

UN MODELO DE EVALUACION DEL TERRITORIO PARA LA PLANIFICACION, CON BASE GEOMORFOLOGICA, APLICADO A LA VERTIENTE CANTABRICA.

A GEOMORPHOLOGICALLY BASED PROCEDURE OF TERRAIN EVALUATION FOR PLANNING; ITS APPLICATION IN THE CANTABRIAN REGION

FRANCES, E. ⁽¹⁾, CENDRERO, A. ⁽¹⁾ Y MOREY M. ⁽²⁾

⁽¹⁾ D.C.I.T.T.Y.M. Ciencias de la Tierra. Universidad de Cantabria.

⁽²⁾ Dpto. de Biología i Ciencias de la Salud. Univ. de las Islas Baleares.

RESUMEN

Una cuenca fluvial de la Cordillera Cantábrica ha sido analizada y cartografiada usando una metodología con tres etapas y dos niveles de evaluación. La primera etapa consistió en la elaboración de un banco de datos cartográfico de tipo analítico. La segunda incluye la obtención del grado de correlación entre la vegetación y los parámetros abióticos y la evaluación de la capacidad de acogida del territorio para diversos usos. La tercera etapa, de tipo sintético, corresponde a la obtención de un mapa de unidades morfodinámicas integradas, usando un procedimiento jerárquico. Se elaboraron diez mapas temáticos, obteniéndose como mapas derivados el de series de vegetación y el edafológico-sintético, basado en la unidades morfodinámicas. La correlación entre vegetación y parámetros abióticos se realizó a través de perfiles ecológicos "índices". La capacidad de acogida del área de estudio para distintas actividades, realizada a dos niveles de detalle, fué evaluada usando un procedimiento tipo pesos/escalas. El producto final de la evaluación fué un mapa sintético de Orientaciones de Uso.

Palabras Clave: Planificación territorial, Riesgos geológicos, Vegetación Potencial.

ABSTRACT

A fluvial valley of the Cantabrian Mountains, have been surveyed and mapped using a methodology with three steps and two levels of assessment. The first step was the elaboration of thematic maps. A second step included the correlation between parameters and general assessment of capability at the regional level. The third step, synthetic, corresponded to the preparation of a map of integrated morphodynamic units, using a hierarchical approach. Ten basic thematic maps were made, and the vegetation series (sigmetum) and the soils map how derivate maps, from the morphodynamic units. The correlation between vegetation and abiotic parameters was carried using indexed ecological profiles. The capability of the area, at two level of detail, was assessed using a weighting/scaling method. The final product of the assessment was a synthetic map of land use recommendation.

Key words: Land-use planning, Geological hazards, Potential vegetation.

INTRODUCCION

En la cuenca fluvial de los ríos Nansa y Escudo, al norte de la divisoria de la Cordillera Cantábrica, se aplicó un modelo de análisis y evaluación del territorio frente a la im-

plantación de diversos usos del suelo (FRANCES, 1987). Para ello se elaboró un procedimiento de cartografía geocientífica, que definiese el funcionamiento integrado de los sistemas naturales en la zona de estudio (LÜTTIG, 1979, 1987; FISHER et al., 1973). La metodología aplicada, basada

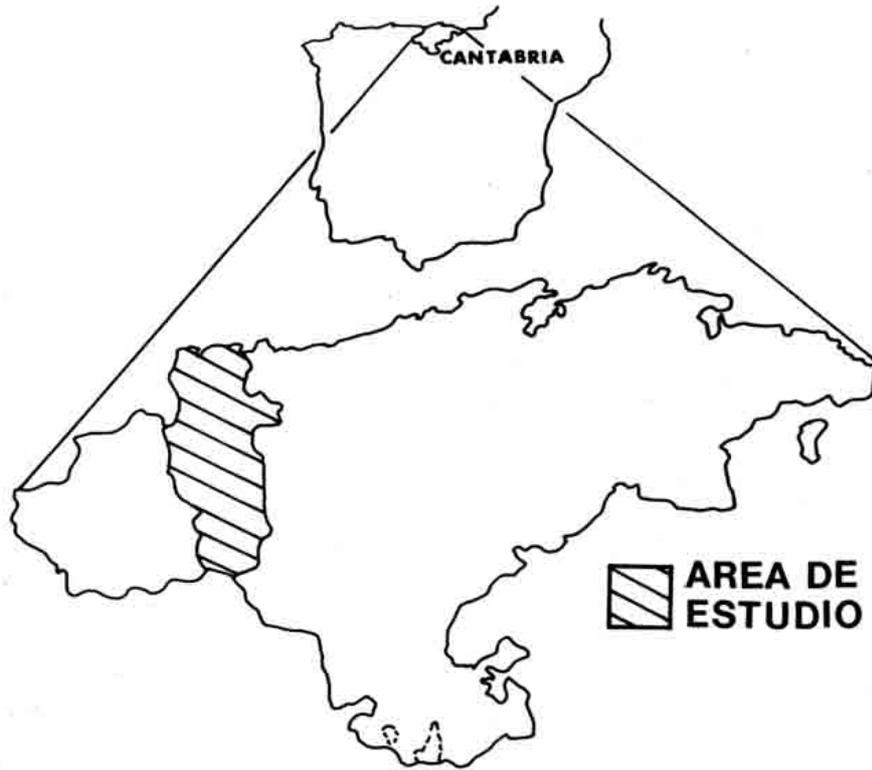


Fig.1- Mapa de situación. Fig.1- Study area.

en la definición de unidades homogéneas tipo "land system", permite definir contornos cartográficos precisos y fáciles de evaluar para orientar una adecuada política de gestión y manejo de recursos (CENDRERO, 1980; AMMER et al., 1981).

La zona de estudio abarca una superficie de 528 Km² (Fig. 1), comprendida entre los cordales de la Cordillera Cantábrica (2.167 m) y la línea de costa, con un territorio caracterizado por su diversidad topográfica, geológica, botánica, así como en la intensidad de uso del territorio por parte del hombre (BERTRAND, 1972). Se pueden distinguir, a grandes rasgos, tres comarcas naturales bien diferenciadas: por un lado, la franja costera, con altitudes comprendidas entre la línea costa y los 300 m, aproximadamente, caracterizada por presentar relieves suaves desarrollados sobre materiales litológicos muy diversos, entre los que predominan las calizas, calizas arenosas y areniscas del Terciario, así como las margas y calizas margosas del Cretácico Superior. La vegetación y usos del suelo está constituida por prados de siegas y repoblaciones de *Eucaliptus globulus*, indicativos de un alto grado de antropización.

La segunda comarca, de topografía accidentada, abarca los valles interiores de los niveles medios, con altitudes dominantes entre los 300 y los 900 m, aproximadamente. Esta zona está constituida por un gran sinclinorio en cuyo núcleo se sitúan las areniscas y limólitas de la Facies Weald,

aflorando en el sector oeste del valle las areniscas y conglomerados del Pürbeck y las calizas jurásicas. Formando el flanco oeste de este gran sinclinorio, aparecen las areniscas triásicas, que constituyen la impresionante mole de Peña Sagra (2.025 m), límite occidental del área de estudio. En esta comarca los asentamientos se sitúan en los fondos de valle, disponiéndose a su alrededor las tierras de labor y las praderías de siega. Las extensas laderas aparecen ocupadas por un brezal atlántico con pastizal de diente, que sustituye al robledal oceánico de *Quercus robur*, formación climática en este ambiente, que aún persiste en manchas aisladas en las laderas más inaccesibles. Por último, la comarca más alejada del mar, está constituida por una cubeta desarrollada entre los 900 y los 2.000 m, aproximadamente, sobre areniscas y pizarras del Carbonífero, que aparecen intensamente plegadas. Estos valles superiores, muy poco poblados, aún mantienen un elevado grado de naturalidad, con importantes bosques de *Fagus sylvatica*, que asciende por las pronunciadas laderas de los sistemas montañosos, sirviendo de refugio, junto con las zonas cumbreñas, a la macrofauna vertebrada característica de la región cantábrica (oso, lobo, corzo, buitre leonado, rebeco, etc.).

OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo eran, en primer lugar, la

creación de un banco de datos cartográfico sobre el medio natural, de carácter abierto y flexible, que permitiera incorporar información en cualquier fase del proceso de evaluación del territorio, frente a la implantación de diversos usos.

Como una fase intermedia, se definió la relación funcional existente entre los rasgos geológico-geomorfológicos y la cobertura vegetal, que permitió obtener un mapa de Vegetación Potencial, indicativo del grado de conservación de las formaciones forestales autóctonas. Asimismo, se definió la dinámica edafológica existente en el área, obteniéndose un mapa Edafológico-Sintético, en el que se reflejó la Capacidad de Uso agrícola del suelo.

Por último, como una síntesis global del proceso, se pretendía obtener mapa de Orientaciones y Limitaciones de Uso, que representa la vocación natural de uso del territorio, teniendo en cuenta la coexistencia espacial de los distintos factores ambientales.

METODOLOGIA

Para cubrir los objetivos propuestos, se han aplicado dos metodologías de carácter distinto pero complementario,

cuyas características son las siguientes: por una parte, se aplica una metodología de tipo analítico, con un inventario sectorial, a escala 1:50.000, de los rasgos naturales más significativos de cara al planeamiento, integrándose posteriormente estos mapas a través de la superposición de una malla regular. Aplicando un tratamiento probabilístico, con significación estadística a tres niveles, se midió el grado de dependencia de los rasgos geológico-geomorfológicos edafológicos y topográficos, respecto a la vegetación y usos actuales (ALVAREZ, et al., 1989). A través de un procedimiento de integración automática por ordenador, se obtuvieron mapas de Capacidad, Impacto y Grado de Aptitud para diversas actividades.

Por otra parte, se aplicó una metodología de tipo secuencial, en la que se dividió el territorio en Ambientes, Sistemas y Unidades Morfodinámicas, definidos en base a divisiones cartográficas iterativas, considerándose las unidades morfodinámicas como Unidades homogéneas respecto a los rasgos naturales que las conforman. Son por tanto muy adecuadas como unidades de diagnóstico en el análisis territorial.

Como una síntesis de ambas aproximaciones al estudio del medio, se obtuvieron el mapa Edafológico-Sintético, el

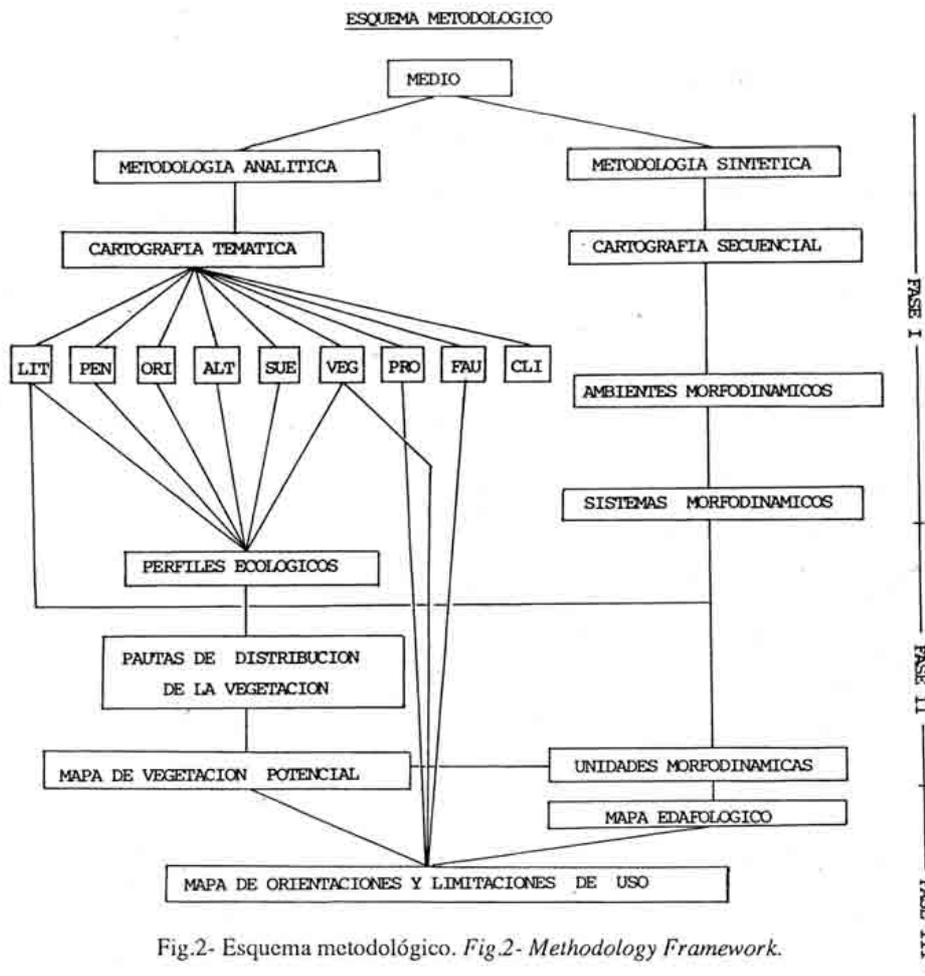


Fig.2- Esquema metodológico. Fig.2- Methodology Framework.

mapa de Vegetación Potencial, el mapa de Calidad para la Conservación y, como producto final, el mapa de Orientaciones y Limitaciones de Uso.

El esquema metodológico adjunto resume el proceso seguido.(Fig. 2)

La metodología analítica parte del estudio del medio a través de la realización de una cartografía sectorial individualizada de mapas temáticos. Se elaboraron los siguientes mapas:

Escala 1:100.000

- Mapa de Isotermas
- Mapa de zonas bioclimáticas
- Mapa de Isoyetas
- Mapa fitogeográfico
- Mapa de zonas isoclimáticas

Escala 1:50.000

- Litología y depósitos superficiales
- Procesos geológicos activos
- Espesor de material suelto
- Altitud
- Orientación
- Pendiente-Suelos
- Vegetación y usos actuales
- Fauna
- Paisaje
- Valores singulares

Estos mapas constituyen el inventario básico, que servirá para analizar la influencia de los rasgos geológico-geomorfológicos en la distribución de las formaciones vegetales y de los usos actuales. Para ello se obtuvieron distintos tipos de perfiles ecológicos, basados en la aplicación de métodos probabilísticos, enfrentando los distintos tipos o "estados" diferenciados en cada mapa temático, con los distintos tipos de formaciones vegetales.

El procedimiento consistió en la integración de la información a partir de la superposición a cada mapa temático de una malla regular cuadrada de 0.5 cm de lado. Es decir, cada celdilla o "unidad de tratamiento", tiene una superficie real de 6.25 Ha, obteniéndose de esta manera un fichero de trabajo de 59.000 datos, aproximadamente, que fueron introducidos a un ordenador.

Con este banco de datos se elaboraron distintos tipos de Perfiles Ecológicos: absolutos, relativos, corregidos y perfil índice (GAUTHIER et al., 1976). Este último tipo de perfil es el más importante, ya que permite discriminar si las relaciones de dependencia estadística observada entre los

rasgos geológico-geomorfológicos y la vegetación es significativa o bien, obedece al azar. Para obtener este perfil se parte del análisis de una tabla de contingencia en la que se reflejan las coincidencias entre cada variable considerada y los distintos tipos de formaciones vegetales (asimilables a especies) diferenciados.

CLASES DE LA VARIABLE L (Ej.: Pendiente).			
Especie A	Estado K		Otros estados
	Presencia	a	b
Ausencia	c	d	n=c+d
Total	r=a+c	s=b+d	N=m+n=r+s

m=número total de datos (cuadrículas) donde la especie A está presente.
r=número total de datos en los que la variable L está en el estado K.
N=número total de datos.
a=número de datos en los que la variable L está en el estado K y, simultáneamente, está presente la especie A.

El valor a, denominado "Frecuencia observada", refleja el número de coexistencias en el territorio entre la especie A y el estado K de la variable analizada. En este caso, el estado K corresponde a cada uno de los tipos diferenciados en cada mapa temático sujeto a análisis (las distintas litologías, suelos, rangos de pendiente, etc.).

La dos "frecuencias relativas" de la especie son: a/r y b/s.

A estas dos frecuencias relativas de cada subconjunto, se les aplica un test de igualdad en el que se calcula la probabilidad de encontrar el valor a en la tabla de contingencia, aplicando el análisis combinatorio:

$$P(a) = C_r^a \cdot C_s^b / C_N^m = m! n! r! s! / N! a! b! c! d!$$

Si P(a) es elevado, las dos frecuencias relativas no pueden considerarse diferentes, y por tanto el resultado obtenido en la tabla de contingencia obedece al azar, y no muestra ninguna relación de dependencia entre la vegetación A y el estado K de la variable.

Si P(a) es bajo, es necesario saber si las frecuencias relativas son significativamente diferentes, por lo que es preciso obtener las frecuencias acumuladas, sumando a P(a) la probabilidad de obtener los casos menos frecuentes, y comparar esta frecuencia acumulada con los niveles de significación escogidos, que indican el mayor o menor grado de dependencia. Estos niveles han sido el 2.5%, el 0.5% y el 0.05% (GAUTHIER, 1976).

Aplicando los cálculos precedentes para cada especie, y en cada uno de los estados de la variable, los resultados forman el "perfil indexado" de la especie frente al descriptor.

Para cada uno de los estados de la variable, los resultados posibles son los siguientes:

- 1.- La especie es significativamente sensible, de manera positiva, respecto al estado de la variable al nivel de 2.5% (o al nivel 0.5% o al 0.05%).
- 2.- La especie es significativamente sensible, de manera negativa, respecto al estado de la variable al nivel de 2.5% (o al nivel 0.5% o al 0.05%).
- 3.- La especie no es significativamente sensible, a este estado de la variable.
- 4.- El número de datos para los cuales la variable está en el estado considerado es insuficiente.

Se realizó una interpretación y adaptación del método descrito por Gauthier, a las características del banco de datos y a los objetivos perseguidos en este trabajo, elaborándose posteriormente un programa de ordenador que permitió su aplicación. A la hora de presentar los resultados, se ha elegido un método que refleje de manera clara el enfrentamiento "vis a vis" entre los rasgos abióticos y la vegetación. La representación del resto de los perfiles, se hizo a través de histogramas de frecuencia (Figs. 3 y 4).

Con la información aportada por los perfiles ecológicos completada con datos de campo, se estableció con precisión la relación entre los rasgos abióticos y la cobertura vegetal.

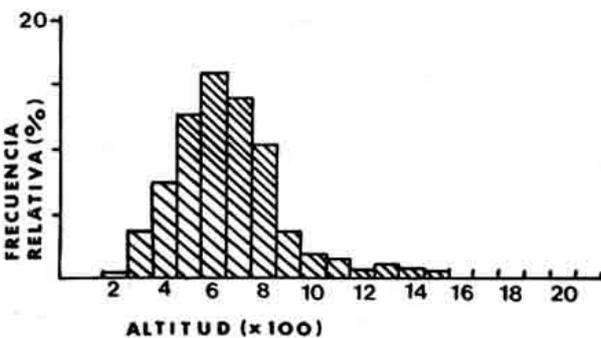


Fig. 3 - Distribución de frecuencias del robleal en relación con la altitud

Fig. 3- Frequency distribution of "oak forest" in relation to altitude.

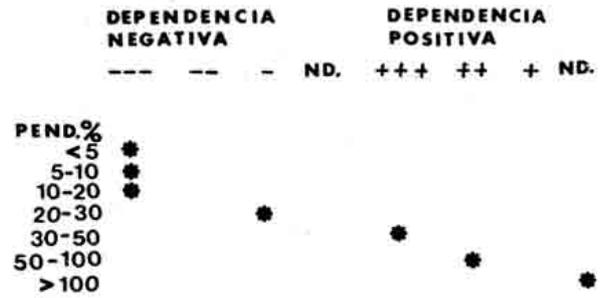


Fig. 4- Perfil indexado mostrando la relación de dependencia negativa entre el robleal y las pendientes llanas y la relación de dependencia positiva respecto a las pendientes abruptas.

N.D.:no hay datos suficientes.

Fig. 4- Indexed profile showing the negative relationship between "oak forest" and gentle slopes and the positive relationship with steep slopes.

N.D.: insufficient data.

Esto permitió la obtención de las series de vegetación del valle del Nansa y un mapa de Vegetación Potencial a escala 1:50.000 (Fig. 5).

Este tipo de perfiles se aplican a muestreos tradicionales, pero no son frecuentes para bancos de datos cartográficos que cubran amplios territorios, siendo sin embargo muy interesantes para establecer relaciones de dependencia funcional entre los distintos factores ambientales. En este caso se eligió enfrentar los rasgos geológicos-geomorfológicos y la vegetación, pero puede aplicarse para medir la relación de los deslizamientos superficiales con las pendientes, o con los tipos de material: los tipos de suelos con los materiales litológicos, etc.

También dentro de la metodología analítica, se realizó la evaluación de la Capacidad, el Impacto y la Adecuación del territorio para implantar seis actividades, que se corresponden con los usos tradicionales de la zona: agrícola, ganaderas, ganadería extensiva, repoblación de eucalipto, parque natural, extracción de roca para áridos y urbanización de baja densidad. Para ello se integraron los mapas temáticos, superponiendo una malla regular con cuadrados de 1 cm de lado. Se le asignó a cada cuadrícula el tipo o elemento de cada mapa que coincidía con su ángulo inferior derecho. A continuación, se introducen estos datos al ordenador, creándose un banco de datos en el que cada cuadrícula viene caracterizada por los distintos rasgos ambientales que constituyen el inventario cartográfico, y por sus coordenadas horizontales y verticales.

Al banco de datos se le aplican los siguientes algoritmos:

$$C = \sum_{i=1}^m P_{ia} \times V_{ia} \quad \text{Para el cálculo de la capacidad}$$

$$I = \sum_{i=1}^m P_{ia}' \times V_{ia}' \quad \text{Para el cálculo del impacto}$$

$$C_A = W_c C_c + W_i C_i / W_c + W_i$$

Siendo:

C_A : clase de grado de adecuación

C_c : clase de capacidad

W_c : peso de la capacidad

C_i : clase de impacto

W_i : peso del impacto

$W_c + W_i = 100$

La aplicación de este procedimiento tipo "weighting-

scaling" permitió medir el "peso" de cada mapa temático y el "valor" de cada tipo o elemento diferenciado en los distintos mapas, frente a la implantación de cada actividad. Los resultados se ofrecieron en salidas de ordenador para cada una de las hojas topográficas 1:50.000 que cubren la zona estudiada.

La metodología sintética, o secuencial, se aplicó en busca de una sectorización precisa del territorio, a partir de la definición de unidades homogéneas en cuanto a sus rasgos naturales. Esta cartografía de unidades geoambientales, es similar en su concepción a la clasificación tipo "land system" (CHRISTIAN, 1957) y ha sido desarrollada en España, entre otros, por CENDRERO y DIAZ DE TERAN (1985) y ALONSO (1987).

El procedimiento aplicado consiste en realizar una división escalonada (secuencial) del territorio, basándose en rasgos morfodinámicos (rasgos morfológicos con signi-

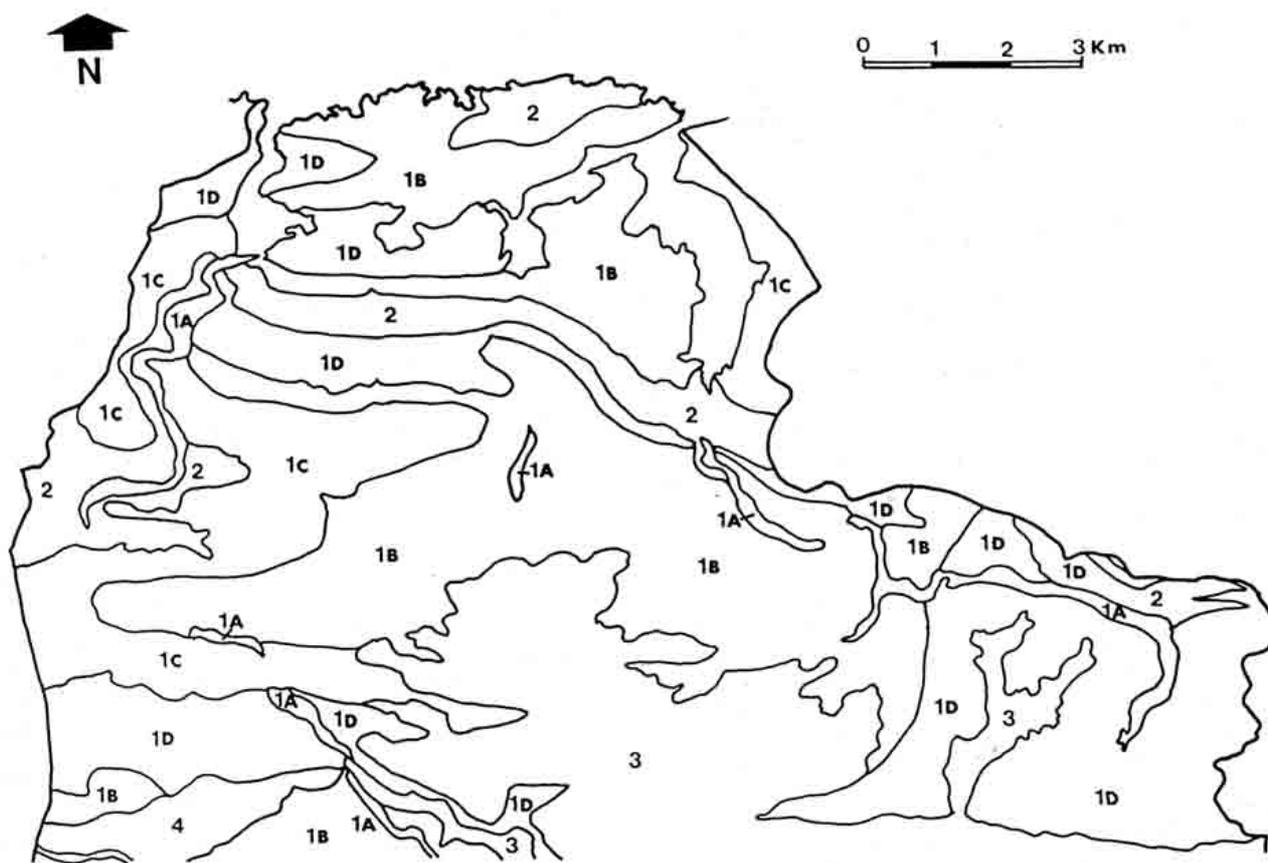


Fig. 5- Mapa de vegetación potencial de la zona costera del Nansa.

1: Serie del bosque mixto de *Quercus robur*. (Polisticho setiferi-Fraxineto excelsioris sigmetum). A: Fresnedas; B: Eutrofo; C: Mesotrofo; D: Oligotrofo 2: Serie del encinar oceánico de *Quercus ilex*. (Lauro querceto-ilicis sigmetum). 3: Serie del robledal oceánico de *Q. robur*. (Blechno spicanti-Querceto roboris sigmetum). 4: Serie del encinar orocantábrico de *Q. rotundifolia*.

Fig. 5- Potential vegetation map of the coastal area of the Nansa.

1: Oak Forest mixed (Polisticho setiferi-Fraxineto excelsioris sigmetum). A: with *Fraxinus excelsior*; B: Eutrofo; C: Mesotrofo; D: Oligotrofo 2: "green Oak" Forest (Lauro querceto-ilicis sigmetum). 3: Oceanic Oak Forest (Blechno spicanti-Querceto roboris sigmetum). 4: Orocantabric "green oak" Forest (Cephalanthero Longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum).

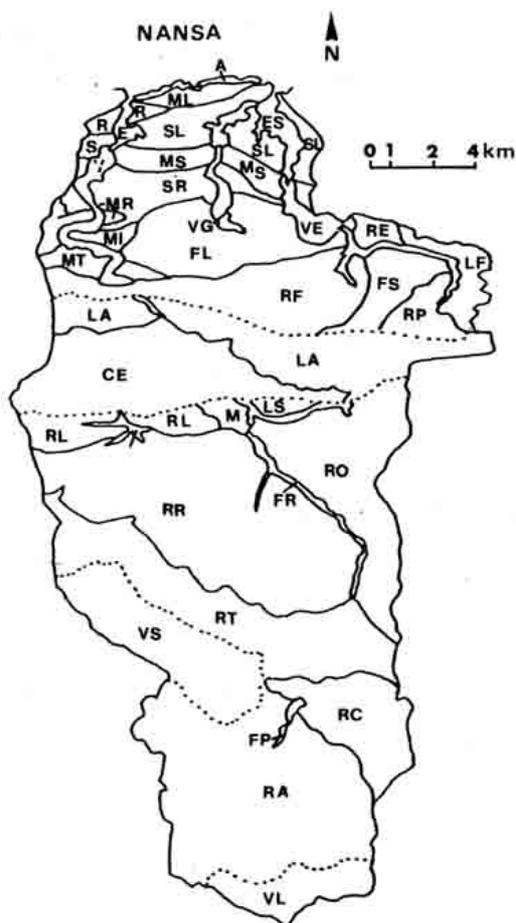


Fig. 6- Sistemas morfodinámicos del valle del Nansa: A: acantilados costeros; RE: Rasas litorales; RT: Relieves en cuetas; MS: Macizos cársticos; FR: Valle fluvial de fondo plano; VS: valles glaciares, etc.

Fig. 6- *Morphodynamic systems of the Nansa Valley. A: coastal cliffs; RE: raised marine terraces; RT: cuetas; CE: Karstic massif; FR: alluvial terraces; VS: glacial valleys, etc.*

ficado funcional). Se identificaron y cartografiaron en primer lugar los Ambientes morfodinámicos, en base al clima y a las grandes estructuras fisiográficas; a continuación, los Sistemas morfodinámicos, definidos por sus rasgos litoestructurales y topográficos (Fig. 6) y por último, a un nivel más detallado, las Unidades morfodinámicas, definidas por el tipo de roca y la cobertera vegetal. Cuando existe dentro de una Unidad morfodinámica un rasgo del suficiente interés o de cierta extensión superficial, se identifica como un Elemento dentro de la unidad (Fig. 7).

A medida que se identifican y cartografían sectores más detallados, "el nivel de homogeneidad interna es mayor, y por tanto la correlación entre estructura, tipo de roca, formas, procesos, suelos y vegetación es más estricta" (DÍAZ DE TERAN, 1985). En el valle del Nansa se han diferenciado un total de cinco Ambientes morfodinámicos, 42 Sistemas morfodinámicos y 374 Unidades morfodinámicas. Estas

Unidades se caracterizaron superponiéndolas a los distintos mapas temáticos del inventario básico, empleando una ficha-resumen para describirlas. Una vez finalizado el proceso de cartografía secuencial, se cuenta con un documento de trabajo con contornos precisos, bien caracterizado, y por tanto fácil de evaluar. Por ello, las Unidades morfodinámicas se consideran muy apropiadas como elemento de diagnóstico para la evaluación del territorio frente a la implantación de diversos usos.

Como un producto derivado de la cartografía de Unidades morfodinámicas, se obtuvo el mapa Edafológico-Sintético, a escala 1:50.000 (FRANCES, et al., 1988). Para ello, a través de fotointerpretación y recorridos de campo, se ha relacionado cada unidad morfodinámica con un patrón de distribución de los suelos. En esta fase del trabajo, ha servido de ayuda para caracterizar las asociaciones de suelos presentes en la zona, la existencia de un mapa de suelos previamente elaborado por MONTURIOL y col. (1978), si bien ha sido preciso redefinir de nuevo las asociaciones a la vista de la nueva información recogida.

Se obtuvieron para la zona de estudio las secuencias edáficas, similares en su concepción a las series de vegetación, que indican la evolución de un suelo maduro "clímax", a través de una serie de etapas de degradación, en un proceso regresivo originado por acción humana. Las series edáficas-regresivas observadas en la zona de estudio son las siguientes:

- Sobre materiales silíceos:

1 → Bh → BhBd → BdBh → Bd → BdRd → RdBd → BRd
2 → Bh → BhU → UBh → U → UI → *IU → I

1: en facies arcillosas del Weald y en pizarras carboníferas.
2: en areniscas triásicas o carboníferas o facies de areniscas del Weald.

*: Difícilmente reversible.

Bh: Cambisol Húmico; Bd: Cambisol dístico; Rd: Regosol dístico; U: Ranker; I: Litosol silíceo.

- Sobre materiales calizos:

1 → Be → Be → LoI → ILo → I
1 → Be → BeLC → LcI → ILc → I
2 → Hc → HcE → E → IE → I

1: sobre caliza masiva carstificada (caliza carbonífera).
2: sobre otros materiales calcáreos y margas carbonatadas (Jurásico, Cretácico, Terciario).

Be: Cambisol eutrítico; Lo: Luvisol órtico; I: Litosol calizo; Lc: Luvisol crómico; Hc: Phaeozem cálcico; E: Rendzina.

Una vez definidas las asociaciones de suelos existentes, se procedió a la obtención de su Capacidad de Uso Agrícola,

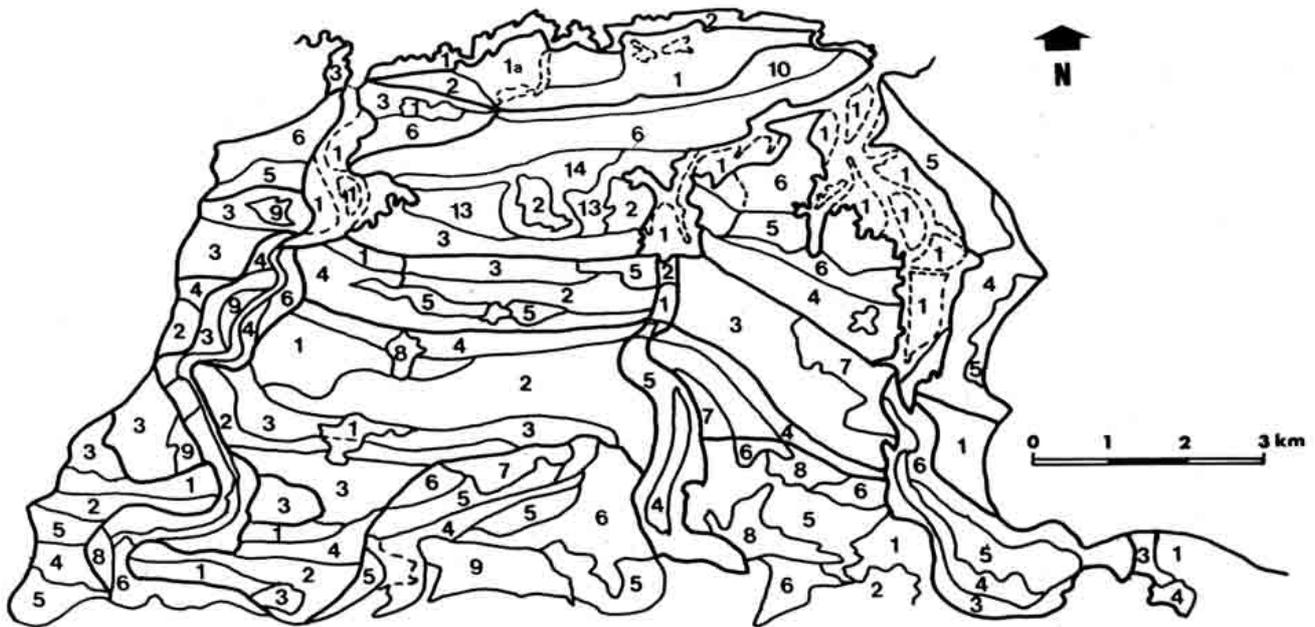


Fig. 7.-Unidades y Elementos morfodinámicos en la zona costera del Nansa.
 Fig. 7.-Morphodynamic units and elements in the coastal area of the Nansa.

adaptando el método desarrollado por Sánchez y Col. para el área mediterránea (SANCHEZ et al. 1984). El procedimiento empleado consiste en ordenar cada asociación o tipo de suelo según una jerarquía decreciente en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso, teniendo en cuenta las limitaciones del suelo y/o su entorno, que los hace desfavorables para un uso determinado. Se definieron cinco Clases, desde la A hasta la E, de mayor a menor capacidad de Uso, según las limitaciones que presentaban. Este procedimiento de cartografía edafológica permite realizar una definición precisa de los contornos de las distintas asociaciones de suelo, ya que las Unidades morfodinámicas representan sectores del territorio homogéneos en cuanto a sus rasgos edafogenéticos, y por tanto con un "pattern" de suelos bien definido.

Por otra parte, el mapa de Unidades Morfodinámicas sirvió de base para establecer un mapa de Calidad para la Conservación, usando también un método pesos/escalas que integra el valor de los siguientes elementos: geología, geomorfología, fauna, vegetación y paisaje visual. Para ello, se aplicaron unos coeficientes de ponderación a los citados elementos, en base sobre todo a la fragilidad de los mismos. Se obtuvieron cinco clases de Calidad para la Conservación, existiendo una clara gradación entre las zonas altas del valle, menos humanizadas, y la franja litoral.

Por último, como una fase final que sintetiza la información obtenida en los pasos anteriores, se realizó un mapa de Orientaciones y Limitaciones de Uso, siguiendo un proceso de incorporación sucesiva de distintos niveles de recomendaciones. Los criterios aplicados fueron los siguientes:

- 1.- Se recomienda conservación para las unidades de clase 5 de calidad para la conservación.
- 2.- Se recomienda agricultura intensiva para las unidades con suelos de clase A, B y C en pendientes inferiores al 20%.
- 3.- Se recomienda ganadería intensiva para las unidades con suelo de clase C no incluidos en la clase anterior, o D y con prados de siega.
- 4.- Se recomienda ganadería extensiva para el resto de las unidades de los sistemas "valles glaciares".
- 5.- Se recomienda reforestación para las unidades con suelos de clase D y E con pendientes mayores del 50% y/o con evidencia de erosión.
- 6.- Se recomienda ganadería extensiva para el resto de las unidades con suelo de clase D y pendientes menores del 50%, cubiertas por pastizales con matorrales, sobre calizas jurásicas.
- 7.- Las unidades con suelos de clase E y pendientes inferiores al 50%, fueron recomendadas para producción forestal intensiva.
- 8.- Las otras unidades de carácter forestal, fueron asignadas a producción forestal de mantenimiento.
- 9.- El resto de las unidades no posee una recomendación específica.

Las restricciones de uso que se definieron fueron: por inestabilidad de taludes, por vulnerabilidad de acuíferos, por riesgo de inundación y por condiciones constructivas.

El producto final es un mapa de Orientaciones y Limitaciones de Uso a escala 1:50.000 que integra la informa-

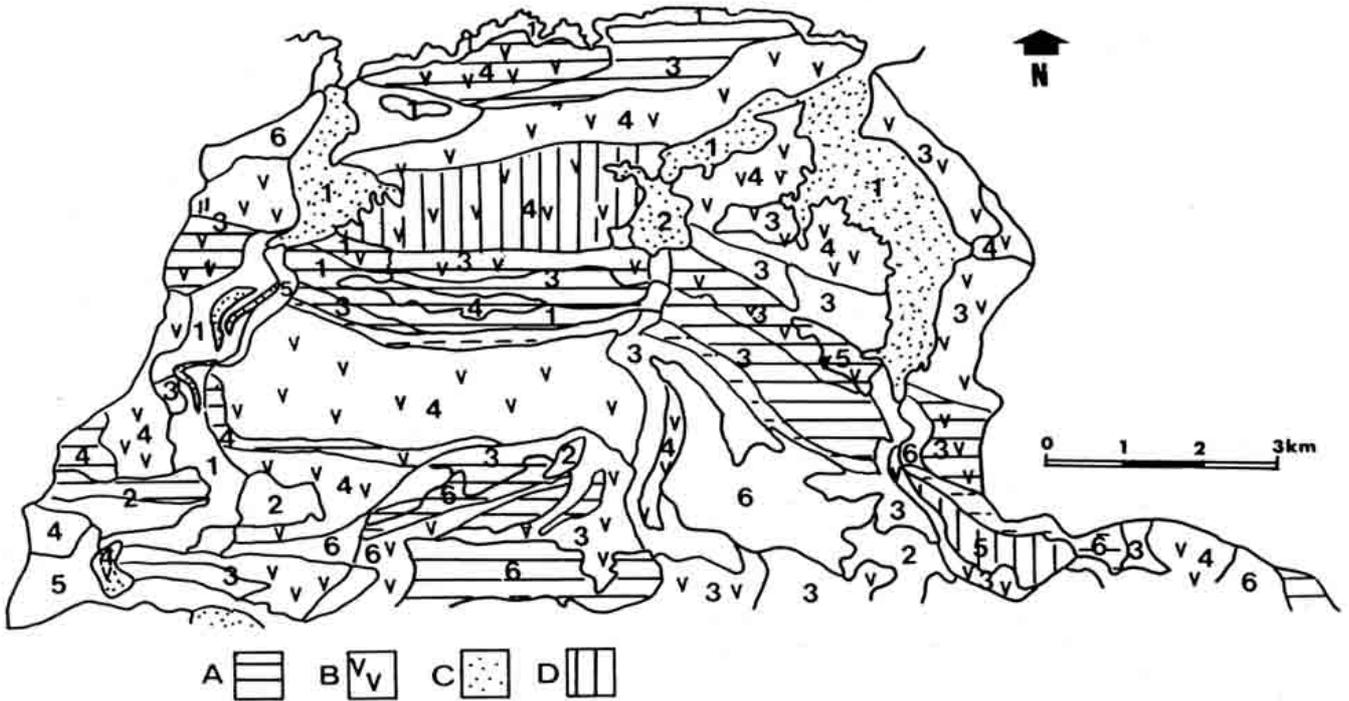


Fig. 8 - Mapa de Orientación y Limitaciones de uso de la zona costera del Nansa: 1: Conservación de primer grado; 2: conservación de 2º grado; 3: agricultura intensiva; 4: Ganadería intensiva; 5: repoblación de protección; 6: explotación forestal; A: vulnerabilidad de acuíferos subterráneos; B: vulnerabilidad de los suelos; C: riesgo de inundación; D: inestabilidad de taludes.

Fig. 8 - Map of land-use recommendations and limitation of the lower part of the Nansa. 1: Conservation, first priority; 2: Conservation, second priority; 3: intensive agriculture; 4: dairy farming; 5: protective reforestation; 6: productive reforestation; A: aquifer vulnerability; B: soil vulnerability; C: flood hazard; D: slope instability hazard.

ción obtenida en fases anteriores (Fig. 8).

CONCLUSIONES

La metodología aplicada permite obtener una cartografía de unidades ambientales de contornos precisos y a diferentes escalas, de fácil evaluación frente a un plan de gestión de recursos.

El método de perfiles índice, permite establecer las relaciones de dependencia funcional entre los factores geológico-geomorfológicos y la vegetación. Esto permite la obtención de un mapa de Vegetación Potencial a escala detallada (1:50.000). El método de perfiles índice, también se puede aplicar a la obtención del grado de dependencia existente entre dos factores ambientales cualesquiera (riesgos naturales y litología, tipos de suelo y pendiente, etc.). La eficacia del método disminuye cuando se trata de analizar una formación vegetal de poca extensión superficial relativa en el territorio, ya que no ofrece datos suficientes para establecer las correlaciones o grados de dependencia frente a los factores ambientales.

El mapa de Unidades morfodinámicas resulta apropiado para la elaboración de cartografía edafológica, ya que la delimitación de los contornos de las unidades se lleva a cabo

por medio de rasgos geológico-geomorfológicos y biológicos con significado en la edafogénesis. Asimismo, sirven de base adecuada para la elaboración de un mapa de Calidad para la conservación, y, finalmente, de un mapa de Orientaciones y Limitaciones de Uso. Una limitación del método para su aplicación real a estudios de gestión territorial, es la dificultad de delimitar claramente sobre el terreno los contornos de las unidades morfodinámicas. Esta dificultad se ha superado en algunos casos (FRANCES, et al., 1990) adaptando los contornos "naturales" de las unidades a elementos artificiales (carreteras, límites de propiedades, etc.) o a rasgos fáciles de percibir incluso por los no especialistas.

Las Unidades morfodinámicas constituyen una herramienta muy valiosa de cara a una planificación de usos del territorio a escalas detalladas (escalas mayores que el 1:50.000), por la precisión de sus contornos y su elevado grado de homogeneidad interna.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, J., YANGUAS, M.M. ; RODRIGUEZ, M.A. y GOMEZ SAL, A., 1990. Condicionantes geofísicos de los usos del territorio en un valle de la montaña cantábrica. *Options*

- Mediterranéennes*. Série Séminaires, N°3, pp 283-288.
- ALONSO, E. (1987). *Inventariación, análisis y evaluación integrada del medio natural en la comarca de Riaño. León*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León. pp 618.
- AMMER, U., BECKET, G. and KLEIN, R. (1981). *Methodology of a large scale environmental mapping*. W.G. Land-schafets-technik, Faculty of Forestry. Univ. of Munich.
- BERTRAND, G. (1972). Les structures naturelles de l'espace géographique. L'exemple des Montagnes Cantabriques Centrales, (NW de L Espagne). *Rev. Geog. des Pyrénées et du S-O*. 43-2 pp. 175-206.
- CENDRERO, A. (1980). Bases doctrinales y metodológicas. Vol. de *Ponencias de la I Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Santander, pp. 1-62.
- CENDRERO, A. and DIAZ DE TERAN, J.R. (1985). The environmental maps system of the University of Cantabria, Spain. In *Mineral Resources, Extraction, Environmental Protection and Land-Use Planning*. Ed. by Lüttig, pp. 149-181.
- CHRISTIAN, C.S. (1957). The concept of land units and land systems. *Proc. 9 th. Pacific Sci. Congr.* 20 pp. 74-81.
- DAGET, P. et GODRON, M. (1982). *Analyse fréquentielle de l'ecologie des especes dans les communantes*. Masson Ed., París, 163 pp.
- DIAZ DE TERAN, J.R. (1985). *Estudio geológico-ambiental de la franja costera Unquera-Castro Urdiales (Cantabria) y establecimiento de bases para su ordenación territorial*. Tesis de Doctorado. Inédita. Fac. de Ciencias Geológicas, Uni. de Oviedo, 761 pp.
- FRANCES, E. (1987). *Cartografía geocientífica integrada del valle del Nansa: su relación con la cobertera vegetal y con la vocación de uso del territorio*. Tesis Doctoral. Univ. de Oviedo. 1174 pp. Inédita.
- FRANCES, E., MARTINEZ, V. y CENDRERO, A. (1988). Un método de cartografía edafológico-sintética sobre unidades morfodinámicas y su aplicación en la vertiente cantábrica. *Actas II Congr. Geol. España*, Com., 2, Granada pp 471-474
- FRANCES, E.; DIAZ DE TERAN, J.R.; CENDRERO, A.; GOMEZ OREA, D.; LEONARDO, J.; ASIZ, L.; VILLARINO, T. (1990). Environmental mapping applied to the planning of urban and natural park areas in the north coast of Spain. *Sixth International Congress of the International Association of Engineering Geology*. Amsterdam. (En prensa).
- FISHER, W.L. et al. (1973). *Environmental geologic atlas of the Texas coastal zone, Beaumont-Port Arthur Area*. Universidad de Texas at Austin. Bureau Econom. Geol., 93 pp.
- GAUTHIER, B., GODRON, M. et LEPART, J. (1976). Un type complémentaire de profil écologique: le profil écologique "indice". *Can. J. Bot.*, 55: pp 2859-2865.
- LÜTTIG, G. (1979). Geoscientific maps as a basis for land-use planning. *Geologiska Föreningens i Stockholm*, vol. 101, pp. 65-69.
- LÜTTIG, G. (1987). Large scale maps for detailed planning. In F.Ch. Wolff, ed. *Geology for environmental planning. Geol. Survey of Norway*, Special Publ. 2, Trondheim, pp. 71-76.
- MONTURIOL, F. et al. (1977). "Cartografía edafológica y capacidad de uso de la franja costera de la provincia de Santander". Centro de Investigación y Desarrollo de Santander. Informe inédito. 333 pp.
- SANCHEZ, J. et al. (1984). Metodología de la cartografía básica. *Com. I Congreso Español de Geología*. Segovia, pp. 771-782.

Recibido en Mayo de 1990
 Aceptado en Julio de 1990