

# Gestión de la cartografía geológica y geomorfológica en un SIG y su aplicación a la cartografía de suelos para usos forestales

*Geological and geomorphological mapping management in a GIS and their application to soil mapping for forestal uses*

Rosana Menéndez Duarte (\*), Susana Fernández Menéndez (\*) y Jorge Marquínez (\*\*)

(\*) INDUROT (Univ. de Oviedo) C/ Independencia 13, 33004, Oviedo.

(\*\*) Dept. de Geología. Área de Geodinámica. C/ Arias de Velasco s/n, 33005, Oviedo.

## ABSTRACT

*For a specific climatic zone, the soil types and units generally used in many different purposes soil mapping are closely related to geomorphological and rock parent characteristics. These relations are much more pronounced in mountainous areas. This paper proposes an objective and easily repeatable method to perform soil mapping on the basis of units likely used on geological and geomorphological mapping, complemented with numerical slope data derived of the Digital Terrain Model. The analysis and combination of this information has been done within a Geographical Information System, which is a ideal tool to develop this application.*

**Key Words:** *Geographical Information Systems, soil mapping models*

*Geogaceta, 20 (5) (1996), 1215-1218  
ISSN:0213683X*

## Introducción

En regiones con fuertes pendientes la cartografía de los suelos resulta difícil de abordar a través de la identificación directa de los diferentes tipos de suelos y de los límites entre manchas de características edáficas comunes. Por otra parte, las características del sustrato geológico y las condiciones geomorfológicas resultan determinantes de los tipos de suelos en estas regiones, en las que, por la fuerte pendiente, la actividad geomorfológica es muy rápida. Estos condicionantes han llevado a los diferentes autores a realizar aproximaciones a la cartografía de los suelos utilizando unidades del terreno, relativamente homogéneas desde el punto de vista geológico y geomorfológico, que pueden ser a posteriori caracterizadas desde un punto de vista edáfico.

La aparición y vertiginosa extensión en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), proporciona una herramienta idónea para interconectar las diferentes informaciones que deben tenerse en cuenta para realizar modelos cartográficos de los suelos en estas regiones. Esta herramienta permite el enriquecimiento y la mejora de los modelos, con la incorporación y ponderación de cualquiera de las variables que puedan considerarse significativas para cartografiar tipos de suelos, en todos los casos, la delimitación de las variables elegidas debe de resultar abor-

dable con criterios objetivos y fácilmente reproducibles.

En el presente trabajo se muestra un ejemplo de modelización cartográfica de los suelos, con el objetivo de orientar trabajos forestales en un sector de la Cordillera Cantábrica. Al contrario que en trabajos semejantes desarrollados con anterioridad para otras áreas, no se han utilizado unidades del terreno de compleja definición y validez exclusivamente local, sino que se parte de las unidades internacionalmente utilizadas en la cartografía geológica y geomorfológica, combinadas con el Modelo Digital del Terreno (MDT) y la información que puede derivarse automáticamente del mismo.

La zona de trabajo recibe el nombre de Monte de Pumar de las Montañas, y se localiza en el extremo noroeste del Concejo de Cangas del Narcea al SO de Asturias. Los límites del monte coinciden prácticamente con los de la cuenca de drenaje del arroyo de Pumar de las Montañas, con una extensión próxima a los 15,5 km<sup>2</sup>. En el año 1994 este monte, que históricamente había sido una explotación forestal, fue adquirido por el Gobierno Regional Asturiano, con el fin de restaurar el ecosistema natural y enriquecer el patrimonio público de áreas naturales de la Cordillera Cantábrica. Por ello, se hizo necesario un inventario de los recursos naturales de la finca y un estudio detalla-

do de las características del medio físico, prestando especial atención a los recursos geológicos, edáficos y forestales.

La información geológica, geomorfológica y edáfica, así como la referente a vegetación y recursos forestales de la cuenca, ha sido digitalizada y gestionada en un SIG, juntamente con la topografía y los modelos digitales de elevaciones y pendientes, constituyendo la base de datos cartográfica con la que se elabora este trabajo.

## La geología y geomorfología del Monte de Pumar

El Monte de Pumar, ocupa la casi totalidad de una cuenca torrencial de orden dos, con un desnivel absoluto ligeramente superior a los 800 m, una pendiente media de 26.5° y las altitudes mayores en torno a los 1200 m.

El sustrato geológico de la cuenca está constituido fundamentalmente por materiales silíceos de edad cambro-ordovícica que han sufrido un metamorfismo de bajo grado durante la Orogenia Hercínica. La unidad geológica en la que se encuadra la zona es la Asturoccidental-leonesa, caracterizada por una estructura de diferentes escalas de cabalgamientos y pliegues, desarrollados en varias fases y a los que se asocia una esquistosidad muy penetrativa en los materiales pelíticos (Marcos, 1973). La dirección aproximada de estas

estructuras es N-S, en el entorno de la zona de estudio, dominando esta dirección en la disposición de las formaciones paleozoicas.

La serie estratigráfica se inicia con areniscas feldespáticas, pizarras y cuarcitas de la Formación Cándana-Herrería; sobre ella se sitúa La Caliza de Vegadeo, constituida principalmente por mármoles y en la que se reconoce un miembro inferior de pizarras y areniscas. Sobre la Formación Vegadeo se sitúa una potente sucesión (4500m) de materiales detríticos constituidos por alternancias de cuarcitas, areniscas cuarcíticas y areniscas y pizarras conocida como Serie de los Cabos. En esta serie, que ocupa casi el 90% de la extensión total de la finca, se han diferenciado tres miembros en función de la litología dominante. Por último, sobre la Serie de Los Cabos se sitúan las Pizarras de Luarca, constituidas por pizarras negras ricas en piritita y materia orgánica.

Sobre estas rocas paleozoicas se ha encajado una red de drenaje muy gruesa, con cauces cortos y muy pendientes, desarrollándose amplias laderas cuya evolución determina los rasgos más destacados en la geomorfología del monte. Así, las formaciones superficiales cartografiadas corresponden principalmente a los materiales derivados de la evolución de las vertientes, juntamente con los originados por la actividad torrencial de algunos cauces y depósitos de gelificación. En la descripción de estos depósitos se sigue básicamente el esquema propuesto por Menéndez Duarte (1990) para otra zona próxima en la Cordillera Cantábrica.

Las formaciones superficiales más abundantes son las derivadas de la caída de rocas y reptación del suelo, que corresponden a canchales, derrubios de ladera y coluviones. Los canchales están constituidos por clastos angulosos y subangulosos, con tamaños generalmente menores de 50 cm y se caracterizan por la casi total ausencia de matriz y cemento. Los derrubios de ladera están formados generalmente a partir de canchales inactivos, en este caso, los clastos están incluidos en una matriz arenosa o areno-arcillosa cuya proporción puede ser variable, aunque la textura suele ser siempre granosoportada.

El tercer tipo de depósitos de ladera, a los que se ha denominado coluviones, se relaciona con la evolución de las vertientes por diferentes mecanismos, entre los que siempre se reconocen evidencias de reptación del suelo. Estos depósitos presentan abundante matriz y una granulometría heterométrica, con tamaños que no superan al de gravas y cantos.

En cuanto a los depósitos originados por la actividad torrencial, se distinguen

en el valle de Pumar restos de depósitos torrenciales en la confluencia de los cauces menores y un abanico aluvial de mayor extensión, a la salida del cauce principal. Aunque no existen en el área buenos afloramientos de estas formaciones, la morfología de las mismas, la litología de las cabeceras y la pendiente y extensión de los canales, permiten asumir para ellas un transporte mixto fluvial-flujo de derrubios, de acuerdo con las conclusiones obtenidas en el trabajo de Marquín *et al.* (1993) en áreas próximas.

Por último, en las zonas más elevadas se desarrollan campos de bloques, consistentes en acumulaciones de fragmentos de roca liberados del sustrato rocoso por la acción de la gelifracción y que no han sufrido procesos de transporte posteriores.

La información geológica y geomorfológica se ha completado con el mapa de roquedos, en el que se delimitan las áreas en las que aflora el sustrato rocoso sin una cubierta edáfica continua. Estas áreas pueden considerarse unidades geomorfológicas con un significado muy claro en una clasificación de suelos.

**Clasificación de suelos**

La evaluación de unidades de suelo con un objetivo aplicado a su explotación como recurso natural, ha tenido un precursor claro en E.J.Russell, que ya en 1935 apuntó la necesidad de solucionar problemas de "práctica agrícola" a través de la Edafología (citado en Moreiras, 1991). En este mismo año el Soil Conservation Service de los EE.UU. abordó la realización de mapas en los que se evaluaban las propiedades edáficas más vinculadas a la capacidad de uso y manejo del suelo. Además de las prolijas clasificaciones desarrolladas por este organismo en distintas aproximaciones, entre las clasificaciones orientadas a la caracterización de los suelos destacan por su utilidad las de Clarke (1971), Storie (1970) y López Cadenas y Blanco Criado (1976).

En el presente trabajo se han seguido unos criterios comparables a los dados por estos autores, empleándose como factores determinantes en la clasificación la litología, el espesor de suelo útil, la textura, la pedregosidad y el comportamiento hídrico (Figura 1). Además se ha aborda-

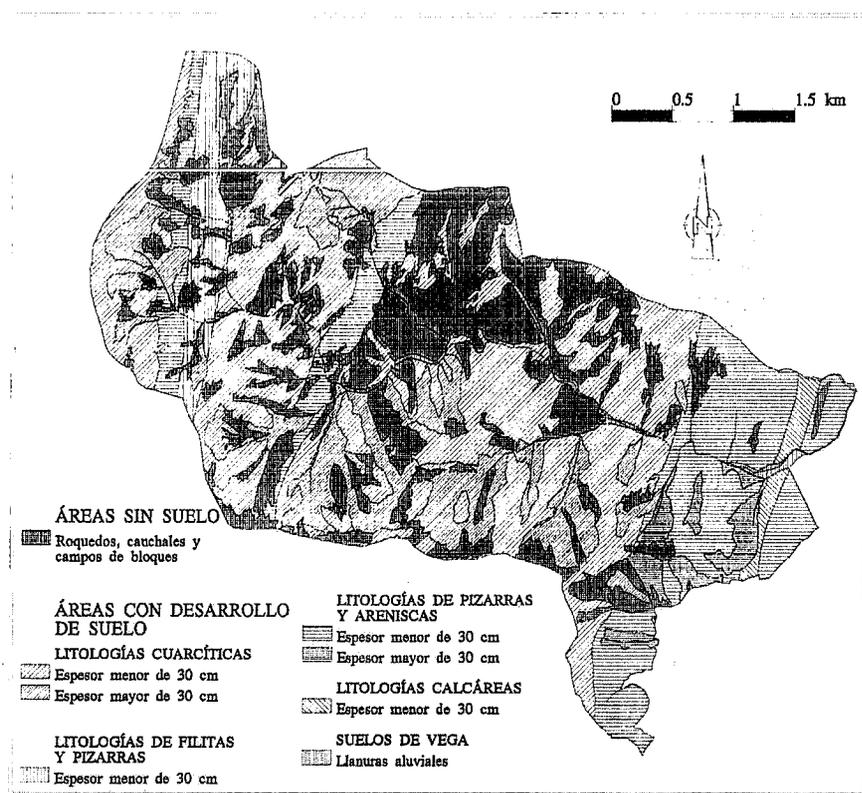


Fig. 1.- Mapa de suelos, realizado a partir de las unidades del sustrato geológico, las formaciones superficiales y las áreas de roquedo. El mapa original, a escala 1:10.000, se ha sintetizado en esta figura eliminando de la cartografía las manchas de extensión inferior a 10.000 m<sup>2</sup>, que han sido incluidas de forma automática en la clase correspondiente al polígono envolvente mayor.

Fig. 1.- Soil mapping. It has been performed using the geological bedrock formations, the superficial formations and the rocky outcrop areas. This is a synthetic map made from the original 1:10,000 mapping. On this figure the patches with a size smaller to 10,000 m<sup>2</sup>, have been automatically merged with the neighboring largest polygon.

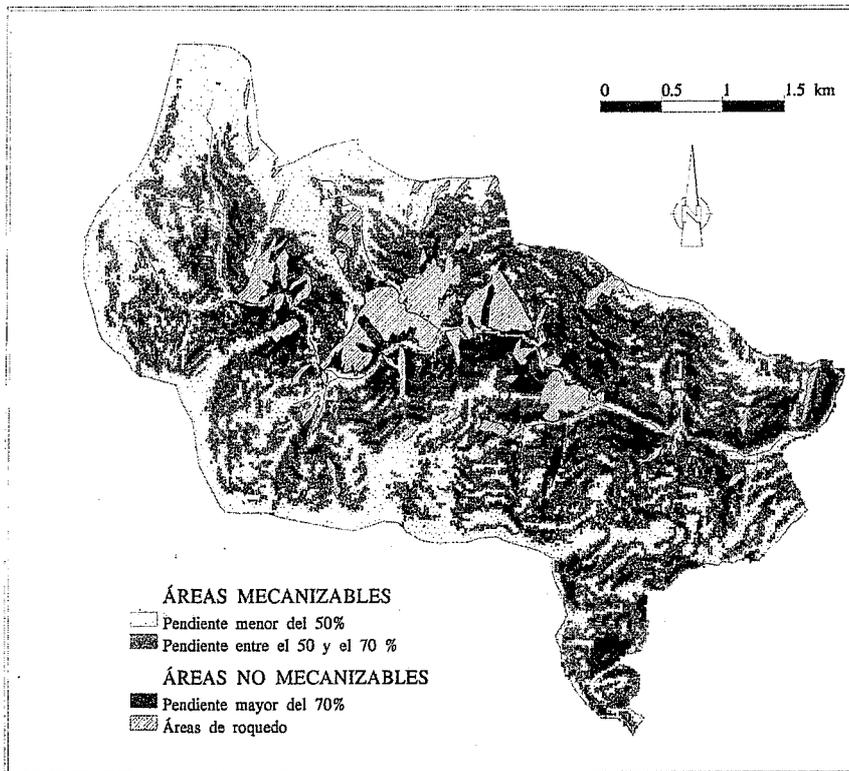


Fig. 2.- Mapa de aptitudes para el mecanizado. El mapa se ha realizado combinando el mapa de pendiente y la cartografía de las áreas de roquedo.

Fig. 2.- Mechanization suitability map. It has been done combining slope intervals and the rocky outcrop areas covers.

do la realización de una segunda clasificación evaluando las posibilidades de mecanizado, para ello se han usado dos factores fundamentales: el espesor de suelo útil y la pendiente límite para el mecanizado (Figura 2).

En una primera aproximación pueden separarse en Pumar de las Montañas las áreas sin suelo o con litosuelos muy gruesos, de las áreas con desarrollo de suelo, entendiendo como suelo el material originario o masa no consolidada a partir de la cual se desarrolla la capa edáfica. Este material originario puede ser la roca meteorizada, un regolito residual o un depósito cuaternario, Way (1973). Como roca meteorizada se consideran las localidades en las que el sustrato geológico aparece alterado químicamente pero sin disgregación física del material y como regolito residual (Strahler y Strahler 1989) el material suelto, liberado de la roca pero que no ha sufrido prácticamente procesos de transporte. El tercer tipo considerado, las formaciones superficiales, hace igualmente referencia a material liberado del sustrato rocoso, pero que ha sido transportado por la acción de la gravedad, el agua u otros agentes geomorfológicos.

**Áreas sin suelo:** En esta clase se incluyen las unidades de roquedo, los canchales y los campos de bloques, todas ellas carentes de una cubierta edáfica continua que incluya materiales finos y/o horizontes de humus de cierta continuidad. En el caso de las áreas de roquedo el comportamiento hídrico está en función de la litología del sustrato, mientras que los canchales y los campos de bloques son depósitos de elevada permeabilidad y baja capacidad de retención de agua.

**Áreas con desarrollo de suelos:** En estas se han diferenciado los suelos desarrollados sobre las diferentes formaciones de naturaleza silíceas y los correspondientes a los sustratos calcáreos de la Formación Vegadeo y, como una categoría aparte, los suelos de vega.

**Suelos desarrollados sobre litologías cuarcíticas:** Se diferencian aquí las áreas ocupadas por formaciones del sustrato con litologías de cuarcitas y cuarcitas y areniscas, así como los derrubios de ladera cuyos clastos son fundamentalmente de naturaleza cuarcítica. Dentro de esta unidad se han diferenciado dos categorías en función del espesor de suelo: áreas con espesor de suelo menor de 30 cm y áreas

con espesor de suelo superior a 30 cm.

En general, para estos terrenos las características edáficas y el grado de madurez del suelo son parecidas independientemente del espesor de regolito acumulado. Esto puede ser debido a que la pendiente de la zona y la velocidad de acumulación de los depósitos es lo suficientemente alta como para no permitir que los procesos edáficos formen un suelo maduro con horizontes bien desarrollados. A pesar de esto, la calidad del terreno para uso forestal es significativamente mejor en los suelos con espesores superiores a los 30 cm. En estas unidades la pedregosidad es alta y las texturas arenosas, lo que proporciona a los suelos una alta permeabilidad y capacidad de infiltración, a la vez que una baja capacidad de retención de agua.

**Suelos desarrollados sobre filitas y pizarras:** Estas litologías tienen en la zona de estudio la particularidad de ser poco susceptible a los procesos de meteorización, lo que provoca que el espesor del regolito sea poco importante e inferior a 30 cm en toda la zona. Sin embargo, cuando existe algo de recubrimiento, el material que lo constituye posee una buena textura, con proporciones considerables de la fracción limo, aumentando notablemente en el suelo la capacidad de retener agua. En general estos terrenos tienen baja pedregosidad. De acuerdo con las características texturales descritas, estos suelos tienen una baja permeabilidad y una alta capacidad de retener agua.

**Suelos desarrollados sobre pizarras y areniscas:** Las alternancias de areniscas y pizarras son las litologías más susceptibles a sufrir procesos de meteorización, tanto física como química. Además del regolito que recubre estas formaciones del sustrato, se han incluido también en esta clase los depósitos cuaternarios que involucran materiales procedentes de las mismas, coluviones y algunos derrubios de ladera.

Al igual que para las litologías cuarcíticas, se ha procedido a la división de esta unidad en función del espesor de material suelto, aunque a grandes rasgos, puede decirse que la madurez de estos suelos tampoco depende de la profundidad del material edáfico, por las mismas razones que se han indicado en los sustratos cuarcíticos. A pesar de esto, en estas litologías la acumulación de material meteorizado suaviza las pendientes de las laderas, disminuye la pedregosidad al proporcionar un incremento de finos y de la capacidad del terreno para retener agua. Por tanto, los terrenos de esta unidad que poseen además espesores mayores de 30

cm son los de más alta calidad para uso forestal en la zona.

**Suelos desarrollados sobre la Formación Vegadeo:** Los suelos desarrollados sobre sustratos calcáreos son en general más ricos que los desarrollados sobre sustratos silíceos, al poseer una mayor basicidad, una mayor cantidad de cationes y un porcentaje más elevado de fracción arcillosa. En el Valle de Pumar estos suelos tienen un espesor menor de 30 cm, tratándose de materiales con abundantes materiales de tamaño limo y arcilla y baja pedregosidad.

**Suelos de vega:** La característica fundamental de estos terrenos es la de poseer una topografía casi plana, lo que junto a su situación en las zonas bajas de las laderas proporciona a estos suelos una abundante humedad. Esta situación favorece igualmente la incorporación de componentes finos que dan a los suelos buenas texturas.

Como ya se ha indicado, además de la separación de las diferentes unidades edáficas descritas, la información geomorfológica permite, en el contexto de un SIG, juntamente con el modelo de pendientes, obtener una valoración de los terrenos en relación con su aptitud para el mecanizado, que constituye un documento de interés en muchos proyectos forestales. En este sentido, se han definido dos clases fundamentales en función de la presencia de suelo útil continuo y de un valor umbral de pendiente para el mecanizado.

Se han cartografiado como terrenos no aptos para el mecanizado todas aquellas áreas sin presencia de regolito y que poseen una pendiente superior al 70%, lo que imposibilita la factura de aterrazamientos estables para el uso de maquinaria (Bonsfils, 1978). Por el contrario, en este mapa se consideran como terrenos aptos para el mecanizado aquellos que poseen una cubierta continua de suelo útil y unas pendientes que no son limitantes para el uso de maquinaria. Se han definido dos subclases atendiendo a los rangos de pendientes: áreas con pendientes menores del 50% y áreas con pendientes entre el 50 y el 70%.

## Discusión

En regiones montañosas como la Cordillera Cantábrica, la cartografía geológica convencional, complementada con la cartografía detallada de las formaciones superficiales y el MDT, integrados en un SIG, proporciona una potente y competitiva base sobre la que realizar cartografía de suelos, para aplicaciones forestales y otros muchos usos.

La gestión de la información cartográfica en el SIG permite una primera división en unidades del territorio. La caracterización detallada de los suelos resulta más abordable si los trabajos se dirigen al estudio de cada una de las unidades previamente definidas, pudiendo completarse entonces la descripción con el análisis de las características físicas y químicas del suelo que sean relevantes para los objetivos concretos que se persigan. Estos análisis pueden aconsejar realizar subdivisiones o agrupamientos de las unidades preestablecidas.

La eficacia de este tipo de metodología se pone de manifiesto en el estudio realizado en la cuenca de Pumar de las Montañas, donde la clasificación a priori resultó adecuada para los objetivos del proyecto de restauración abordado. La base de datos elaborada y gestionada en el SIG ha permitido la obtención de otras informaciones de utilidad, como la clasificación de suelos en función de sus posibilidades de mecanizado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta pequeña cuenca y en otras áreas de la Cordillera Cantábrica en las que se han realizado aproximaciones comparables a la cartografía de suelos, se pone de manifiesto la necesidad de completar la actual cartografía de la geología del sustrato, con una cartografía detallada de las formaciones superficiales, roquedos y otros elementos destacados de la geomorfología. Con el soporte de un SIG y la valoración de algunas de las propiedades físico-químicas elementales de los suelos, esta información proporciona una aproximación objetiva y económica a la cartografía de los recursos edáficos, para su uso en problemas agrícolas, forestales, contaminación de aguas, erosión, restauración, etc.

Otras aproximaciones realizadas a la cartografía de los suelos en áreas con relieve, basadas en la definición de "unidades del terreno" (Mitchell, 1950; Bonsfils, 1978; Moreiras, 1991) contienen muchos elementos en común con este trabajo, aunque los criterios para el establecimiento de estas unidades no tienen un refrendo científico comparable al de las habituales formaciones litoestratigráficas y geomorfológicas, además de representar en muchas ocasiones un nuevo esfuerzo superpuesto a las cartografías geológicas y geomorfológicas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el IN-DUROT de la Universidad de Oviedo, en el contexto del convenio de colaboración con la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Principado de Astu-

rias (Proyecto: Investigación sobre recursos naturales. SV-PA-94-003)

## Referencias

- Bastida, F. y otros (1980): "Mapa Geológico de España a E 1:50000, Hoja nº 75 (Naviago)". Inst. Geol. Min. España.
- Bonsfils, P. (1978): "Le classement des sols en vue de la reforestation on zone méditerranéenne", Biologie et Forest, 4, 1978.
- Clarke, G. R. (1971): "The Study of Soil in the field Clarendon". Press, Oxford.
- López Cadenas, F. y Blanco, M. (1976): "Hidrología Forestal." ETS. Ing de Montes, Madrid.
- Marcos, A. (1973) "Las Series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del Occidente de Asturias (NO de España)". Trab. de Geol., Univ. de Oviedo, 6, 3-113. Oviedo.
- Marcos, A. y otros (1980) "Mapa Geológico de España a E: 1:50000, Hoja nº 50 (Cangas del Narcea)". Inst. Geol. Min. España.
- Marquín, J.; Menéndez Duarte, R. y Fernández Menéndez, S. (1993) "The contribution of debris flow processes to the evolution of torrential basins in the Cantabrian Cordillera, Spain". Abstract of 3<sup>th</sup> International Geomorphology Conference, Hamilton (Ontario, Canada).
- Menéndez Duarte, R. (1990) "Geomorfología aplicada a un estudio ambiental en la Cordillera Cantábrica: metodología de elaboración de mapas litológicos e integración en un S.I.G." Seminario de Investigación, Univ. de Oviedo.
- Mitchell, J. (1950) "Productivity rating and their importance in the soil survey report". Trans. IV Int. Cong. of Soil Sc., 1. pp. 356 y ss.
- Moreiras J. M. (1991) "Capacidad de Uso y Erosión de Suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía." Edt. Agencia de Mediambiente de Andalucía. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Strahler, A.N. y Strahler, A.H. (1989) "Geografía Física". Edt. Omega, Barcelona (3<sup>a</sup> edición).
- Storie, R. E. "Manual de evaluación de suelos". Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americana, México.
- Way, D. S. (1973) "Terrain analysis." Dowden, Hutchinson and Ross. Stroudsburg, Penn.