geografía Aplicada de Estrasburgo desarrollado por J. Tricart y su escuela y utilizado para la realización del Mapa Geomorfológico de Francia a escala 1:50.000, teniendo en cuenta su riqueza y flexibilidad semiológica, su favorable adecuación a las condiciones de nuestro territorio y la accesibilidad de sus directrices y leyenda traducidas al castellano (Tricart, 1976).

Este método, en primer lugar, utiliza un lenguaje geomorfológico unificado, consensuado y de síntesis, con el que pueden definirse unidades homogéneas con valores numéricos. Esta información, formulada con una determinada estructura codificada, permite su explotación de forma cuantitativa y generalizable. En segundo lugar, todas las unidades geomorfológicas reconocidas, desde una región estructural hasta una microforma, pueden y deben definirse por los elementos establecidos por el propio método. Y en tercer lugar, tanto la morfología de las unida-

des como los elementos que las definen, han de poder ser cartografiadas. La selección y generalización de las formas del relieve, ha de hacerse en función de la resolución de la escala utilizada; y en cualquier caso, el recubrimiento espacial se efectuará sobre todo el campo del mapa.

La definición de unidades por sus elementos geomorfológicos y el diseño de las mismas para su expresión gráfica constituyen los dos objetivos básicos en la formación del mapa.

Los elementos establecidos por el método para definir una unidad geomorfológica cualquiera, con representación cartográfica, se estructuran en cinco apartados o términos (Tricart, 1971; Serrat, 1976):

a) Localización en el espacio.—Toda unidad cartografiada tiene que ser localizada en el mapa por los valores de sus coordenadas.

b) El contexto estructural.—Toda unidad queda definida por el tipo de Región estructural a la que pertenece. Considerada su región, dentro de las cinco que contempla el método, se completa la definición por su litología, por el grado de cohesión de la roca, por la resistencia mecánica de sus materiales ante la erosión y por la tectónica que la haya afectado.

c) El contexto morfogenético.—Hay que definir en las formaciones superficiales y en las formas del relieve los tipos de acciones dinámicas o los dominios morfoclimáticos, bajo cuyos agentes se han desencadenado los procesos morfogenéticos que han generado el relieve. Se completa la información con la edad de las formas. El método permite tres secuencias cronológicas dentro de cada sistema morfogenético. Ello permite distinguir generaciones de formas sucesivas y asociarlas básicamente a períodos de clima diferente.

d) Formaciones superficiales.—Los depósitos de todo tipo quedan definidos por los siguientes caracteres: Por el origen del material y por los procesos de preparación; por su granulometría, tipos y matriz; y por la proporción y composición mineralógica de ésta; por su consolidación, el tipo de ésta y la naturaleza del cemento que la compacta; y por el espesor y la formación subyacente.

e) Las formas del terreno.—Se estructuran en dos apartados teniendo en cuenta su origen endógeno o exógeno y para su definición gráfica, quedan asociadas a su contexto: Las endógenas, al estructural y las exógenas, al sistema morfogenético bajo cuyos agentes se ha generado. El método permite también diferenciar varios estados dentro de una misma forma, considerando eventuales microformas superpuestas, la situación o el grado de actividad actual de los procesos de modelado de que deriva.

El diseño cartográfico, se obtiene con la combinación adecuada de la simbología gráfica y del color, desde la acepción geomorfológica que les concede el contenido del propio método.

De este modo, a cada uno de los elementos geomorfológicos y a cada forma, les corresponde un signo concreto o una combinación determi-

nada de ellos; expresados en los colores correspondientes según el tipo de región estructural, el carácter predominantemente endógeno o exógeno del relieve, el sistema morfogenético y la edad del modelado.

El método de trabajo que se presenta, es un desarrollo a nivel práctico de este sistema y se basa en la experiencia adquirida en la formación del mapa geomorfológico de Toledo-Sonseca, realizado a escala 1:50.000, como ensayo de aplicación del mismo a la Región Central de España (Herrero, 1986). No se trata en él de proponer nada nuevo desde el punto de vista del planteamiento y de la leyenda, sino de señalar los pasos más adecuados en la práctica para sacar el máximo provecho al sistema de Tricart.

2. RECOGIDA DE INFORMACION Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

2.1. *Fotointerpretación*

Definido el espacio geográfico objeto de la cartografía, se parte de un vuelo aerofotogramétrico que cubra toda la zona. El vuelo nacional del IGN a escala 1:30.000, es recomendable para levantamientos a escalas entre 1:20.000 y 1:50.000, que son para las que está diseñado el método. Se precisa el recubrimiento estereoscópico de toda el área, disponiendo de una colección de fotogramas y otra de diapositivas.

Sobre las hojas correspondientes del MTN a escala 1:50.000, se traza un gráfico del vuelo, situando los fotogramas por pasadas, identificados por su número y marcando las zonas de recubrimiento estereoscópico de cada uno de los modelos.

La fase de fotointerpretación se realiza explorando todos los modelos, dibujando directamente sobre los fotogramas con lápiz grueso. Consiste en la interpretación a través de una técnica fotogeológica de las regiones estructurales; de los accidentes tectónicos y sus direcciones; de las formas estructurales, estratos, buzamiento, etc., de los contactos entre regiones y áreas litológicamente distintas; los límites de las formaciones superficiales; las rupturas abruptas de pendiente y los escalones topográficos; los afloramientos de materiales masivos, y la red hidrográfica. Se trata, en resumen, de realizar el barrido del bloque de información estructural.

Esta información, identificada sobre los fotogramas, ha de trasvasarse a una base topográfica. Para evitar distorsiones visuales con elementos no estrictamente del medio físico, se utiliza una base topográfica que contiene exclusivamente, la hidrografía y la altimetría; esta selección previene al realizador del trabajo de posibles distorsiones y vicios a la hora de asociar elementos de obra humana con elementos naturales.

La técnica a utilizar en el trasvase es de aproximación, y resulta ciertamente complicada, por cuanto supone el paso de una información en

proyección cónica (en los fotogramas), a un plano, en proyección ortogonal. Para el trazado se hace preciso apoyarse en referencias sobre la red hidrográfica y criterios de orientación sobre la altimetría. Este proceso permite obtener una primera minuta de aproximación, que, a pesar de su compleja información, resulta fácil de visualizar, porque se dispone ya de una correcta especialización de los elementos estructurales que permite identificar, desde los grandes conjuntos hasta los pequeños afloramientos, asociados a sus parámetros topográficos: Pendiente, altitud, orientación, etc. Además permite planificar adecuadamente el trabajo de campo.

En esta primera minuta se señalan todos los puntos dudosos o conflictivos, procedentes de la fotointerpretación: Zonas no identificadas, contactos imprecisos, etc., y en general se anotan todas las observaciones que han de ser resueltas en la fase de trabajo de campo.

La planificación del trabajo de campo, se realiza sobre el mapa topográfico que contiene el gráfico del vuelo. En él, se sitúan los puntos objeto de observación, tendientes a resolver por una parte, los problemas detectados en la fase anterior y por otra, todos aquellos que sean necesarios para la percepción de los elementos morfológicos que definan las distintas unidades cartografiadas. En función de la red de puntos de observación, sobre el mismo gráfico, se trazan los itinerarios de reconocimiento del territorio.

2.2. Observación de campo y toma de datos

Esta fase es la que proporciona la información fundamental de contenido geomorfológico. Obviamente viene condicionada por los parámetros y por los elementos de definición que proporciona el método elegido. La rigurosa aplicación de éste, es la que dará como resultado, una cartografía homogénea y coherente.

El trabajo de observación de campo se realiza sistemáticamente sobre todos los puntos previamente definidos. La amplia y compleja información que ha de obtenerse para la definición de todos los elementos de las unidades geomorfológicas, necesita de una metodología precisa que sea aplicada con rigor en cada una de las observaciones. El tipo de datos a registrar, requiere que se realice en dos fases: Una, directamente en campo, como es la situación, la orientación, la pendiente, relación con su contexto, etc., y todos aquellos elementos descriptivos que se precisen; la otra, lleva consigo el estudio in situ de materiales, litología, estructura, etc., y la obtención del suficiente material de muestra para completar en el laboratorio los análisis granulométricos, sedimentológicos, químicos, etc. que sean necesarios.

Es importante recordar que toda la información obtenida en campo (teniendo como objetivo la formación del mapa) gira en torno a la elabo-

ración de los índices y parámetros que definen elementos constitutivos y definatorios de unidades cartografiables en aplicación del propio método. Es decir, la información que se extraiga tiene que ser coherente con las normas del método y en función de su aplicación concreta a la cartografía.

No hay que olvidar nunca que el objetivo es obtener exclusivamente aquellos datos que sean necesarios y precisos para el mapa, evitando el exceso de información y la repetición de datos superfluos. En esta línea de actuación, la recogida final de los datos, se realiza mediante unas fichas que suscitan toda la información necesaria, manteniendo la estructura codificada del método. Se han diseñado dos tipos de ficha, la primera es utilizable en la formación de la base estructural y la segunda para la definición de las formas del relieve.

Ha de redactarse una ficha por cada unidad de relieve. Esto requiere que al menos cada unidad tipo, esté definida por los elementos obtenidos en el tratamiento de los datos de una observación de campo. Esta información de las unidades tipo, se extrapola a todas sus homogéneas.

A cada unidad se le asigna un número de identificación, formado por dos dígitos: El primero corresponde al genérico de la región estructural, y el segundo al de la unidad referenciada. En el mapa se localiza por sus coordenadas. Cuando la unidad es puntual o lineal su localización es precisa; pero si se refiere a una forma o formación superficial extensa, ésta queda referida a un centroide o en todo caso a un punto donde se haya realizado la observación. La base topográfica del mapa y la cuadrícula de coordenadas deben estar referidas en el mismo sistema de representación cartográfica.

El trabajo de observación sistemático sobre todos los puntos previamente establecidos, y su control en la minuta, evita repeticiones y permite extrapolar los datos a sus homogéneos sincrónicamente.

Las fichas diseñadas se ajustan a la estructura codificada del método, introduciéndose los datos, a través de un sistema de doble entrada. Por el eje de ordenadas se introducen los números que corresponden a los diferentes términos, y por el eje de abscisas los correspondientes a las casillas. La ficha que ha de utilizarse para la base estructural (figura número 1) incluye los términos siguientes: 1 «localización»; 2 «contexto estructural»; y 4 «formaciones superficiales». La que ha de utilizarse para las formas del terreno, incluye nuevamente el término 1; el 3 «sistema morfogénico»; y el 5 referente a las «formas del terreno».

ESTRUCTURAL												
TÍTULO	UNIDAD	CÓDIGO	ESCALA	FECHA	FICHA N.º 16							
TOLEDO - SONSECA	4.3	21 BC 1/5 30F	1:50.000	MAYO 1985								
1 DENOMINACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 11 12		
1 LOCALIZACIÓN	4 1 5 1 1 4 1 2 1 0 5 2 19 ESCALON NORTE DE LA RAMPA CRISTALINA AL TIPO MAX. PENDIENTE SUPERFICIE ALTERNANCIA DE AFLORAMIENTOS Y SUP DE ALTERACIÓN ALT. TUD. MIN. ALT. MEDIA KM².											
2 CONTEXTO ESTRUCTURAL	A RESINA FERRUGINA 1. Mica 2. Carbono 3. Carbono de precipitado 4. Desecho 5. Desecho 6. Desecho		B C. CIMATITAS Cristobalita y Magnetita Magnetita Mica Mica intermedia		C SECTORES MECANICA 1. No coherente 2. Muy frías 3. Muy resistentes 4. Resiste normal 5. Mica		C MECANICA 1. Tubería 1.5" - 5" 2. Varral 2.5" - 10" 3. Normal 1.5" - 5" 4. Inestable 1.5" - 5" 5. Tubería 1.5" - 5"		FALLA NORMAL MACENTA 70% MACENTA 15% MACENTA MASA BERMEJON MASA			
4 FORMACIONES SUPERFICIALES	A ORIGEN DEL MATERIAL Y TIPO DE PREFRAC 1. Turba 2. Arenoso 3. Arcilloso 4. Arcilloso 5. Arcilloso 6. Arcilloso		B GRANULOMETRICO 1. Dicores 2. Coques 3. Marga < 20% 4. Lujos 5. Arcillas		C COMPOSICION DE LA MATRIZ 1. Marga 2. Arcilla 3. Arcilla 4. Arcilla 5. Arcilla 6. Arcilla		C TIPO DE CONSOLIDACION 1. No consolidado 2. Consolidado 3. Consolidado 4. Consolidado 5. Consolidado		C NATURALEZA DEL CEMENTO 1. Calceño 2. Furguoso 3. Resaca 4. Siliceo 5. Sulfato de cemento		ESPESOR 1 < 0,25 m 2 0,25 - 0,75 m 3 > 0,75 m 4 EVENTUAL FORMACION SUBYACENTE 1 Material arcilloso 2 Material arcilloso 3 Material arcilloso 4 Material arcilloso	
OBSERVACIONES REALIZADA Y SUPERFICIE DE FALLA EN LAS FORMAS GARANTIZADA Y VALLEJOS, QUE SELECCIONAN EL CONJUNTO DINAMICA DE LA VERTICAL, TIENDAS COMO, ETC. FONDOS DE VALLE PLANO Y ABRANZAMIENTO TIPO DE ARROZAR, SISTEMAS MONTAGÑESES.												
ESTRUCTURAL										AUTOR HERRERO		

FIGURA 1

El código que identifica a cada unidad, se forma poniendo el dígito del término correspondiente, seguido de los números y letras que definen los elementos de esa unidad, siguiendo el orden de las casillas.

Realizada la observación y determinados los datos de laboratorio, ya sean sedimentológicos, granulométricos, litológicos, etc., se procede a contestar sobre la ficha los datos que nos solicita. En ella están incluidos todos los elementos comprendidos en el método aplicado, con su identificación digital codificada y su correspondiente denominación literal. Este diseño permite trabajar con gran comodidad, ya que se sabe en todo momento qué elementos están contenidos en cada dígito; además de identificar los datos con facilidad iluminando de color el número deseado.

Siguiendo el ejemplo de la ficha reproducida en la figura número 1, podemos realizar una somera descripción de cómo utilizarla. La información marginal consta: Del título del mapa; el número de la unidad, (cuando es necesario precisar alguna subunidad, se completa añadiendo una letra); el código, que incorpora toda la estructura codificada; la escala a la que se realiza la cartografía; la fecha de la observación; el número correspondiente a la ficha y el nombre del autor.

La información geomorfológica se inicia con el término 1 «localización», quedando registradas las coordenadas rectangulares del punto observado o del centroide correspondiente. Los valores de la x se registran en las casillas 1 a 4; los de la y, de la casilla 5 a la 9. En las casillas 10 a 12 se registra la altitud.

Continuando con el término 2 «contexto estructural», se procede sobre la ficha, iluminando de color el número correspondiente de la casilla 1, que es la que define el tipo de región estructural. En este caso concreto se refiere a una unidad de macizo antiguo, (según la terminología del método). En las casillas 2 y 3 se registra la litología, por medio de las correspondientes letras. Se señalan en el cuadro diseñado al efecto, dentro de la clase que le corresponda.

Siguiendo el ejemplo, se trata de una litología de rocas cristalinas afectadas por un proceso de metamorfismo profundo. Se completa la información litológica, consignando en la casilla 4, el grado de resistencia mecánica. La unidad considerada ha sido afectada por la tectónica alpina y forma un salto de falla normal.

En el término 4, la unidad 4.3 considerada, tiene una formación superficial in situ, quedando registrados sus elementos definitorios.

El dígito iluminado en la casilla 1 corresponde al origen del material, que en este caso ha sido generado por procesos de arenización por alteración; la granulometría registra arenas en una proporción superior al 75 por 100 y una pequeña proporción de arcillas. Todos estos elementos, quedan registrados debidamente en sus correspondientes casillas. La ausencia de consolidación y por ello la falta de cemento se iluminan en la ficha con valor cero en las casillas 5 y 6. El espesor de la formación es superior, por lo general, a 0,75 mm y no se ha encontrado material subyacente a la base de la misma, (casillas 7 y 8). Como información complementaria se ha reservado un espacio para las observaciones que se estimen convenientes: Una mejor relación con las unidades de su contexto; una matización sobre cualquier parámetro considerado, etc. Es importante, por ejemplo, evaluar la superficie de la unidad, su orientación, altitud, posición relativa, etc., así como sugerencias para la fase de diseño.

Terminado el proceso de observación de campo, extraídos convenientemente los datos procedentes de los trabajos de laboratorio y vertida toda la información sobre las correspondientes fichas, se dispone ya de la infraestructura básica del mapa.

Antes de pasar a la siguiente fase, es preciso completar en la minuta de aproximación, todos los puntos que quedaron dudosos con la fotointerpretación, puesto que después de esta fase de toma de datos, se dispone de la información necesaria para ello. Esta minuta servirá de guía de identificación para la formación del original del mapa.

3. FORMACIÓN DEL MAPA

3.1. *Restitución fotogramétrica*

Se ha dicho ya, que la cartografía geomorfológica tiene una dimensión espacial referenciable sobre el terreno. El mapa geomorfológico debe formarse sobre una base topográfica y la información deberá ser rigurosamente vertida sobre esa base.

La minuta elaborada en la fase anterior, corresponde a una información definida con rigor, pero el trazado gráfico está realizado con técnicas de aproximación. Es decir, se han definido según el método las unidades a cartografiar, pero su situación en el mapa no es rigurosa. Es preciso, en este punto, utilizar la técnica adecuada que permita trasvasar la información de los fotogramas y la minuta sobre la base del mapa topográfico. Este problema se resuelve con precisión mediante el uso de la fotogrametría.

Las características de la información y la relación de escala entre el vuelo y el mapa permiten utilizar un proceso fotogramétrico relativamente sencillo. La base geométrica del proceso —la geodesia, el sistema de representación cartográfica, las coordenadas planas, la referencia de altitudes y la base para la escala— se obtienen directamente del Mapa Topográfico Nacional.

Volviendo al gráfico de vuelo, sobre la misma base, se reseñan los vértices geodésicos que han sido identificados previamente en los fotogramas, creándose una red de puntos de los que conocemos sus coordenadas, dentro de la proyección utilizada y su situación gráfica en el mapa. Asimismo, el gráfico nos muestra con claridad, los vértices que quedan incluidos en cada modelo.

El sistema de apoyo para el ajuste de los pares estereoscópicos se realiza por aerotriangulación. Partiendo de tres vértices geodésicos, incluidos en un modelo, se fija la relación de escala del mismo, se calcula la base y se refieren las altitudes a la red de nivelación nacional. El proceso se realiza por pasadas, dando una densidad de cuatro puntos de apoyo para cada modelo. La red de puntos queda registrada por sus coordenadas instrumentales, y fijada gráficamente sobre la base del mapa topográfico, que se utiliza para el ajuste en todo el proceso de restitución. Este sistema permite un gran ahorro de tiempo y de medios, resolviéndose totalmente en gabinete. La salida gráfica de la restitución se realiza a la escala del mapa. Este documento trazado fotogramétricamente, es el original cartográfico de la base estructural y de las formaciones superficiales. El proceso de restitución propiamente dicho, se realiza mediante la consulta constante por parte del operador de los fotogramas con la información retintada en la fase de fotointerpretación y la minuta elaborada como primera aproximación. Los elementos a restituir son los dibujados en la minuta previa:

a) Red hidrográfica.—Se restituyen todas los cursos de agua y todas las incisiones producidas en el terreno por escorrentía encauzada y laminar, fuentes y zonas inundables, áreas mal drenadas, cauces abandonados, etc. En general se trata de una interpretación de los elementos hidrográficos desde el punto de vista geomorfológico. Esta red sustituye a la hidrografía aportada por el mapa topográfico.

b) Información estructural.—Han de restituirse los contactos litológicos, los límites de las formaciones superficiales, los relieves estructurales, las rupturas de pendiente y escalones topográficos, los afloramientos de rocas masivas, sea cual sea su litología, y los impactos morfológicos derivados de acciones antrópicas.

La salida gráfica se realiza sobre un soporte cartográfico poliéster ajustado a la base topográfica que tiene registrada la red de puntos de apoyo. De este modo actúa de superponible sobre la base topográfica, permitiendo ser observado como un sólo mapa, pero teniendo toda la información temática en un original exento de la topografía, lo que facilita enormemente su lectura y las fases de acabado y diseño posteriores. Los distintos elementos trazados, se restituyen en diferentes colores, de forma que su lectura se hace fácilmente.

3.2. *Cartografía de afloramientos y formaciones superficiales*

Terminada la restitución, en el soporte conseguido, se procede a la carga de la información geomorfológica procedente de las fichas con el siguiente orden:

a) El contraste de la información restituida, con el resto de la dibujada en las fases anteriores.

b) La identificación de todas y cada una de las unidades cartografiadas, (desde la región estructural hasta los afloramientos aislados de rocas masivas), asignándolas el número de unidad que les corresponda según las fichas.

c) La interpretación de los accidentes tectónicos y de las formas estructurales dibujando sobre el original cartográfico los signos correspondientes de acuerdo con la leyenda.

d) La definición del tipo de contacto, concordante o discordante, de todos los límites de región y de las formaciones superficiales, incluidos glaciares, coluviones, etc., aplicando el signo que le corresponda en la leyenda.

e) La interpretación de los distintos niveles de terrazas fluviales, que hayan de cartografiarse, con indicación de la nomenclatura T_1 , T_2 , etc., correspondiente, según la información de las fichas; y el dibujo de las distintas morfologías de sus bordes aplicando la semiología del método.

Concluido este proceso, el original cartográfico contiene ya la información básica del mapa.

3.3. *Cartografía de las formas del relieve*

Se trata de la definición y representación gráfica de las formas concretas, morfoesculturas, microformas, etc. del relieve, cartografiando el signo correspondiente del método en el color que le corresponda, en función de los agentes morfogenéticos que las hayan generado.

El método de trabajo se apoya en dos documentos básicos:

a) Las fichas de formas, diseñadas con la estructura codificada del método.

b) Una copia en papel opaco del original cartográfico con la base estructural.

La información necesaria para definir cualquier forma del terreno, su edad y el sistema morfogenético, está diseñada en las fichas denominadas «formas» (figura número 2). Su estructura es igual a las fichas de información estructural, permitiendo su codificación. No obstante, el término 5, por el que se definen las formas, está diseñado de manera que no contiene todos los parámetros fijos que definen el tipo de forma (como ocurre en la ficha estructural), sino que hay que poner la información necesaria partiendo del propio método. Obviamente se ha diseñado así porque no es posible sintetizar los parámetros de las más de trescientas formas distintas que contempla el método. La modalidad de respuesta para el término 5 se realiza en primer lugar, atendiendo al carácter de la génesis de la forma, exógeno o endógeno. Esta primera definición puede reducir considerablemente la búsqueda de información, ya que si su génesis es endógena las formas resultantes son menos de cincuenta y todas ellas asociadas al contexto estructural. En el caso de que la forma sea poligénica, se inicia la búsqueda con las letras A (endógenas) en el apartado superior del término 5 y con B (exógenas), en el inferior. Cuando la génesis está bien definida por uno de los apartados, lógicamente se sigue la búsqueda por el A o el B respectivamente.

En segundo lugar, si la génesis es de carácter endógeno, se define por el apartado correspondiente dentro de los cuatro que contempla el método: Volcanismo, tectónica, etc., ocupando las casillas 1, 2 y 3 horizontalmente, inmediatamente debajo de la leyenda «tipo de forma». Cuando la génesis es de carácter exógeno, se opera de la misma manera pero definiendo el apartado correspondiente de entre los nueve que contiene: Vertientes, acciones eólicas, fluviales, dominios morfoclimáticos, etcétera.

A continuación se define la forma, reseñando en la casilla correspondiente el número de código del método y escribiendo en el espacio inmediato de la casilla la nomenclatura de la forma. Pueden reseñarse en la misma ficha todas las formas asociadas que se identifiquen. El resto de la información complementaria, como microformas o el grado de actividad, etc., se indica en las casillas correspondientes.

la copia de la base estructural todas las formas en su precisa ubicación. En segundo lugar, existen formas características, como montes isla, etc., que pueden definirse y cartografiarse en gabinete con la información de la que se dispone en la base estructural. Y en tercer lugar el trabajo de campo de esta fase, consiste exclusivamente en la identificación de las formas; redactando una ficha por cada unidad tipo y situando en el mapa sus homogéneas.

Esta última fase resulta sencilla, dado que se trabaja con una base donde están cartografiados con precisión los afloramientos masivos, las rupturas de pendiente, las formas tectónicas netas, los bordes de terrazas fluviales, coluviones, superficies estructurales, etc., es decir, se trata de definir las morfoesculturas y de elegir los signos correspondientes. El trabajo concreto a realizar sobre la base estructural, puede hacerse con el dibujo del signo correspondiente, directamente; o situando un punto o el contorno de la forma (según se precise), con el número de unidad asignado a la forma tipo en su ficha.

4. DISEÑO CARTOGRÁFICO

La formación del mapa concluye con el diseño cartográfico, aplicando rigurosamente las posibilidades de expresión que ofrece el propio método.

En este sentido, conviene dar el tratamiento adecuado a cada uno de los campos del mapa:

4.1. *Campo interior del mapa*

a) Base topográfica.—Es el soporte geométrico del mapa. Es preciso utilizar bases topográficas oficiales, lo más actualizadas posibles. Se utilizarán los fotolitos originales de todos los colores a excepción del de masas de cultivo o usos del suelo y del de hidrografía, cuyo original se considera de información geomorfológica. Toda la base topográfica, constituye a efectos del proceso cartográfico, un solo color, que será neutro, (bistre o gris) para que actúe como soporte en el conjunto del mapa.

b) Información temática.—Es el mapa propiamente dicho. El diseño cartográfico del mapa geomorfológico, considerado en esta fase de formación como el dibujo a color unidad por unidad sobre toda la superficie del mapa, no cabe duda de que es una tarea difícil y de tiempo considerable. El sistema que se propone, simplifica de forma sustancial tan ardua tarea. Se trata en definitiva, de realizar un diseño que contempla al mapa como un producto final estampado litográficamente; para lo cual no es necesario confeccionar un mapa dibujado como un borrador,

sino una base cartográficamente correcta compuesta de dos documentos: La base estructural y la base de formas del terreno, juntamente con el diseño de las unidades tipo, traducidas al lenguaje cartográfico, susceptibles de ser interpretadas por el cartógrafo quien a su vez redactará el proceso de delineación cartográfica correspondiente. Por lo tanto, el diseño de cada unidad, sea de la base estructural o de las formas del terreno, se dibuja en las propias fichas, en el espacio reservado para ello. La mecánica del trabajo se realiza con lápices de colores, dibujando todos los elementos constitutivos de la unidad y dando las instrucciones cartográficas necesarias para ser interpretadas correctamente por el cartógrafo. Además se puede observar visualmente y a modo de experimentación la viabilidad en su forma de expresión, de cada una de las unidades.

En la ficha de la figura número 1, por ejemplo el diseño corresponde a la unidad estructural 4.3. Se trata de una región estructural de zócalo paleozoico, que presenta una morfología de glacis rocoso o pediment, labrado sobre migmatitas y que presenta formas aisladas en resalte, creando morfologías características sobre litología granítica como tors, piedras caballera, etc. Todos estos elementos que la constituyen, tienen su expresión cartográfica. Se procede al diseño, siguiendo el orden establecido en las fichas, empezando por el término número 2 y siguiendo el orden de las casillas. En el caso que nos ocupa, empezaremos por el tipo de región estructural; este primer dato nos indica un determinado color (concretamente el carmín), por lo tanto, todos los parámetros litológicos de esta unidad se diseñan en este color. Seguidamente elegiremos la trama de línea correspondiente a la litología, que se localiza en el método por la combinación de las dos letras que tenemos codificadas en las casillas 2 y 3. En el ejemplo que seguimos hay una variable en este punto muy importante y es que la litología aflora masivamente en unas áreas y cómo formación alterítica en su mayor parte; este problema se resuelve diseñando los afloramientos masivos con trama litológica en positivo y la formación alterítica en negativo sobre el fondo de color que indica el grado de cohesión. La segunda variable es el grado de cohesión de la roca. El método permite diferenciar cinco estados diferentes, asignando a cada uno, una trama de punto con distinta intensidad de tono. En nuestro caso, asignaremos una trama del 70 por 100 para los afloramientos masivos y del 15 por 100 para la formación alterítica.

Seguidamente se procede a interpretar los parámetros de la formación superficial, que encontramos en el término número 4 de la ficha. Se procede igualmente en el orden establecido por las casillas de la estructura codificada. Siguiendo el ejemplo, lo primero que detectamos será la potencia de la formación para incluir o excluir, según proceda su representación. El siguiente dato que interesa es el color que ha de llevar; este dato hay que definirlo por asociación con el contexto que ha generado sus materiales, por el tipo de acción o por el sistema morfogenético. El

método (ya se ha dicho) ha asignado un color diferente para cada uno de estos sistemas. En este caso corresponde a un color verde azulado, asociado al dominio morfoclimático «subtropical húmedo». Las tramas a emplear están definidas por dos tipos de elementos: Granulometría de la formación y el proceso que la ha generado. La granulometría corresponde a un depósito con gran proporción de arenas, por tanto, llevará una trama de punto grueso, bien definida en el método y para el proceso de alteración se intercalará en la misma retícula de las arenas (para no formar distorsión visual), una trama de cruz con separación de tres puntos e inclinación de 45° como corresponde al proceso de arenización por hidrólisis.

El último elemento a representar en este caso, son las morfoesculturas talladas sobre las rocas masivas. El color a elegir es el bermellón, como corresponde a las formas asociadas al contexto estructural. Se diseña como una sobrecarga, y se trata de una escultura granítica en forma de tors, localizada gráficamente sobre las áreas de coherencia máxima de la roca, expresada con un tono del 70 por 100.

El ejemplo seguido, no es obviamente el más complejo; pero sí es lo suficiente para comprender que la cartografía geomorfológica requiere un proceso de formación riguroso y bien disciplinado.

4.2. *Campo exterior del mapa*

Comprende toda la información complementaria y el formato del mapa. Su diseño y distribución (de no existir normalización expresa) se regirán por las peculiares condiciones estéticas de cada autor. No obstante, contendrá al menos los elementos siguientes: Título, el tipo de mapa, la información cartográfica (proyección, datum, cuadrícula, etc.), la escala, la equidistancia de las curvas de nivel y su referencia altimétrica, la propiedad de la base topográfica, la fecha de su publicación, el nombre del autor y la cartela explicativa de todos los elementos representados. Merece especial atención la redacción de la cartela, ya que ha de organizarse en función de los distintos niveles de información: Base topográfica, contexto estructural, acciones dinámicas, dominios morfoclimáticos, etcétera.

Toda la información literal, el formato y el marco, junto con los códigos y siglas del campo interior del mapa, constituyen el color negro de la estampación final, el resto de los colores quedarán diseñados dentro del proyecto de delineación cartográfica posterior a la fase de formación.

BIBLIOGRAFIA

- Garzón Heydt, M. G. (1965): *Metodología de la Cartografía Geomorfológica. Su interés científico y aplicado*. Inédito.
- Herrero Matías, M. (1986): *Ensayo de Aplicación a la Región Central de España del Método de Cartografía Geomorfológica de la Escuela de Estrasburgo: Zona Toledo-Sonseca*. Memoria de Licenciatura, inédita.
- Tricart, J. (1965): *Principes et méthodes de la Géomorphologie*, Paris, Masson.
- (1971): *Legende pour la carte géomorphologique de la France au 1:50.000*, «Mémoires et Documents». Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.
- (1976): *Leyenda para el Mapa Geomorfológico de Francia a 1:50.000*. (Traducción y adaptación de la obra de Tricart, 1971) por Serrat, D. Barcelona, Instituto Jaime Almera de Investigaciones Geológicas, CSIC.
- Van Dorsser, H. J. y Salome, A. I. (1973): *Different methods of Detailed Geomorphological Mapping (with coloured example)* «Geografisch Tijdschrift VII», Utrecht, Geografisch Institut der Rijksuniversiteit.
- Salome, A. I. y Van Dorsser, H. J. (1985): *Some reflections on geomorphological mapping systems*. Gebrüder Borntraeger. Berlín-Stuttgart.

RESUMEN

La realización de mapas geomorfológicos a gran escala ha de basarse en la aplicación estricta de las Normas y el Código de Signos de uno de los métodos elaborados para ello, entre los que se encuentra el creado por el Centro de Geografía Aplicada de Estrasburgo, y en el uso de unas técnicas rigurosas y adecuadas de recogida de información, de tratamiento de datos y de diseño cartográfico. En este artículo se propone un método de trabajo, en el que mediante la combinación de fotointerpretación, trabajo de campo, codificación en fichas, restitución fotogramétrica, dibujo de minutas y traducción gráfica, se aclaran y facilitan las labores de formación de mapas según el citado método, optimizando sus resultados.

RÉSUMÉ

La réalisation de cartes géomorphologiques à grande échelle doit se fonder sur l'application stricte des Règles et du Code de signes de l'une des méthodes créées à cette intention, dont celle conçue par le Centre de Géographie Appliquée de Strasbourg, et sur la mise en oeuvre de techniques de recueil d'information rigoureuses et appropriées, de traitement de données et de dessin cartographique. Le présent article propose une méthode de travail susceptible d'éclairer et de faciliter, par la combinaison de la photointerprétation, l'étude sur place, la codification sur fiches, la restitution photogrammétrique, le dessin de brouillons et la

traduction graphique, la tâche de l'élaboration des cartes selon la méthode susmentionnée, ce qui en optimalise les résultats.

ABSTRACT

The production of large scale geomorphological maps has to be based on the strict application of the Standards and Sign Code of one of the methods drawn up for this purpose, amongst which is the one created by the Strasburg Centre of Applied Geography, and on the use of suitable stringent techniques for information collection, data treatment, and cartographic design. In this article we propose a working method in which, through the combination of photogrammetric restitution, draft drawing and graphic translation, the tasks of map formation according to this method are lightened and facilitated, with the result that its results are optimum.