

Cartografía Ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización

Juan Javier GARCÍA-ABAD ALONSO*

Recibido: 15-XII-2001

Aceptado: 5-II-2002

RESUMEN

Al gran desarrollo tecnológico experimentado por la Cartografía en los últimas décadas, se une el avance científico y conceptual de los temas por ella tratados, especialmente los relacionados con la perspectiva ambiental. En este contexto, se revisan las vías que han llevado a la confección de mapas ambientales desde la Cartografía Temática, se puntualizan conceptos, se exponen los aspectos que deben ser considerados preliminarmente para su elaboración y, finalmente, se propone una sistematización de la denominada Cartografía Ambiental que sirva como referente epistemológico provisional en tanto se consolida como disciplina.

PALABRAS CLAVE: Cartografía Ambiental, Cartografía Temática, Medio Ambiente, Epistemología.

ABSTRACT

Besides the great technological development experienced by Cartography in the last decades, you must to bear in mind the scientific and conceptual advance of the subjects that deals with, particularly relating to the environmental paradigm. In this context, it reviews the ways followed from the Thematic Cartography to make up environmental maps, also it fixes some

* Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá.

concepts about, it exhibits the previous elaboration aspects to consider and, finally, it proposes a systematization of the Environmental Cartography so as to be used as provisional epistemological guide, while this matter strengthens.

KEY WORDS: Environmental Cartography, Thematic Cartography, Environment, Epistemology.

RESUMÉ

Au grand essor technologique subi par la Cartographie pendant les dernières décades, on ajoute l'avancement scientifique et conceptuel des thèmes traités par elle, surtout les relatifs à l'environnement. Dans ce contexte, on révisent les voies suivies par la Cartographie Thématique pour la confection de cartes de l'environnement, on précisent quelques concepts, on exposent les égards qui doivent être considérés préalablement pour son élaboration et, enfin, on propose une systématisation de la dénommée Cartographie de l'Environnement qu'il soit utile comme référence épistémologique provisoire tant qu'elle se consolide comme discipline.

MOTS CLÉS: Cartographie de l'Environnement, Cartographie Thématique, Environnement, Épistémologie.

1. INTRODUCCIÓN

La Cartografía Ambiental es, en realidad, tan antigua como la Cartografía Temática, ya que gran parte del contenido de ésta posee, directa o indirectamente, interés ambiental. De acuerdo al concepto de medio ambiente, a los ámbitos científicos implicados y a los aspectos en que se concreta su temática, sería bastante difícil desechar mapas con temas no involucrados en ella. Cuando se habla de este tipo de Cartografía, se está realmente discriminando poco respecto a lo que la Cartografía Temática representa, pues muy pocos temas son ajenos a lo ambiental, en última instancia.

Las inquietudes ambientales siempre han estado de alguna manera presentes en el ser humano, habiéndose expresado en algunos casos cartográficamente. Por ello, no extrañará encontrar mapas antiquísimos que puedan ser catalogados como de cierto o bastante interés ambiental. Si bien podría haber en ello un acuerdo relativo, sin embargo es también cierto que el espectro material de lo ambiental se acota substancialmente, cuando esta perspectiva

va adoptando su sentido más estricto y restringido; exigiendo, entonces, unos requisitos tan rigurosos como ineludibles.

Precisamente, en esta línea de especificidad se ha ido debatiendo la Cartografía Temática a lo largo de su evolución, lo cual implica nuevamente un proceso sucesivo de formación y de diversificación material. Este devenir ha ido siempre de la mano de los progresos científico y tecnológico de la civilización, pues cada descubrimiento e invención generaba a corto o medio plazo nuevas inquietudes y necesidades.

La realidad y la vida cotidiana se ha ido tejiendo como una red cada vez más amplia, interrelacionada y diversificada que ha llevado a un más alto grado de complejidad. De la misma manera, los mapas temáticos, por su vocación eminentemente utilitaria, se han hecho más complejos. Cuando el problema geométrico-matemático de los mapas (Geodesia, Topografía, Sistemas de Proyecciones) se hubo solucionado en lo fundamental, se facilitó una representación fiable cartométricamente. Este marco fue proclive para que surgieran nuevas preocupaciones en relación a otras utilidades que pudieran brindar los mapas. De este modo, se plantearon nuevos temas para su representación cartográfica que aparecieron por tres vías fundamentales:

- La vía de las puras aplicaciones prácticas.
- La vía de la investigación y especulación científicas.
- La vía informativa y educativa.

Quizás sea este el orden de prelación: la primera vía pragmática estimula la segunda y estas dos generan, después, la inquietud formativa de la sociedad. Aunque, realmente, este orden es difícil de determinar.

Por la vía pragmática, se llegaron a confeccionar mapas para reconocer el territorio soberano de los estados, para los ejércitos y la guerra, con otros se observaba el trazado de las vías de comunicación y centros de población de mayor interés económico y político, los mapas fluviales mostraban posibles alternativas para el transporte, así como las fuentes de abastecimiento de agua (necesidades primarias y riego), en los mapas de costas se representaban los puertos y fondeaderos.... Llegó, así, el momento en que importó conocer los recursos naturales, dando pie a la confección de mapas geológicos, de recursos mineros, de los bosques y de suelos, fundamentalmente; siendo común que estos mapas se editen ya como series cartográficas en el siglo xx. El discurrir del tiempo llevó a la concepción de mapas más sofisticados que no sólo representaban áreas homogéneas de recursos, sino que éstas se combinaban y aunaban en un solo mapa con objeto de proyectar sobre ellos determinadas actuaciones de interés (planificación regional, urbana, asignación de usos del suelo, ordenación del territorio, prevención de riesgos y un largo etcétera).

Así pues, las temáticas se hicieron, al mismo tiempo, tan específicas como complejas.

Por la vía científica, los mapas confeccionados se agruparon en dos tipos: los propios de la Geografía Física o Ciencias Naturales (geológicos, fisiográficos, geomorfológicos, edafológicos, biogeográficos, bioclimáticos...) y los de la Geografía Humana o Ciencias Sociales (históricos, demográficos, estructuras sociales, ocupación y uso del suelo, poblamiento humano, organización económica...). Pero, también, según se iban descubriendo nuevos conceptos sobre la realidad compleja a estudiar, las nuevas ideas desbordaban los límites estrictos establecidos por esos mapas sectoriales, pretendiendo representar entidades complejas e integradas que se iban concibiendo (poblaciones, biocenosis, asociaciones bióticas y edáficas, comunidades, unidades cronoestratigráficas, tectosedimentarias, ecosistemas, paisajes....., medio ambiente).

Por la vía formativa, los Atlas nacionales (SANZ, 1993), Atlas regionales (AA.VV., 1993; SANCHO 1993), Atlas temáticos y Atlas escolares (JOLY, 1979), sobre todo, son los vehículos de comunicación más utilizados. Su evolución temática ha respondido a las innovaciones surgidas de las vías anteriores.

De este modo, con el tiempo, se ha llegado a alcanzar tal nivel temático complejo que ha dado pie a postular la denominación de Cartografía Temática Ambiental o *Cartografía Ambiental*. En todo caso, se hace necesario concretar antes los diferentes mapas que puedan incluirse en este tipo de Cartografía. Entendemos, debe considerarse primero una acepción amplia de la *Cartografía Ambiental (s.l.)*. Los mapas ambientales *s.l.* abarcarían un muy amplio abanico, tal y como ilustran los libros de VÁZQUEZ (1980) y BICKMORE (1984), auspiciados por el *Joint Working Group on Environmental Atlases* del ICA (*Int. Cart. Association*). En la bibliografía inglesa, se reconoce que tales mapas están en un desarrollo creciente e innovador, pudiendo ser simples o complejos, con variables naturales o humanas. Se reconocen como mapas ambientales los de suelos, usos de la tierra, vegetación, calidad de las aguas, climáticos, geoquímicos, de contaminación atmosférica, etc (PARRY, 1989); mientras que los geológicos y geomorfológicos serían catalogados como mapas de la Ciencia de la Tierra (*Earth Science maps*), según muestra PRUETT (1989). En nuestra opinión, ambos tipos pueden considerarse como mapas ambientales *s.l.* Por otra parte, coincidimos con estos autores británicos en reconocer la existencia de unos mapas ambientales integrados (*Integrated environmental maps*), basados en que el espacio geográfico puede ser dividido en unidades diferentes caracterizadas por una particular integración de variables ambientales (PARRY, 1989). Éstos constituirían, pues, lo que denominaremos mapas ambientales en sentido estricto y que integrarían la Cartografía Ambiental *s.s.*

Llegados a este punto, es necesario partir de una definición preliminar de lo que se entiende por Cartografía Ambiental *s.s.* En base al concepto de medio ambiente, un *Mapa Ambiental* es aquel que representa el medio ambiente o aspectos del mismo a partir de una integración parcial y, en última instancia, total de variables correspondientes a los componentes que contiene, con la intención seguramente irrealizable de llegar a una representación que sea expresión lo más fidedigna posible de esa entidad global llamada medio ambiente. En último término, pues, pretendería dar una visión sinóptica, global y completa de un espacio geográfico, vertebrando sus elementos físicos y humanos en base a las interrelaciones que les ligan y a su funcionamiento armónico.

Evidentemente, una parte de esta definición es a todas luces maximalista, pues lleva aparejado un objetivo utópico; sin embargo, lo útil de esta concepción es que, de partida, no renuncia a lograr representaciones cartográficas con las cotas más altas posibles de complejidad. Además, ello no impide para, en ese intento, confeccionar mapas cada vez más perfeccionados que reflejen parcialmente lo mejor posible esa realidad compleja.

Así pues, lo que identifica este tipo de mapas es la integración y síntesis de componentes ambientales, aunque sea parcialmente (lo que denominaremos más adelante *Cartografía Ambiental Integrada*). Es por ello que los mapas que representan de manera separativa esos componentes puedan ser concebidos también como mapas ambientales, pero en sentido amplio (*Cartografía Ambiental Sectorial*). En consecuencia, éstos pueden ser tanto mapas analíticos como sintéticos, según el criterio dialéctico de la Cartografía Temática.

2. ASPECTOS PREVIOS PARA LA CONFECCIÓN DE MAPAS AMBIENTALES

En relación con esa integración, dos cuestiones intervienen preliminarmente en la realización de mapas ambientales: la teoría de la información y la sectorización.

2.1. TEORÍA DE LA INFORMACIÓN

Dada la complejidad del medio ambiente y la necesidad de manejar numerosas variables para ofrecer una visión comprensiva de su funcionamiento y dinámica, se requieren unas pautas que permitan controlar y extraer de todo el conjunto de datos disponibles una cantidad adecuada para posibilitar un entendimiento justo y apta, también, para hacer eficaz el conocimiento adquirido en la resolución de problemas.

Esta cuestión se suscitó por la necesidad de hacer operativo el acopio de mucha información relativa a la naturaleza en la investigación científica, siendo establecida esta teoría por Shannon a partir de 1948. No sólo abarca el tratamiento y procesamiento de datos para reducirlos y hacerlos más fácilmente asequibles, sino también la decisión sobre qué datos son los más significativos o relevantes para la explicación científica. Sólo entonces los datos alcanzan la cualidad de servir como *información*.

Esta teoría ha sido aplicada a múltiples ámbitos del conocimiento, sobre todo a la Ecología (MARGALEF, 1957), y se muestra muy útil en aquellas disciplinas que pretendan la integración de variables y la combinación sintética de información. Con el advenimiento de la tecnología informática, esta corriente de conocimiento ha adquirido nuevos bríos, permitiendo la implantación de Sistemas de Información Ambiental (DÍAZ PINEDA & NICOLÁS, 1987), dentro del ámbito de los Sistemas de Información. Su aplicación en Cartografía puede ayudar, por tanto, a la simplificación y, en definitiva, a la generalización cartográfica y, además, contribuye a la concreción de la leyenda.

A continuación, se expone un caso que permite apreciar la complejidad informativa que implica la integración ambiental. Se trata de un ejemplo en que BLANDIN & LAMOTTE (1985) seleccionan las variables necesarias para realizar una tipología de ecosistemas terrestres:

- Composición litológica y modelado de la superficie.
- Naturaleza del suelo (estructura vertical y eventualmente las variaciones horizontales) y morfología funcional del humus.
- Estructura de la vegetación, horizontal y vertical.
- Estructura temporal, es decir, las variaciones periódicas de la composición, de la estructura, de la biomasa vegetales y de las sucesiones.
- Número de especies dominantes y de las especies-clave, vegetales o animales.
- Producciones primarias y secundarias más importantes.
- Composición y estructura de ciertas poblaciones animales susceptibles de precisar unas características estructurales e históricas del ecosistema.
- Clima interno, definido por los movimientos atmosféricos y la humedad del aire, la distribución de la energía incidente, el régimen térmico, los flujos de oxígeno y de gas carbónico.
- Flujos hídricos, con la caracterización de la intercepción, del goteo, del escurrimiento, del arroyamiento, del drenaje, de la evaporación, de los estados del agua en el suelo.

No sólo la recopilación de estos datos supone un trabajo laborioso, sino también su conversión en información relevante (tratamiento). Los medios

estadísticos e informáticos, pues, se presentan como imprescindibles. Las soluciones fundamentales, en esta cuestión, deben provenir especialmente de la rama de la Cartografía conocida como *Cartografía Estadística* (REQUES, 2001).

2.2. SECTORIZACIÓN TERRITORIAL Y UNIDADES CARTOGRÁFICAS

La cuestión que se plantea aquí es cómo clasificar el territorio a cartografiar, con objeto de definir unidades excluyentes en el mapa. Se trata de un problema crucial a resolver en Cartografía Ambiental. Está claro que los objetivos y fines en cada caso resuelven buena parte del mismo, sobre todo en aplicaciones prácticas concretas, pero no lo hacen totalmente. Los aspectos a considerar serían los siguientes:

a) En principio, idealmente, la compartimentación espacial se articularía en función de la *homogeneidad* que presenta un área en determinado aspecto. Cuando la clasificación se rige por un solo elemento la dificultad no es tan grande, aunque a veces no está exenta de dificultades. Pero, el problema se eleva considerablemente, cuando se pretenden integrar bastantes elementos y, exponencialmente, cuando la intención es determinar una unidad ambiental completa. En todos los casos, aparecerán impedimentos en razón de la existencia de heterogeneidades internas. Unas veces se resolverán fácilmente, acudiendo al criterio de la dominancia de un factor o elemento; otras veces, la solución deberá pasar por la aplicación de métodos lo más objetivos posible que faciliten la decisión. A ello se unen los problemas de los muestreos, de la densidad espacial de datos puntuales, de la comparabilidad de los datos, de su extrapolación espacial, de la existencia de lagunas de información, etc. GARZÓN (1988) plantea esta problemática en el ámbito de la Cartografía geológica, geotécnica y geomorfológica. En otro caso, las unidades de paisaje presentan dificultades inherentes a la propia metodología de los estudios del paisaje, teniendo una validez parcial.

b) La existencia de *sistemáticas taxonómicas*, aunque no resuelven plenamente la cuestión, no cabe duda de que suponen un recurso importantísimo para la demarcación de unidades cartográficas pretendidamente homogéneas. En varias disciplinas es común la existencia de clasificaciones sobre los correspondientes objetos de estudio (Mineralogía, Petrología, Botánica, Zoolo-gía, etc), pero no todas poseen un desarrollo equiparable y, lo más importante, la combinación de unidades así definidas entre dos o más elementos difícilmente adquieren un nivel de correspondencia adecuado para derivar, por simple superposición, nuevas entidades categóricas con un valor ambiental opera-

tivo, cierto o real. En otras disciplinas, la sistemática no está universalmente aceptada o coexisten varias (Edafología, Geobotánica, Geomorfología, etc), es heterogénea (Geografía, Etnología, etc) o, simplemente, no existe. En algunos de estos casos, se impone la tarea de confeccionar tipologías y categorías *ad hoc*.

c) La construcción de *sistemáticas corológicas* de unidades pretendidamente integradas han proliferado en los estudios territoriales, sobre todo, desde principios del siglo XX. La labor realizada ha sido bastante fecunda (CSIRO, Troll, Bertrand, Zonneveld, Haase, Tricart, Neef, etc) y ha estado motivada por el afán de determinar un sistema empírico de unidades espaciales homogéneas en cuanto a las características físico-naturales. Estas unidades, sucesivamente, se van conteniendo en otras unidades superiores caracterizadas por la contigüidad o yuxtaposición de las unidades inmediatamente inferiores, configurando al final una jerarquía de unidades espaciales, que se acopla perfectamente a la reducción cartográfica que impone la escala. Estas clasificaciones del terreno son de carácter sintético, tratando de aglutinar, si no todos, sí al menos los componentes ambientales más relevantes. Se configura, así, un armazón espacial útil para las actuaciones aplicadas.

d) Utilización de *unidades político-administrativas* como base mínima de la sectorización. Se recurre, en estos casos, a la agrupación de esas unidades para conformar otras de rango superior. Esto es habitual en la Cartografía Temática del medio humano: municipios, comarcas, provincias, etc. Constituyen unidades de información estadística muy variada que dan bastante juego a la representación de variables socioeconómicas.

e) Utilización de *unidades geométricas artificiales*. Responden a la idea de que el espacio contiene múltiples datos e información regular, causal o aleatoriamente distribuida y, por tanto, es susceptible de ser rastreada sistemáticamente, a base de *barridos* metódicos del territorio. Así, se concibe la posibilidad de definir unidades mínimas de información, normalmente de pequeño tamaño en relación a la escala y cuyos contornos no siguen límites de elementos ambientales, sino que son implantados artificialmente según alguna pauta geométrica regular que se repite uniformemente en todo el mapa. Normalmente se trata de un cuadrículado o malla reticular con rectángulos o cuadrados, que constituyen células portadoras de información ambiental diversa (la Cuadrícula UTM se acomoda perfectamente a este sistema). En este caso, la analogía con los *pixels* característicos de la información suministrada por los satélites artificiales es evidente, pudiendo ser aprovechada para integrar la técnica cartográfica con la de Teledetección. Es posible, igualmente, sintonizar el trasvase de datos y la operatividad técnica con los Sistemas de Información Geográfica, sobre todo, con los de formato ráster, de análogas caracterís-

ticas a los anteriores elementos. También, se ha propuesto emplear unidades hexagonales. En general, se ajustan muy bien a los postulados de la Teoría de la Información.

f) Utilización de *unidades calculadas por interpolación*. Es común también que las unidades cartográficas respondan al proceso de interpolación, es decir, al cálculo de los valores intermedios en una serie de datos conocidos y distribuidos sobre una superficie (topográfica o estadística). A partir de ellas se trazan, normalmente, mapas de isolíneas como puedan ser, por ejemplo, isoyetas, isotermas, isoclinas, etc. El territorio, más o menos bandeado, que queda comprendido entre esas líneas de demarcación tienen el valor de ser unidades cartográficas estimativas.

g) En ocasiones, el *análisis multivariante* se emplea para objetivar la delimitación de áreas homogéneas (LEGÉNDRE & LÉGENBRE, 1979; GALLOPIN, 1982; LLORCA & RUIZ, 1987; PABLO ET AL., 1987; entre otros). Los datos se agrupan en tablas de doble entrada o matrices. Se trata de delimitar gradientes y definir grupos de variables, testando el grado de homogeneidad interna de cada grupo y redefinirlos en función de determinados criterios. Consiste, pues, en aplicar un conjunto de técnicas estadísticas: análisis factorial, análisis de componentes principales (resume los principales ejes de variación de la matriz, indicando qué variables contribuyen a definir dichos ejes), análisis de clasificación (delimita grupos a distintos niveles de homogeneidad), análisis de *cluster* (organización jerárquica), análisis discriminante (permite la interpretación de los grupos resultantes de una clasificación previa, mediante el cálculo de unas variables que maximizan las diferencias entre grupos distintos y las minimizan dentro del grupo resultante), análisis de correspondencias, regresión múltiple (correlaciona más de dos variables entre sí), etc.

3. ENFOQUES FUNDAMENTALES DE LA CARTOGRAFÍA AMBIENTAL

Varias han sido las vías de acceso a la construcción de mapas ambientales *s.s.* y, en consecuencia, varios son los enfoques teóricos y metodológicos existentes sobre Cartografía Ambiental *s.s.* En general, los concretos temas que preocupan y sobre los que se han construido *corpus* disciplinares, científicos y técnicos persiguen objetivos prospectivos, incluso prescriptivos en algunos casos, por lo que responden claramente a la vertiente aplicada de la ciencia. A continuación, se exponen sumariamente las tres direcciones fundamentales que, en nuestra opinión, han llevado a configurar la actual Cartografía Ambiental dentro de la historia reciente de la Cartografía Temática.

3.1. CARTOGRAFÍA ECOLÓGICA

En la bibliografía se ha empleado el término «Cartografía Ecológica» en varios tipos de mapas que, aun teniendo rasgos comunes incuestionables, presentan ligeras diferencias en su origen, contenido y objetivos. Esta variedad responde a la existencia de distintas escuelas intranacionales, nacionales e internacionales. En todo caso, a efectos de esta presentación, se adopta como foco fundamental la Cartografía Ecológica tal y como es concebida por OZENDA (1986). Se trata de una aplicación cartográfica desarrollada, sobre todo, en las últimas cuatro décadas por botánicos y ecólogos, pertenecientes a varios focos universitarios: Toulouse-Montpellier (Gausson, Emberger, Long, Godron...), Marsella-Niza (Braun-Blanquet, Barbero, Quézel, Lacoste, Molinier...), Grenoble (Ozenda, Revista *Documents de Cartographie Écologique*...), otros focos franceses (Rey, en París; Géhu, en Lille...), canadienses (Dansereau...), estadounidenses (Küchler...), alemanes (Schmithüsen, Tüxen, Ellemberg...), entre otros. En España, destacan los trabajos de Rivas Goday, Bolós, Montserrat y Rivas Martínez, entre otros.

La Cartografía Ecológica resulta, en gran medida, derivada de la Cartografía de la Vegetación, beneficiándose de los rápidos progresos que esta última ha conocido en las décadas de los cincuenta y sesenta (AA.VV., 1961). Surgió, ante todo, de una preocupación por la investigación científica, habiendo sido utilizada precisamente como método de investigación. Pero, después, fue más lejos y derivó a perspectivas aplicadas.

En esa Cartografía de la Vegetación se considera que los agrupamientos vegetales son la mejor aproximación al análisis tipológico de los ecosistemas. El desarrollo de la interpretación explicativa sobre la vegetación lleva, en fases sucesivas, a modificar su representación hacia una Cartografía integrada y, por tanto ya Ecológica, de manera que ésta se construye ya con mapas de segunda generación.

La Cartografía Ecológica, aun partiendo de esa vegetación, procura no privilegiarla en exceso, utilizándola sobre todo para decodificar las condiciones del medio. Se extiende, por tanto, más allá de las fitocenosis y capta otros temas como son los seres del reino animal, los bioclimas, la contaminación, los usos del suelo... Por ello, utiliza los conocidos niveles de integración en Ecología, para avanzar en componentes, en amplitud temática y, consecuentemente, en complejidad. De los niveles de especies, poblaciones, cortejos fitogeográficos y comunidades vegetales, propios de la Cartografía de la Vegetación, pasa a los de ecosistemas (biogeocenosis), ecosistemas antropizados y, finalmente, al de la dinámica de éstos, según propone OZENDA (1986).

Para llegar a esos niveles más integrados, esta cartografía incorpora mapas no biocenóticos (bioclimáticos, geológicos, geomorfológicos, edafológicos,

usos del suelo...), de estado ambiental (contaminación, epidemiología, conservación...) y de planificación y ordenación del territorio (usos potenciales, usos óptimos, prescripción y aptitud de usos...). Es así como adquiere carácter aplicado, proyectada a la acción ambiental, consciente y planificada.

Un ejemplo de Cartografía Ecológica que permite apreciar su filosofía y modo de operar es la empleada por la Escuela tolosana, clásica en estudios ecológicos aplicados a la vegetación (Fitoecología). Durante unas décadas se formó un grupo de investigación muy fecundo, en torno al CEPE (Centre d'Études Phytosociologiques et Écologiques). Se expone sintéticamente el esquema metodológico propuesto por LONG (1974-75), en lo que denomina *Cartografía de los Ecosistemas y del Medio Natural*, pues constituye un paradigma del proceso de elaboración cartográfica:

- En primer lugar, se elaboran unos *Mapas analíticos* concernientes a la representación de una sola variable, florística o ecológica. Se trata de un análisis sectorial del que se efectuará una posterior integración. Con ellos se hace una interpretación separativa del conjunto de datos.
- En segundo lugar, se confeccionan unos *Mapas sintéticos simples* que representan diversas variables de la misma naturaleza (de la vegetación, por un lado, y del medio, por otro) en unidades integradas. Lo representado resulta de la elaboración previa de datos brutos recopilados en campo y/o objeto de reflexión o tratamiento en gabinete.
- Después se construyen unos *Mapas sintéticos correlativos* que expresan la distribución de correlaciones o relaciones entre variables, grupos de variables o sistemas de diferente naturaleza. Constituyen un primer esbozo de integración de los hechos relativos al medio y a la vegetación. Se construyen a partir de los mapas sintéticos simples, con unidades sintéticas confrontadas entre variables mesológicas y de vegetación. Es usual la utilización de modelos matemáticos y tests estadísticos en el tratamiento previo de los datos. Estos mapas constituyen ya bases de referencia significativas para la gestión racional de los recursos, siendo útiles para establecer diagnósticos y asegurar la prevención de desequilibrios ecológicos.
- Finalmente, se hacen unos *Mapas interpretativos* que representan la distribución de una variable, de un grupo de variables, de un sistema o bien de hechos analíticos o sintéticos con relaciones recíprocas, sin importar su naturaleza y cuyos indicadores, sean cuales sean, son extraídos de mapas analíticos, sintético-simples o sintético-correlativos ya existentes. Ello debe hacerse de acuerdo a una hipótesis de interpretación o problema práctico a resolver, en función de unos objetivos claramente determinados. Se trataría claramente de un mapa aplicado (Cartografía Ambiental Aplicada).

Otra forma equiparable de operar es la propuesta por DANSEREAU (1985), quien elabora un mapa ecológico de los espacios, entendiendo que es algo más que un simple mapa de vegetación, a pesar de que ésta es utilizada como indicadora de otros componentes del paisaje. Opina que el análisis ecológico debe partir de una clasificación previa del uso del suelo, pues basa su método en la creciente capacidad del hombre para alterar la naturaleza. Parte de postulados propios de la vertiente pura de la ciencia que sirven, después, para proponer criterios racionales de ordenación del territorio (vertiente aplicada). La leyenda del mapa se estructura en niveles o fases crecientes de capacidad transformadora del hombre (indígena, recolector, agrícola, fabril, urbano, cibernético), que cruza a modo de matriz con modos de explotación lineal de mayor modificación, expresándose en unos tipos de ocupación que implican uno o varios niveles tróficos de complejidad (minerotrofia, fitotrofia, zootrofia, tecnotrofia, nootrofia). El resultado es un mapa de usos del suelo que simulan el mayor o menor avance tecnológico del poder del hombre sobre el medio.

3.2. CARTOGRAFÍA GEOAMBIENTAL Y DEL PAISAJE

A veces se la denomina también *Cartografía Geocientífica* (AYALA, 1988a; OTAMENDI ET AL., 1988), aunque según otras acepciones esta terminología responde exclusivamente a la integración de los componentes ambientales abióticos: geológicos, meteorológicos y oceanográficos (AYALA, 1988b). La Cartografía Geoambiental responde, en principio, a la unión de lo geológico con el resto de Ciencias Ambientales (Geología Ambiental), pero termina por perseguir finalmente los mismos objetivos que la Cartografía Ecológica, es decir, la máxima integración posible para representar la realidad ambiental plena, con vistas a la aplicación en ordenamiento y planificación. Al mismo tiempo, constituye una técnica de expresión de resultados de un conjunto de metodologías de investigación aplicada.

Su fundamento radica, igualmente, en la integración de un amplio elenco de variables físicas y, en menor medida, humanas que permitan llegar a unidades territoriales homogéneas o de paisaje, en función de la aplicación de unos criterios.

En España, este enfoque es algo más reciente que el anterior. De todas formas, existen ya muchos trabajos de esta índole realizados entre geólogos (Cendrero...), ingenieros (Gómez Orea, Ramos...), ecólogos (González Bernáldez, Díaz Pineda, Pablo...) y edafólogos (Sánchez Díaz...). En ellos se reconocen metodologías empleadas ya a principios y mediados del siglo xx, como por ejemplo las propuestas en Australia por el CSIRO (Commonwealt

Scientific and Industrial Research Organization). DÍAZ DE TERÁN (1988) hace, al respecto, una clarificadora presentación.

Estos mapas incluyen, en palabras de Díaz de Terán, una parte descriptiva de la realidad y una parte de evaluación o de interpretación de la misma, en términos adecuados para la planificación. A su vez, la variedad metodológica es amplia y, sin entrar en detalle, puede hablarse de tres agrupaciones:

- Las de carácter sintético, que parten desde el principio de esa delimitación de unidades integradas.
- Las de carácter analítico, que buscan representar por separado aspectos parciales del medio ambiente, de forma descriptiva, para llegar a mapas con fines concretos, después de una fase interpretativa.
- Las de carácter mixto, pues combinan las anteriores de diversas formas.

En estas cartografías existe una tendencia a basar esas unidades de paisaje en aspectos geológicos y geomorfológicos. Este es el punto fundamental que la diferencia de la primera Cartografía Ecológica, pues para estos mapas geocientíficos la vegetación es una categoría más de cobertura o uso del suelo, desprovista del elevado valor ecológico de la primera.

En los países de Europa central y oriental, la Cartografía del Paisaje se remonta a más de cuarenta años. Tiene básicamente un carácter sintético, según la tipología de DÍAZ DE TERÁN (1988). Hubo un *boom* entre 1955 y 1980, habiéndose incorporado como enseñanza universitaria en los Departamentos de Geografía y constituyendo un elemento imprescindible en Atlas nacionales y regionales (ISACHENKO, 1995). Según este autor, la ventaja que presenta la Cartografía del Paisaje es la conexión que tiene con los análisis complejos sobre el medio ambiente y su posibilidad de revelar interrelaciones entre sus diferentes componentes físico-naturales. Por tanto, este tipo de mapas entronca directamente con el enfoque y tradición paisajísticas rusas y alemanas (Dokuchaiev, Berg, Passarge, Troll, etc) y es comparable con los postulados de la Ecología del Paisaje en la Europa Occidental y Norteamérica.

En los últimos años, se ha producido una renovación del paradigma basado en el dinamismo del paisaje, lo que ha dado lugar a elaborar una *Cartografía de la Dinámica del Paisaje*. En el Laboratorio de Investigación del Paisaje y Cartografía Ecológica de San Petesburgo se llevan realizando investigaciones desde hace más de dos lustros, basadas en los cambios paisajísticos que acontecen a gran escala y a largo plazo, por efecto tanto de los procesos naturales como de los impactos humanos. Se manejan, pues, los conceptos de *estado* y *cambio* del paisaje, relacionados con la perspectiva etológica del geosistema de BÉROCHTCHAVILI & MATHIÉU (1977). Las escalas de representación varían entre 1:500.000 y 1:25.000, empleando distintas series

de mapas en red cuadrículada: mapas del paisaje, mapas de impactos, mapas de procesos actuales y mapas de escenarios dinámico-paisajísticos. Su vertiente es plenamente aplicada y está decantada hacia el control, vigilancia y seguimiento ambientales. En su metodología se contemplan levantamientos de información en campo, complementados con análisis de imágenes, con el propósito posterior de introducir los datos en un SIG y realizar, entre otras operaciones, escenarios de simulación para predecir tendencias hipotéticas de evolución del paisaje (ISACHENKO, 1995; ISACHENKO & REZNIKOV, 1995).

La Cartografía confeccionada por el CSIRO australiano utiliza una metodología desarrollada sobre todo en el ámbito de países anglosajones entre 1952 y 1968. Es también de carácter sintético (DÍAZ DE TERÁN, 1988). Es un buen ejemplo de Cartografía paisajística, habiéndose aplicado, sobre todo, en países de gran extensión. Sus fundamentos son fisiográficos, con fuerte apoyo en la Geomorfología, además de otras ramas geográficas y geológicas. Se retomaban clasificaciones territoriales de amplias zonas realizadas durante la primera mitad del siglo XX para apoyar a las unidades cartográficas que se representaban. El concepto clave de esta metodología es el *landform* o unidad morfológica territorial, surgiendo el sistema de los *Land Systems* (CHRISTIAN & STEWART, 1968). A partir de la topografía, se va diferenciando el territorio en función de los suelos, la vegetación, las formas del relieve y el clima, con el propósito de realizar integraciones territoriales.

En sus mapas definen áreas combinando esos elementos, con un método rápido adecuado para áreas extensas y poco conocidas, con poca o deficiente cartografía. Se recurría a la fotointerpretación a escalas 1:80.000 a 1:30.000, pero la representación final del mapa se hacía a medianas y pequeñas escalas (1:250.000 a 1:1.000.000), en el que la leyenda respondía a la tipología de los *land systems* determinados con sucesivas divisiones en *land units* y *land facets*, unidades éstas que ya no se cartografiaban en mapas, sino que eran exhibidas a partir de bloques-diagrama y tablas descriptivas. Utilizaba mapas sectoriales complementarios de vegetación, altitudes, cuencas, recursos naturales, asociaciones de suelos, distribución de la población... Se aplicó principalmente a la agricultura y a la ingeniería.

El enfoque paisajístico tradicional (tipo sintético) tomo más fuerza y vigor con la formulación del concepto de geosistema (Sotchava) y con el desarrollo de la metodología bertrandiana del análisis del paisaje, dando lugar al término Cartografía de los Geosistemas. Así, BERTRAND (1972) habla del mapa de geosistemas, al cual se llega realizando los siguientes pasos:

- Inventarios sectoriales detallados, es decir, de las estructuras elementales de paisaje. Constituye un método analítico previo necesario para todo estudio global o integrado.

- Después, se pasa a la cartografía de los geosistemas y, de ahí, sucesivamente a la de las regiones naturales y a la de las estructuras naturales regionales.

BERTRAND (1968) propone que, para organizar una información tan voluminosa, hace falta adoptar el hilo conductor que puede proporcionar el tapiz vegetal, cuyo inventario sistemático a 1:50.000 sirve de base para la Cartografía global de los paisajes. Propone una clasificación jerarquizada de unidades territoriales: geosistemas (en mapas a escalas entre 1:200.000 y 1:100.000), geofacies (a 1:20.000) y geotopos, de muy gran detalle.

Esta metodología está tan unida a la utilización de mapas que constituye un método cartográfico de investigación: las unidades cartográficas funcionarían como hipótesis, permitiendo establecer un sistema taxonómico de estructuras espaciales de referencia.

Los Mapas Geocientíficos del Potencial del Medio Natural (GMNEP) surgen a comienzos de los setenta en Alemania Occidental (DÍAZ DE TERÁN, 1988), muy enfocados a la planificación, dado que los mapas geológicos son poco útiles tal y como son concebidos en principio. Según la tipología de Díaz de Terán, son de carácter mixto. LUTTIG (1980) indica que se precisaba hacer mapas versátiles y afinados que dieran cobertura adecuada a la asignación de usos. Estos mapas tienen su base en los mapas geológicos, pero de ellos se derivan métodos que permiten apreciar las potencialidades existentes a escalas entre 1:500.000 y 1:25.000 (LUTTIG, 1980):

- Mapas temáticos geológicos sectoriales: aguas subterráneas, geológicos, suelos, materiales canterables, depósitos minerales, propiedades de suelos y rocas. Sufren un proceso de simplificación cada uno de ellos, extrayendo los datos más importantes para los planificadores.
- Superposición de los mapas, con lo que se consiguen diferentes tipos de valoraciones geopotenciales sobre un área determinada:
 - Da lugar a un mapa conflictivo, pues el planificador no sabrá a qué debe dar más o menos valor o prioridad.
 - El geólogo o geocientífico debe hacer valer sus conocimientos para informar al planificador.
- Separación de unidades en función de las prioridades, teniendo en cuenta sólo el potencial del medio natural:
 - Elaboración de un mapa síntesis que indica las prioridades.
 - Ese mapa se presenta junto a otros, con objeto de que se pueda apreciar el proceso de elaboración.

- Con estos mapas se abre un conflicto entre objetivos y diferentes intereses, por lo que se debe acudir a opiniones pluridisciplinares.

Los GMNEP nacen desde postulados prácticamente geotécnicos, para desembocar en aptitudes de usos. Contemplan, por tanto, muy pocas variables bióticas y antrópicas.

En Norteamérica, DOMON *ET AL.* (1989), por su parte, tienen una concepción plenamente aplicada de lo que denominan Cartografía Ecológica, pues piensan que fue concebida desde un principio como herramienta para la ordenación del territorio, a través de la determinación de los usos del suelo que mejor se adecuan a las prioridades del espacio natural, particularmente en términos de productividad y estabilidad de los ecosistemas. Según ellos alcanzó su desarrollo a finales de los sesenta, de la mano de los trabajos de MCHARG (1969) y otros autores norteamericanos. Hablan de dos enfoques fundamentales, en base a la selección de variables ambientales que interesan y al tipo de procesamiento de datos relacionados con esas variables:

- Enfoque Selectivo-Cualitativo (McHarg y otros). Tipo analítico, según Díaz de Terán. Se seleccionan las variables específicamente afectadas según la naturaleza del proyecto. Se da poca importancia a los hábitats, haciendo una breve descripción, normalmente cualitativa, de esas variables seleccionadas. Su metodología es aplicable tanto a áreas naturales como densamente pobladas, proporcionando una perspectiva global del medio físico desde aspectos ecológicos, históricos y culturales.
- Enfoque Holístico-Descriptivo (Dansereau, Bouchard y otros), que correspondería en realidad a la Cartografía Ecológica, más que a la Cartografía del Paisaje (tipo sintético de Díaz de Terán). Las variables seleccionadas no dependen de la naturaleza del proyecto correspondiente, sino del marco teórico relacionado con el concepto de ecosistema, por ello también se le ha denominado ecosistemático. Enfatiza el estudio de los hábitats naturales, por lo que sus trabajos están más ligados a áreas poco habitadas y de bajo grado de alteración.

Eventualmente, se ha dado un enfoque mixto, selectivo-descriptivo, en el que las variables identificadas en relación con el proyecto son descritas cuantitativamente. Un aspecto común a estos enfoques es el del papel de los indicadores, siendo cruciales como clave de interpretación.

Finalmente, debe reseñarse el desarrollo de la denominada «Cartografía Ecológica» en España, cuya base impulsora ha sido la aplicación de Teoría de la Información a la Ecología (MARGALEF, 1957) y, posteriormente, a la Cartografía realizada por ecólogos, ingenieros y otros. Destaca sobremanera la fi-

gura de González Bernáldez (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ *ET AL.* 1973, 1981), quien basado en ideas de Margalef, McHarg y científicos soviéticos del paisaje, entre otros, marcó una línea de investigación que aborda la descripción integrada del territorio a diferentes escalas de detalle, tratando de optimizar el análisis de la información y su expresión cartográfica. En el Departamento interuniversitario de Ecología de las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid, se formó un grupo de investigadores que, de la mano de González Bernáldez, han desarrollado ampliamente la idea de emplear la Cartografía como técnica de investigación ecológica (PABLO & DÍAZ PINEDA, 1985; PABLO *ET AL.*, 1987, 1989; PABLO & MARTÍN DE AGAR, 1993), con irradiaciones en otros departamentos universitarios (CABRERA, 1984; FERRER, 1985; NICOLÁS & FERRER, 1986).

En este foco español, lo que se pretende es cartografiar la estructura espacial resultante de las interacciones que mantienen entre sí los componentes de un territorio, sin prestar en principio una especial atención a ninguno de ellos de manera particular (PABLO & MARTÍN DE AGAR, 1993). Ello se consigue mediante la detección automática y multivariante de sus relaciones espaciales más relevantes. Se recurre a una visión global o de conjunto, sin optar por temas o aspectos físicos individualizados y sin hacer suposiciones *a priori* sobre los parámetros que van a desempeñar un papel importante en la diferenciación de sectores espaciales a diferentes escalas, detectándose tendencias de variación y grupos de variables espacialmente relacionados. Los mapas contemplan las siguientes premisas (PABLO & DÍAZ PINEDA, 1985):

- Los componentes ecológicos del territorio pueden ser descritos a través de una amplia gama de parámetros físico-químicos, biológicos y de uso humano. Su variabilidad puede ser reducida a unas pocas tendencias expresables por el carácter discriminante de algunos de aquellos parámetros.
- Estas tendencias pueden servir de base para una cartografía automática y multivariante de indicadores ecológico-geográficos. Éstos tienen interés por ser portadores de información y ser discriminantes de sectores del territorio internamente homogéneos.
- La cartografía debe basarse en un muestreo regular que sirva de base para la delimitación automática de sectores y subsectores biogeográficos.
- La interdependencia espacial entre las variables medidas sirve de base para delimitar esos sectores: co-ocurrencia, redundancia, correlación.
- El territorio queda descrito a partir de tendencias de variación ecológico-geográficas y clasificado por el carácter discriminante de los indicadores estadísticos detectados. Esta descripción puede ser global (aspectos ecológicos) o puede ser expresada para aspectos parciales (geóticos, bióticos, etc).

Otros representantes de esta Cartografía Geoambiental en España son RAMOS FERNÁNDEZ (1979), GÓMEZ OREA (1978), CENDRERO (1980, 1988, *ET AL.*, 1986), SÁNCHEZ DÍAZ (*ET AL.*, 1984), entre otros. La nota común es la aplicación directa de estos mapas a la planificación del territorio con base ecológica, geológica o/y edafológica.

Dentro de esta corriente y con todos estos antecedentes, en España se ha creado recientemente el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental o PNCTA (GARCÍA-HERNÁN, 1996), en el que se está trabajando actualmente, con el objetivo de cubrir a una misma escala (1:50.000) todo el territorio nacional con varias capas temáticas que permitan un mejor conocimiento ambiental del país. Los temas básicos a representar son geología-litología, geomorfología, suelos, vegetación, patrimonio natural y paisaje, apoyados en las bases topográficas ya existentes (BARETTINO, 1999; MOREA, 1999). Se trata de unos mapas ambientales sectoriales de los que se derivarán algunos mapas integrados para casos de mayor especificidad (procesos geomorfológicos activos, unidades geomorfológicas homogéneas, etc) y cuya utilidad será la posibilidad de efectuar, a partir de ellos y por integración de las capas pertinentes, numerosos mapas ambientales de carácter aplicado para la resolución de problemas concretos.

Como conclusión, cabe significar nuevamente el absoluto carácter aplicado de esta corriente, frente a una Cartografía Ecológica (apartado 3.1.) más conectada con la investigación pura. Por otra parte, igualmente es destacable tanto en la Cartografía Ecológica como en la Geoambiental la poca importancia concedida a los aspectos humanos (con alguna excepción desde el enfoque paisajístico), lo que muestra un cierto olvido de este conjunto de variables en el concepto de medio ambiente. Esto es debido, básicamente, a dos hechos:

- La tardía incorporación del hombre como elemento y como factor del medio ambiente por parte de las Ciencias Naturales y Tecnológicas.
- La componente aplicada que preside este tipo de mapas estaba enfocada, sobre todo, a la interpretación físico-natural del territorio, precisamente, como base racional en las decisiones humanas de aprovechamiento y conservación.

3.3. CARTOGRAFÍA APORTADA DESDE LA CIENCIA GEOGRÁFICA

La diferencia de este tipo de Cartografía con las anteriores radica, esencialmente, en: 1) una fuerte consideración de la componente humana; 2) una base científica fundamentada en la Geografía y, por tanto, con predominio de un enfoque regional; 3) una perspectiva bastante más analítica y sectorial de

los mapas, con lo que dominan mapas temáticos ambientales *s.l.*, aunque no por ello faltan aportaciones integradas. En este apartado se debe incluir también aquellos geógrafos que han realizado sus aportaciones desde el enfoque paisajístico (rusos, Bertrand, etc) comentado antes.

Efectivamente, desde la Geografía han proliferado cartografías sectoriales (demográficas, económicas, socio-culturales, urbanas, rurales, usos del suelo, geomorfológicas, climáticas, fitogeográficas, etc), pero que no están exentas, en ocasiones, de cierto o bastante valor integrado. Salvo el enfoque paisajístico y algunas otras excepciones, han prevalecido recetas analíticas en el tratamiento cartográfico de los componentes ambientales. Incluso, desde el enfoque regional, en bastantes casos se han confeccionado colecciones cartográficas de mapas separados, dejando inacabadas las verdaderas síntesis regionales, pues se entendía que la propia demarcación de una región constituía ya una unidad integradora. Ejemplos de estos planteamientos son bien expresados en BRUNET (1967), MONKHOUSE & WILKINSON (1968), CLAVAL & WIEBER (1969), BARRÈRE & CASSOU-MOUNAT (1972), por citar algunos. Precisamente, el enfoque geoecológico dentro de la Geografía surgió, entre otras razones, como una respuesta a esta deficiencia (TROLL, 1971).

Sin embargo, la labor cartográfica realizada por los geógrafos constituye una aportación inestimable para la concepción de una Cartografía Ambiental. Por una parte, ha sido la Geografía una de las disciplinas científicas más relacionadas con el uso de mapas. Por otra parte, el tratamiento cartográfico de temas humanos resuelve la manifiesta deficiencia de otras disciplinas que elaboran mapas temáticos para su incorporación a los mapas ambientales.

Entre estas temáticas, una sobresale especialmente por su indirecto carácter integrador: la Cartografía de la Ocupación y del Uso del Suelo. En efecto, las áreas homogéneas que representan la cobertura del suelo hablan bastante del tipo de aprovechamiento humano, de la función a que destina esas áreas y de las implicaciones geográficas (ambientales) que están detrás de ese uso. Es, además, muy grande el número de mapas de usos del suelo realizados y muy variadas las categorías de los mismos en la leyenda.

Respecto a los mapas ambientales *s.s.* puede extraerse uno de los varios llevados a cabo para ejemplificar el trabajo de los geógrafos en este ámbito. Será, precisamente, el caso promovido por la Unión Geográfica Internacional (UGI). Ésta estableció un Grupo de Trabajo sobre la Cartografía Ambiental y su Dinámica surgido del Programa MAB (*Man and Biosphere*), que fue concebido bajo el prisma de las relaciones Hombre-Medio y con el ánimo de integrar definitivamente al hombre como un elemento más del medio ambiente y del ecosistema. Este grupo llevó a cabo su cometido entre 1976 y 1984 en diferentes países, proporcionando como resultado una metodología de Cartografía integrada susceptible de apoyar a investigadores y a responsables de la

ordenación del territorio. Se ofreció información sobre la potencialidad de las regiones y las tendencias evolutivas de los componentes ambientales, aplicándose a bastantes medios geográficos, con diferentes formas de ocupación del suelo por parte del hombre, lo que ha enriquecido y dado valor a su procedimiento.

JOURNAUX (1985), Presidente del Grupo de Trabajo, hace una presentación de la Cartografía Ambiental con definiciones plurales que muestran cierta ambigüedad, sobre todo cuando se habla también de Cartografía Ecológica. Por esta razón, distingue tres niveles independientes del factor escala. Los dos primeros niveles son tradicionales, pero el tercero es original en su concepción y finalidad. Los tres, nuevamente, configuran un proceso ordenado:

- Primer nivel: Mapas de Análisis. Tienen como fin cartografiar los elementos o los procesos simples:
 - * Elementos: formaciones superficiales, geológicas, formaciones vegetales, espacios agrícolas, tipos de construcción urbana, densidad de población, desechos, contaminación atmosférica, hídrica, etc.
 - * Procesos: mapa de procesos morfoclimáticos, de uso del suelo, de la degradación del hábitat, etc.
- Segundo nivel: Mapas de Sistemas. Tienen como fin cartografiar asociaciones de elementos o de procesos para definir unos sistemas, o bien para establecer mapas de aptitud. Se trata de tomar elementos o procesos útiles para el caso y despreñar los otros:
 - * Sistemas: mapas de sistemas agrarios, ecológicos (muestran la degradación del medio), etc.
 - * Mapas de aptitud, destinadas a dar recomendaciones: mapas geotécnicos, de riesgos naturales para evitar catástrofes (deslizamientos, avalanchas, inundaciones), mapas preparatorios para ordenamiento, transformación, renovación, etc.
- Tercer nivel: Mapas de Síntesis. Su fin es sensibilizar sobre problemas ambientales, destinados no sólo a propiciar una toma de conciencia sobre el estado del medio ambiente, sino también a ayudar a actuar con conocimiento de causa a quienes deciden.

El *Mapa Ambiental y de Dinámica* resultante daría cuenta de todos los elementos naturales y de la acción humana, presente y pasada. Gracias a un sistema de símbolos, por yuxtaposición y superposición, revela las limitaciones impuestas por el medio ambiente y el sentido de su evolución dinámica. Contribuye a captar y calibrar los fenómenos de correlación y de potencialidad,

atendiendo al mismo tiempo a las tendencias de cambio de sus componentes (JOURNAUX, 1985).

4. ENSAYO DE SISTEMATIZACIÓN Y ESTRUCTURA CIENTÍFICA

Tal y como se ha comentado, el desarrollo evolutivo de la Cartografía Ambiental está marcado por el seguimiento de un proceso que va desde lo sencillo y separativo hasta lo complejo e integrado. Ello va a repercutir claramente en su estructura sistemática, de forma que las elaboraciones cartográficas finales necesitan del conocimiento y del soporte de las preliminares. En este sentido, éstas pueden considerarse *mapas base* de aquéllas, que en muchos casos son, a su vez, *mapas derivados*.

4.1. CARTOGRAFÍA AMBIENTAL SECTORIAL

Corresponde a la Cartografía Temática clásica, pues son mapas fundamentalmente analíticos y pueden considerarse mapas ambientales en sentido amplio (*s.l.*). Representan aisladamente una variable concreta del medio ambiente, o bien un tema específico que contenga varios elementos del mismo, sin que haya un análisis relacional fuera del puramente espacial, por simple yuxtaposición o superposición de significantes. Es la identidad del tema quien marca la pauta, refiriéndose el calificativo *sectorial* al hecho de que los elementos representados poseen una común naturaleza temática. Así pues, este tipo de mapas se acomodaría a la reunión de mapas analíticos y sintéticos simples, según LONG (1974-75), pudiendo por tanto hacerse una diferenciación entre ellos.

Las unidades representadas sólo serían parcialmente integradas en los casos en que son varios los elementos incluidos. Sin embargo, es posible que los mapas sintéticos simples se confeccionen como resultado de un análisis relacional (mapas correlativos), más complejo, entre variables de la misma naturaleza. En tal caso, la adscripción a este tipo de mapas ambientales sectoriales sería dudosa, pero se podría considerar como tales por convención, en aras de facilitar el establecimiento de criterios temáticos en la tipología que se propone (inspirada en LONG, 1974-75). Al respecto, hay que tener en cuenta que un análisis correlativo de dos variables puede dar lugar a una tercera variable derivada, en un primer nivel de agregación, y que después esta tercera puede ser correlacionada con una cuarta, resultando una quinta y, así, sucesivamente. Por esta razón, se entiende que es más eficaz aplicar un criterio temático antes que procedimental o metodológico, pues lo que interesa desde el punto

de vista ambiental es la integración de diferentes componentes (temas o sectores) del medio ambiente hasta donde sea posible en número y efectivo informativamente.

La identidad del tema debe entenderse en el sentido que marca la tradición científica y cartográfica, lo que en cualquier caso deja la puerta abierta a especulaciones. Éstas deberían, tras reflexión, derivar en un compromiso fijo de adscripción definitiva a uno u otro tipo de temática.

En un primer nivel de desagregación temática, se propone diferenciar entre mapas del medio físico y mapas del medio humano, tal y como se ha venido señalando con anterioridad.

- **CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DEL MEDIO FÍSICO.** Los componentes ambientales esenciales que se representan son: meteoros, clima, relieve, agua, suelo y biota. El catálogo que aquí se presenta, desde luego, no es completo ni exhaustivo, se limita a sintetizar lo fundamental:

- * **Mapas Meteorológicos:**

- Mapas sinópticos del tiempo (isobárico, en superficie; de isohipsas, a diferentes alturas). Poseen una vertiente aplicada para la predicción.
- Mapas de meteoros variados que reflejen su ocurrencia y distribución, diariamente o dentro del mismo ciclo anual (estado del cielo, vientos, nieblas, tormentas, precipitación...).

- * **Mapas Climáticos:**

- Mapas de exposición/orientación. En principio, su valor es climático, por el efecto que posee en la diferente recepción de insolación, lo que repercute después en otros efectos derivados.
- Mapas de diferentes elementos climáticos (precipitación, temperatura, insolación, evapotranspiración, viento, etc), que reflejen valores medios o absolutos de series de datos intraanuales o interanuales.
- Mapas de tipos de climas, según las varias clasificaciones existentes. Estos mapas se suelen confeccionar tras un análisis comparado de diferentes elementos climáticos.

- * **Mapas Geológicos:**

- Elementos tectónicos y geoestructurales.
- Elementos litológicos. Además de indicar la identidad de las rocas aflorantes o que sirven de sustrato al suelo, pueden confeccionarse mapas sobre las propiedades de las rocas, lo que posee ya una más evidente vertiente aplicada.

- Geología Histórica y Estratigrafía.
- Sismología y otros muchos aspectos geológicos particulares.
- * Mapas Geomorfológicos.
 - Altitud o mapas topográficos. Abre la posibilidad de confeccionar mapas hipsométricos y del análisis morfométrico.
 - Pendientes.
 - Formas del relieve y formaciones superficiales.
 - Elementos morfoestructurales (litología, tectónica y geoestructuras).
 - Elementos morfodinámicos que indiquen los procesos actuales, subactuales, funcionales, no funcionales, espasmódicos, etc, que intervienen en el modelado.
 - Todo ello permite llegar a explicar el origen de las formas o morfogénesis. Estos mapas pueden considerarse integrados (Cartografía Ambiental Integrada), cuando se relacionan claramente las formas del relieve con elementos climáticos, edafológicos, fitológicos o antrópicos.
 - Elementos morfocronológicos que indiquen la evolución de las formas en el tiempo.
- * Mapas Hidrológicos:
 - Mapas hidrográficos, que representan los diferentes elementos de Hidrología superficial (cuencas, embalses, cursos fluviales, lagos, etc).
 - Mapas hidrogeológicos, atinentes a las aguas subterráneas.
 - Datos de propiedades del agua, en sus diferentes manifestaciones superficial o subterránea (geoquímica, temperatura, turbidez, etc).
- * Mapas Edafológicos:
 - Mapas que representan analítica o agrupadamente las diferentes propiedades del suelo (físicas, morfológicas, químicas, biológicas).
 - Mapas de tipos de suelos. Requieren de la existencia de una clasificación previa de los suelos. Las que actualmente tienen mayor respaldo internacional son la de FAO y la de Soil Taxonomy (USDA).
- * Mapas Biogeográficos:
 - Mapas corológicos o de distribución de especies y poblaciones vegetales y animales.
 - Mapas de vegetación actual, ya sea como formaciones o como comunidades vegetales. En ambos casos, se precisa de clasificaciones previas que, a su vez, dependen de la escala del mapa.

- Mapas de vegetación potencial.
- Mapas de territorios biogeográficos, con un sistema jerarquizado.
- * Mapas Oceanográficos. La Oceanografía incluye los diversos aspectos (geológicos, geomorfológicos, biológicos, hidrológicos, etc) que se desarrollan en medio marino. Por tanto, la casuística de mapas que puede desarrollar es amplia.
- **CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DEL MEDIO HUMANO.** Los componentes esenciales son: demografía y dinámica social, poblamiento, usos del suelo, cultura, psicología, historia, economía, política y administración. Sin embargo, son múltiples los aspectos que pueden cartografiarse, pues cabrían prácticamente todas las manifestaciones del hombre, pudiendo una clasificación detallada desbordar los límites tradicionales de las Ciencias Sociales e Históricas.
 - * Mapas de Población:
 - Cuantificación de los contingentes demográficos, con datos absolutos o relativos (índices, densidades).
 - Dinámica natural (sexo, edad, natalidad, mortalidad, crecimiento vegetativo, etc).
 - Dinámica espacial (migraciones, desplazamientos, etc).
 - Otros múltiples aspectos.
 - * Mapas Sociales. Responden a la consideración del hombre viviendo en comunidad. Son variadísimos los aspectos a tratar y, además, son proclives a incluir elementos de otros temas, en cuyo caso debieran considerarse mapas integrados. Una relación de los elementos sectoriales sería prolija (estratificación social por diferentes criterios, criminalidad y delincuencia, otros conflictos sociales, grupos de riesgo, grupos de presión y movimientos sociales, etc).
 - * Mapas Urbanos. La morfología urbana es el aspecto central de los mismos, en cuyos mapas se expresaría la organización del espacio de la ciudad (tejido urbano). Los sistemas y redes urbanas en el mundo, tipologías de ciudades según diversos criterios y otros serían elementos representables, el emplazamiento geográfico de las ciudades, actividades económicas, funciones y usos del suelo, estratificación social, dinámica demográfica en las ciudades y un largo etcétera. En bastantes casos, este tema da pie a la interrelación con elementos de otra naturaleza, pudiendo resultar mapas ambientales integrados.

- * Mapas Rurales. Es un tema proclive también a dar como resultado mapas integrados, pero son varios los elementos analíticos que pueden representarse: morfología parcelaria, morfología de los centros rurales poblados, tipologías variadas al respecto, el uso del suelo en los campos cultivados y no cultivados.
- * Mapas de Usos del Suelo. Ya han sido anunciado en los dos tipos anteriores, pero por la gran importancia adquirida por ellos en las interpretaciones ambientales, poseen una identidad independiente. Constituyen uno de los pocos temas que consideran habitualmente los profesionales de las Ciencias Naturales, cuando pretenden integrar en sus mapas aspectos humanos. Existen múltiples clasificaciones de los usos del suelo, habiendo existido intentos de homogeneización, sobre todo por parte de organismos internacionales.
- * Mapas Culturales:
 - Mapas de religiones.
 - Mapas lingüísticos.
 - Mapas de pueblos/razas (etnográficos).Es un tema muy propicio para derivar en cualquier manifestación humana. Téngase en cuenta que la cultura implica de por sí un haz de relaciones humanas, por lo que es muy dable a producir mapas integrados.
- * Mapas Mentales/Cognitivos/Perceptuales. En la perspectiva psicológica, se pueden encontrar las pautas que presidirían este tipo de mapas. La relación con los mapas sociales y culturales es innegable, por lo que se precisa de una concreción y especificación adecuadas sobre el alcance de todos estos ámbitos temáticos.
- * Mapas Históricos. Su variedad temática no posee prácticamente límites, por tanto lo que caracterizaría este tipo de mapas es el tratamiento de temas humanos que han acontecido en el pasado, remoto o relativamente reciente. Lo que interesaría en ellos para la Cartografía Ambiental es proporcionar claves de interpretación ambiental, actual o pasada. Los acontecimientos y eventos ocurridos en el pasado explican directa o indirectamente la mayor parte, si no toda, la realidad actual.
Entre ellos, los mapas llamados geohistóricos representan situaciones geográficas pasadas (mapas de situación), en un momento dado de la historia. Para confeccionarlos se precisa de investigación histórica y de una reconstrucción geográfica que en la mayor parte de los casos tiene un gran componente hipotético.

- * Mapas Económicos. Interesan las actividades humanas que implican directa o indirectamente una explotación de recursos o/y movimientos financieros y dinerarios. La clasificación responde normalmente a los diferentes sectores de actividad:

- Mapas agrícolas.
- Mapas industriales.
- Mapas mineros.
- Mapas ganaderos.
- Mapas de explotación forestal.
- Mapas de transportes y comunicaciones.
- Mapas de servicios y un largo etcétera.

La variedad es también amplísima, pues a los numerosos temas se unen los múltiples parámetros, índices y demás cuantificaciones económicas posibles.

- * Mapas Político-administrativos y jurídicos. Nuevamente, los aspectos son numerosos, pero los mapas más habituales son los siguientes:

- Mapas con las divisiones políticas en estados soberanos, colonias y posesiones.
- Mapas con las divisiones político-administrativas internas de cada entidad soberana o colonial.
- Mapas geopolíticos, muy variados (geopolíticos, en sentido estricto; organizaciones internacionales y regionales; etc).
- Mapas catastrales, con parcelario, propiedad de la tierra y uso. Son mapas de muy gran escala.
- Mapas de espacios que han sido delimitados por los ordenamientos jurídicos nacionales o internacionales para fines diversos (parques naturales, nacionales, espacios protegidos, áreas estratégicas militarmente, bosques públicos, áreas de actuación y planificación, y un largo etcétera).

4.2. CARTOGRAFÍA AMBIENTAL INTEGRADA

Correspondería a la Cartografía Ambiental *s.s.* Los mapas se consideran integrados cuando se establece una relación directa entre dos o más componentes ambientales diferentes. Son mapas fundamentalmente correlativos o/y sintéticos. La integración supone combinar información por yuxtaposición, superposición o por análisis de datos correspondientes a elementos de diferente naturaleza ambiental. Estos mapas pueden, por tanto, presentar diferentes niveles de integración. Normalmente, constituyen mapas derivados de mapas ambientales sectoriales previos que les sirven de apoyo, o bien de otros mapas

integrados a niveles inferiores. En todo caso, puede ocurrir que se confeccionen directamente, sin intermediación de mapas previos.

La tipología es nuevamente variadísima, tanto o más que la de los mapas sectoriales. Pero, según denominaciones que aparecen en la bibliografía, se puede hacer una diferenciación previa entre:

- **Cartografía Ecológica.** Incluye aquellos mapas que integran variables ambientales para explicar hechos relacionados con los seres vivos. Posee, por tanto, un sesgo hacia lo biológico. Esta diferenciación es crucial para distinguir entre mapas ecológicos y otros mapas ambientales *s.s.* Mapas representativos de esta Cartografía serían los fitoecológicos propuestos por LONG (1974-75) y por la denominada en España Cartografía Ecológica (Pablo, Díaz Pineda, Gómez Sal, Martín de Agar, etc).
- **Cartografía Geocientífica o Geótica.** Incluye mapas que integran variables ambientales abióticas, por lo que posee un sesgo hacia lo geológico, hidrológico y climático, sobre todo. A ellos se ha referido GARZÓN (1988) y AYALA (1988b).
- **Cartografía Geoecológica** (también se la puede denominar del Paisaje, de los Geosistemas, Geoambiental, etc). Implicaría una integración, al menos, entre variables bióticas y abióticas, pero adquiere su más plena expresión cuando integra también variables antrópicas. Con ello se colma parcialmente, la pretensión de integración total. Responde, pues, a la perspectiva geoecológica, según TROLL (1971).

Algunos ejemplos de mapas de este tipo, además de los ya expuestos, responden a denominaciones que, normalmente, expresan de manera explícita los componentes involucrados. Serían los siguientes: mapas bioclimáticos (fitoclimáticos, bioclimáticos humanos, confort climático), morfoedafológicos, hidromorfológicos, fitoedáficos, biohidrológicos o hidrobiológicos, morfoclimáticos, hidroclimáticos e hidrometeorológicos, mapas de paisaje (integrado), socio-demográficos, socio-económicos y un extenso etcétera.

Especial referencia merecen, entre ellos, los mapas de ocupación o cobertura del suelo, pues en ellos se representan aquellos objetos que cubren el suelo, sean de la naturaleza que sean y que son percibidos directamente. Las técnicas de Teledetección han supuesto una gran aportación a este tipo de mapas, pues tanto las fotografías como las imágenes de satélite muestran una visión sinóptica del aspecto que posee el terreno y, por ende, de la realidad espacio-geográfica. El aumento o descenso en la escala desvela fisionomías y estructuras reales que de otra manera serían difícil de detectar.

Estos mapas se van complicando cada vez más, cuanto mayor número de componentes se quieran incluir en la representación, con objeto de alcanzar

mayores niveles de integración. Por ello, en este proceso sucesivo y cuando, al menos, los principales componentes son considerados (abióticos, bióticos y antrópicos), podría concebirse la creación de una nueva categoría de mapas ambientales globales y, por tanto, de una Cartografía Ambiental Global.

Pero, este nivel de integración entra bastante en el campo de lo utópico, no porque efectivamente no existan mapas que agrupen esas tres agrupaciones de componentes esenciales, sino porque siempre la plena integración, es decir, aquella en que no falte nada, es imposible de conseguir en la práctica. Esta definición parece más un ideal de búsqueda científica que un objetivo alcanzable. En todo caso, la Geoecología o Ecología del Paisaje continúa intentando descifrar los espacios y paisajes, con objeto de explicar cada vez mejor la realidad geográfica, ecológica y, en suma, ambiental.

4.3. CARTOGRAFÍA AMBIENTAL APLICADA

Por último, queda referir la vertiente aplicada de esta Cartografía y la transformación subsiguiente que requieren los mapas para hacerlos útiles en la resolución de multitud de problemáticas. Esta categoría corresponde, por tanto, a elaboraciones y metodologías propuestas desde el campo problemático ambiental. Años atrás, como señalaba MACAU (1961) refiriéndose a España, se echaba en falta la existencia de mapas aplicados (geotécnicos, entre otros) y se consideraba como insuficientes los mapas teóricos (geológicos, en ese caso) de entonces, para su empleo en la ingeniería civil. Por fortuna, más recientemente, han ido apareciendo varios mapas de aquel tipo en España. Se trata de mapas especializados en objetos muy concretos (igual que sus fines) y que, por lo general, responden a una síntesis de diversas variables. En bastantes casos incluyen aspectos socioeconómicos, también importantes en toda consideración ambiental.

Precisamente, la integración que se pretende alcanzar en los mapas ambientales desde el plano teórico-científico tienen una proyección muy valiosa en el ámbito de las aplicaciones prácticas, pues los problemas a resolver comúnmente están originados o suponen la interacción de diversas variables. Por ello, en la integración y búsqueda de interrelaciones está el germen de la toma de soluciones acertadas.

Los responsables de la planificación, los gobernantes y ejecutores, en general, precisan cada día más de bases de datos y mapas ambientales para informar y motivar con acierto sus realizaciones y proyectos. El tema que, en última instancia, reconduce las manifestaciones espaciales de las actuaciones políticas es el de la Ordenación del Territorio. Esta es la utilidad fundamental. Todo lo que contribuye a ordenar el territorio implica el uso de mapas, pero

no sólo de mapas sectoriales o integrados surgidos desde la ciencia pura, sino de mapas especiales y especializados.

De nuevo, la casuística es de envergadura y la clasificación difícil de acometer y todavía no bien establecida. Por ello, tan sólo se referirán algunos ejemplos, tratando de incluir los más usuales en la producción cartográfica:

- Mapas geotécnicos (capacidad portante, etc).
- Mapas de riesgos (terremotos, inundaciones, meteorológicos, erupciones volcánicas, colapsos, deslizamientos y derrumbes inducidos).
- Mapas de limitaciones, orientaciones y prescripciones de usos del suelo (mapas agrológicos).
- Mapas de planificación y gestión territorial y regional.
- Mapas de agresividad climática y de erosión potencial.
- Mapas de vulnerabilidad de contaminación de aguas, del aire, de suelos.
- Mapas de ordenación y explotación forestales.
- Mapas para la conservación y protección ambientales.
- Mapas para la ordenación y planificación turísticas.
- Mapas de proyecciones demográficas.
- Mapas de crecimiento urbano.
- Mapas de planificación económica.
- Mapas de planificación de infraestructuras, transportes y comunicaciones.
- Mapas para la investigación científica y otro largo etcétera.

Este último peldaño cartográfico permite retomar el carácter tecnológico que posee la Cartografía. El camino andado hasta aquí habla por sí solo del alcance de esta materia, pues recoge en buena medida la amplitud epistemológica, técnica y temática que alberga. Sin embargo, su sistematización científica es aún incipiente y tiene que ser más precisada y consolidada todavía, como corresponde a una disciplina en formación.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. (1961): *Méthodes de la Cartographie de la Végétation*. CNRS. Paris.
- (1993): «Atlas regionales», en *Serie Geográfica*, 3. 140 pp. Número monográfico. Alcalá de Henares.
- AYALA, F. J. (Dir.), (1988^a): *Atlas geocientífico del medio natural de la Comunidad de Madrid*. CAM e ITGE. Madrid.
- (1988b): «La Geología Ambiental en el contexto de las disciplinas y problemas ambientales», en AYALA, F. J. & JORDÁ, J. F. (Eds. y Coord.): *Geología Ambiental*. 9-15. ITGE. Madrid.

- BARETTINO FRAILE, D. (1999): «Objetivos y bases metodológicas del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (PNCTA)», en LAÍN HUERTA, L. (Ed.): *Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y el Medio Ambiente*. pp. 143-154. ITGE. Madrid.
- BARRÈRE, P. & CASSOU-MOUNAT, M. (1972): *Le document géographique*. Masson et Cie. Paris
- BEROUTCHACHVILI, N. & MATHIÉU, J. L. (1977): «L'Éthologie des géosystèmes», en *L'Espace Géographique*, 2. Paris. pp. 73-84.
- BERTRAND, G. (1968): «Paysage et Géographie Physique Globale. Esquisse méthodologique», en *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, 39 (3). Toulouse. pp. 249-272.
- BERTRAND, G. (1972): «Les structures naturelles de l'espace géographique, l'exemple des Montagnes Cantabriques centrales (nord-ouest de l'Espagne)», en *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, 43 (2). Toulouse. pp. 175-206.
- BICKMORE, D. (1987): *Further examples of environmental maps*. International Cartographic Association/International Geographical Union.
- BLANDIN, P. & LAMOTTE, M. (1985): «Écologie des systèmes et aménagement: fondements théoriques et principes méthodologiques». en LAMOTTE, M. (Dir.): *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*. pp. 139-162. Masson. Paris.
- BRUNET, R. (1967): *Le croquis géographique, régional et économique*. SEDES. Paris.
- CABRERA, P. G. (1984): *Cartografía Ecológica del valle del Güümar. Una experiencia metodológica*. Universidad de La Laguna. Tesis de Licenciatura. La Laguna.
- CENDRERO, A. (1980): «Bases doctrinales y metodológicas», en *I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Ponencias*. Santander. pp. 1-62.
- CENDRERO, A. (1988): «Planificación ambiental y ordenación de usos del territorio» en: AYALA, F.J. & JORDÁ, J.F. (Eds. y Coord.): *Geología Ambiental*. pp. 25-33. ITGE. Madrid.
- CENDRERO, A.; NIETO, M.; ROBLES, F. Y SÁNCHEZ DÍAZ, J. (Dir.) (1986): *Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia*. 3 Tomos. Diputación Provincial de Valencia, Universitat de València y Universidad de Cantabria. Valencia.
- CLAVAL, P. & WIEBER, J. C. (1969): «La Cartographie Thématique comme méthode de recherche» en: *Cahiers de Géographie de Besançon*, 18-19. 2 Vols. Besançon.
- CHRISTIAN, C. S. & STEWART, G. A. (1968): «Methodology of integrated surveys», en AA.VV.: *Aerial surveys and integrated studies*. pp. 233-281. UNESCO. Paris
- DANSEREAU, P. (1985): «Essai de classification et de Cartographie Écologique des spaces», en *Études Écologiques*, 10. Québec: 146 pp.
- DÍAZ PINEDA, F. Y NICOLÁS, J. P. DE (1987): «Sistemas de información ambiental», en RAMOS FERNÁNDEZ, A. (Coord.) (1987): *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, Ecología, paisaje*. pp. 884-901. Espasa-Calpe. Madrid.
- DÍAZ DE TERÁN, J. R. (1988): «Tipos y metodologías de cartografías geoambientales o geocientíficas», en: AYALA, F. J. & JORDÁ, J. F. (Eds. y Coord.): *Geología Ambiental*. pp. 239-257. ITGE. Madrid.
- DOMON, G.; GARIÉPY, M. & BOUCHAR, A. (1989): «Ecological Cartography and Land-Use Planning: Trends and Perspectives», en *Geoforum*, 20 (1). pp. 69-82.

- FERRER, F. J. (1985): *Programación de un curso teórico-práctico sobre Cartografía Ecológica*. Universidad de La Laguna. Tesis de Licenciatura. La Laguna.
- GALLOPIN, G. C. (1982): «Una metodología multivariante para la regionalización ambiental. I. Bases metodológicas», en *Ecología Argentina*, 7. pp. 161-176.
- GARCÍA-HERNÁN, O. (1996): «El Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental», en CHACÓN, J. & IRIGARAY, C. (Eds.): *6th Spanish Congress and International Conference on Environmental Geology and Land-Use Planning. Natural Hazards, Land-Use Planning and Environment*. Vol. III. pp. 511-524. Universidad de Granada. Granada.
- GARZÓN, G. (1988): «Geología y zonificación de unidades territoriales», en AYALA, F. J. & JORDÍA, J. F. (Eds. y Coord.): *Geología Ambiental*. pp. 231-238. ITGE. Madrid.
- GÓMEZ OREA, D. (1978): *El medio físico y la planificación*. CEOTMA. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981): *Ecología y paisaje*. H. Blume. Barcelona.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. et al. (1973): *Estudio temático ecológico de la Subregión de Madrid*. 3 Vols. Ministerio de la Vivienda. Madrid.
- ISACHENKO, G. A. (1995): «Landscape Mapping: new possibilities for environmental monitoring» en: *Proceedings I of 17th International Cartographic Conference and 10th General Assembly of ICA*. pp. 791-799. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.
- ISACHENKO, G. A. & REZNIKOV, A. I. (1995): «Landscape-dinamical scenarios simulation and Mapping in Geographic Information Systems», en *Proceedings I of 17th International Cartographic Conference and 10th General Assembly of ICA*. pp. 800-804. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.
- JOLY, F. (1979): *La Cartografía*. Ariel. Barcelona.
- JOURNAUX, A. (Dir.) (1985): *Cartographie intégrée de l'environnement et de sa dynamique: un outil pour la recherche et pour l'aménagement*. UNESCO. UGI. Paris.
- LEGÉNDRE, L. y LEGÉNDRE, P. (1979): *Écologie numérique*. Masson. Paris.
- LONG, G. (1974-75): *Diagnostic Phyto-Écologique et Aménagement du Territoire*. Masson. Paris.
- LUTTIG, G. (1980): «Mapas geocientíficos como base para el análisis del medio natural», en *Tecniterrae*, S-238. pp. 59-62. Madrid.
- LLORCA, A. y RUIZ, M. (1987): «Apuntes para una metodología objetiva de sectorización territorial», en *Estudios Territoriales*, 25. pp. 107-119. Madrid.
- MACAU, F. (1961): «Transformación de mapas teóricos en mapas de aplicación», en *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección Geología, 59. pp. 225-241. Madrid.
- MARGALEF, R. (1957): «La Teoría de la Información en Ecología», en *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Barcelona*, 32. pp. 337-449. Barcelona.
- McHARG, I. (1969): *Design with nature*. Double Day Naturae History Press. New York.
- MONKHOUSE, F. J. & WILKINSON, H. R. (1968): *Mapas y diagramas*. Oikos-Tau. Barcelona.
- MOREA, M. L. (1999): «Normativa informática del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental», en LAÍN HUERTA, L. (Ed.): *Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos aturales y en el Medio Ambiente*. ITGE. Madrid.

- NICOLÁS, J. P. DE & FERRER, F. J. (1986): «El uso del entorno como base para prácticas integradas a través de la Cartografía Ecológica», en AA.VV.: *Ecología y Universidad*. pp. 69-90. ICE de la Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- OTAMENDI, J. *et al.* (1988): «Metodología analítica y sintética de elaboración de mapas geocientíficos a escala 1:25.000 para la evaluación y planificación del territorio en Euskadi», en *Actas del II Congreso Geológico de España. Comunicaciones 2*. pp. 503-506. Granada.
- OZENDA, P. (1986): *La Cartographie Écologique et ses applications*. Paris. Masson. 160 pp.
- PABLO, C. L. DE Y DÍAZ PINEDA, F. (1985): «Análisis multivariante del territorio para su cartografía ecológica: ensayo preliminar en la provincia de Madrid», en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 5. pp. 215-242. Madrid.
- PABLO, C. L. DE; GÓMEZ SAL, A. Y DÍAZ PINEDA, F. (1987): «Élaboration automatique d'une cartographie écologique et son évaluation avec des paramètres de la théorie de l'information», en *L'Espace Géographique*, 2. pp. 115-128.
- PABLO, C. L. DE; MARTÍN DE AGAR, P.; GÓMEZ SAL, A. Y DÍAZ PINEDA, F. (1988): «Descriptive capacity and indicative value of territorial variables in ecological cartography», en *Landscape Ecology*, 1 (4). pp. 203-211.
- PABLO, C. L. DE Y MARTÍN DE AGAR, P. (1993): «Bases teóricas de la Cartografía Ecológica», en *Quercus*. pp. 32-35.
- PARRY, R. B. (1989): «Environmental maps», en PERKINS, C. R. & PARRY, R. B. (Eds.): *Information sources in Cartography*. pp. 347-361. Bowker-Saur. London.
- PRUETT, N. J. (1989): «Earth Science Mapping», en PERKINS, C.R. & PARRY, R.B. (Eds.): *Information sources in Cartography*. pp. 331-347. Bowker-Saur. London.
- RAMOS FERNÁNDEZ, A. (DIR.) (1979): *Planificación física y Ecología. Modelos y métodos*. EMESA. Madrid.
- REQUES, P. (2001): «De las cifras a los mapas: el tratamiento cartográfico de la información estadística», en *El Campo*, 138. pp. 175-203. Madrid.
- SÁNCHEZ DÍAZ, J.; RUBIO, J. L.; SALVADOR, P. & ARNAL, S. (1984): «Metodología de la Cartografía Básica», en *I Congreso Español de Geología*. Tomo I. pp. 771-782. Segovia.
- SANCHO, J. (1993): «Atlas temáticos regionales», en *Serie Geográfica*, 3. pp. 15-34. Alcalá de Henares.
- SANZ, A. (1993): «Los contrastes regionales de España a través del Atlas Nacional de España», en *Serie Geográfica*, 3. pp. 67-76. Alcalá de Henares.
- TROLL, C. (1971): «Landscape Ecology (Geoecology) and Biogeocenology. A Terminological Study». *Geoforum*, 8. pp. 43-46.
- VÁZQUEZ, F. (1980): *Examples of environmental maps*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.