

Obtención del mapa de susceptibilidad a los deslizamientos con técnicas SIG

GONZÁLEZ MORADAS, M. ROSARIO (*); GONZÁLEZ NICIEZA, C. (**); LIMA DE MONTES, Y. (***)

RESUMEN El presente artículo describe tanto la metodología como los resultados obtenidos en la elaboración del mapa de susceptibilidad a los deslizamientos en la Zona Central de Asturias, que representa algo más de 503 Km². Es un mapa temático cualitativo en proyección UTM y a escala 1:50.000.

Mediante análisis estadístico y utilizando técnicas SIG, se ha determinado la influencia de cinco variables (litología, pendientes, precipitaciones, permeabilidad y resistencia de los materiales) en el desarrollo de los deslizamientos catalogados. De ellas, una de las que más influye es el valor de la pendiente, y concretamente las más desfavorables son las comprendidas entre el 20 y 40%.

El mapa de susceptibilidad ha sido el resultado de un complejo análisis espacial en el que se ha utilizado un software propio. Representa la zonificación según cinco categorías de susceptibilidad, desde muy baja a muy alta. Se ha observado que la del mayor riesgo a los deslizamientos se encuentra distribuido en núcleos aislados por toda la zona de estudio. El Concejo de Oviedo presenta, en general, susceptibilidad de media a baja, clasificándose de muy baja en la zona donde se ubica la capital del principado.

OBTAINING A SLIDING SENSITIVITY MAP BY SIG TECHNIQUES

ABSTRACT *The aim of present paper is both the methodology as well the results obtained to make the landslide susceptibility map of Asturias Central Area, which represents a surface area more than 503km². It is a qualitative thematic map using UTM projection and 1:50000 scale.*

Using statistical analysis and GIS, on the catalogued landslide developed, the influence of five variables (lithology, slope, climatology, permeability and material strength) has been determined. Of these, the most influential is the slope value, and particularly the most adverse falling between 20 and 40%.

The susceptibility map has been the result of a complex spacial analysis in which a own specific software was used. It represents zonification according to five susceptibility categories, from very high to very low. It has been observed that the higher susceptibility zone to landslide is distributed in isolated nuclei throughout the study area. The council of Oviedo generally presents medium to low susceptibility, with the zone where the capital is found being classified as very low.

Palabras clave: cartografía, susceptibilidad, riesgos, deslizamientos, SIG.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del medio natural constituye una de las grandes preocupaciones actuales. De la multitud de aspectos que engloba el concepto de *medio natural*, es quizás el de los desastres naturales sobre el que más se ha hecho hincapié por las pérdidas económicas que entraña. A este respecto, mencionar que, sólo en Asturias; la previsión de pérdidas por riesgos geológicos entre 1991 y 2001 se cifra en algo más de 45 mil millones de pesetas. Es por todo ello, en los últimos tiempos se ha tratado de buscar métodos y técnicas para conseguir una buena evaluación de los

riesgos medioambientales que faciliten su eliminación o prevención.

Se denomina riesgos medioambientales a aquellos procesos, eventos o situaciones que se dan en el medio natural y que pueden producir daños a alguna comunidad. En la literatura existe cierta confusión en cuanto a la definición de riesgo y sus sinónimos. Así, en numerosas ocasiones nos encontramos con que *riesgo* y *susceptibilidad* vienen a ser sinónimos, aunque existan diferencias esenciales entre ambos. El *riesgo* indica la magnitud de las pérdidas económicas derivadas de un fenómeno, mientras que la *susceptibilidad* se refiere a la probabilidad de que en una zona concreta suceda un fenómeno potencialmente dañino en un determinado periodo de tiempo. Aunque ha sido normalizada por diversas instituciones (Claverol y Torres, 1995; Corominas y García 1997; Cruden y Varnes, 1996; Oliva 1999; Varnes, 1984) se siguen utilizando ambos términos como sinónimos y así se encontrarán en el presente artículo.

Las mayores catástrofes naturales acaecidas en la historia han tenido relación con la actividad geológica y han sido la causa de las mayores pérdidas, tanto económicas como de

(*) Depto. de Explotación y Prospección de Minas. Area de Cartografía, Geodesia y Fotogrametría. Universidad de Oviedo

(**) Depto. de Explotación y Prospección de Minas. Area de Explotación. Universidad de Oviedo

(***) Depto. de Geología. Universidad de Oriente.(Venezuela)

vidas humanas, por ello, de la multitud de riesgos geológicos este trabajo se ha centrado en un tipo determinado de movimientos de terreno como son los *deslizamientos*, que se definen como: "movimientos gravitacionales que se producen en laderas y taludes de masa de roca o suelo que se mueven sobre una o varias superficies de rotura al superarse la resistencia al corte en estos planos".

Los riesgos se distribuyen de forma no homogénea por el territorio puesto que los factores de los que dependen tampoco lo hacen. Es por ello que se hace necesario proceder a su representación en forma de *mapas de riesgo* (Chacón e Irigaray, 1992; Mulas *et al.*, 1997; Varnes, 1984), elementos fundamentales de predicción espacial e imprescindibles para el diseño de medidas de prevención.

Es importante señalar que existe una concatenación, tanto espacial como temporal, de los riesgos geológicos, como ejemplo cabe citar que las inundaciones suelen coincidir con movimientos de ladera e intensa erosión. Considerando este aspecto, es deseable que los mapas sean integrales o multi-riesgo. Sin embargo el ingente número de factores involucrados para la obtención de mapas de este tipo hace los trabajos se aborden teniendo como objetivo la generación de mapas temáticos (unirriesgo) y serán los usuarios los encargados de su combinación en el momento de resolver problemáticas específicas.

La obtención de un mapa de este tipo requiere de la realización de amplios análisis espaciales, la mayor parte de ellos costosos, laboriosos y que conllevan gran inversión de tiempo. En los últimos tiempos el problema se acomete utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) con los que abordar satisfactoriamente tales análisis espaciales (Carrara, 1993; Carrara y Guzzetti, 1995; Knox-Robinson *et al.*, 1992; Soeters *et al.*, 1991; Wadge y Pearson, 1991). El principal problema que se encuentra actualmente es la adecuación de la información a formato digital ya que la mayor parte de los datos de partida se disponen en soporte papel y requieren ineludiblemente ser digitalizados, con los inconvenientes que ello genera, agravados en este caso por ser los datos de partida para la superposición de mapas, con lo que la propagación de pequeños errores iniciales puede invalidar los resultados finales.

2. METODOLOGÍA

Para realizar un estudio exhaustivo hay que considerar todos los aspectos que puedan relacionarse con el medio y que tengan un indudable protagonismo. Sin embargo para un objetivo concreto (obtención del mapa de riesgos a los deslizamientos) se deberán elegir un número determinado de ellos (Baeza y Corominas, 1997; Hansen, 1984; Hutchinson, 1988), a saber: morfología, litología, naturaleza mecánica de los materiales, hidrología y climatología. Dichos factores se encuentran representados en un conjunto de mapas temáticos que son, respectivamente, el topográfico, geológico, geotécnico, hidrológico y climatológico. De todas las variables representadas en los mismos, las que se emplean en el análisis son: la pendiente, procedente del mapa topográfico; la litología, del geológico; la resistencia de los materiales, del geotécnico; la permeabilidad, del hidrológico; y las precipitaciones, del climatológico. También es necesario disponer de la ubicación, lo más precisa posible, de todos los deslizamientos existentes en la zona de estudio.

La información disponible estaba en soporte papel; eran mapas a escala 1:50.000, 1:25.000 y 1:10.000 en proyección UTM. Todos estos datos deben ser reconocidos por el sis-

tema para lo cual se procedió a su digitalización y posterior reconocimiento de la topología. La digitalización ha sido manual, utilizando AutoCAD v12 con un tablero digitalizador OCE G6835. La comprobación y eliminación de los posibles errores cometidos (existencia de líneas duplicadas, sueltas, exactitud del contorno, etc.) es imprescindible antes de proceder a la generación de la topología. Aunque estas labores estén automatizadas ya que el propio SIG posee funciones específicas para su realización, es importante la comprobación manual de puesto que, como ya se ha mencionado, la propagación de pequeños errores puede invalidar los resultados finales.

2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RECLASIFICACIÓN DE MAPAS

Cada uno de los valores que toman las variables representadas en los mapas influyen en la en mayor o menor grado en la inestabilidad de las laderas. La cuantificación de dicha influencia se ha realizado mediante análisis estadístico. Para ello se han realizado superposiciones del mapa de deslizamientos con cada uno de los mapas temáticos mencionados anteriormente. Son superposiciones punto-polígono en las que los puntos representan la posición de los deslizamientos y los polígonos, cada una de las superficies con el mismo atributo (valor concreto de una variable). Con ello se determinan las relaciones de inclusión que permiten establecer, para cada variable, la correlación que existe entre los valores que toma y la superficie por unidad de deslizamiento. Cuanto mayor sea el número total de deslizamientos, y sobre todo, cuanto menor sea la superficie por unidad de deslizamiento para un determinado valor de la variable, más propicia será ésta a que se produzca una futura inestabilidad.

Con este criterio se ordenan los distintos valores de las variables según el riesgo que entrañan, permitiendo una posterior reclasificación de cada mapa temático, que implica la generación de una nueva topología. Hay mapas cuyas variables toma multitud de valores distintos por lo que resulta difícil su manejo; en estos casos hay que reagrupar los de características similares dentro del mismo grado de riesgo y comprobar nuevamente los resultados.

2.2. SUPERPOSICIÓN DE MAPAS

El último paso para la obtención del mapa de susceptibilidad es la combinación de todos los factores implicados en el desarrollo de un deslizamiento. Tal combinación se logra con la superposición de los mapas que contienen las variables de interés, utilizando herramientas específicas del Sistema de Información Geográfica.

El número de variables consideradas en el estudio ha sido de cinco, como ya se ha mencionado; pero en este trabajo y debido a las peculiaridades del software, las superposiciones se han realizado de dos en dos.

El mapa resultante tras todas las superposiciones contiene exclusivamente las combinaciones de los atributos provenientes de los mapas iniciales. Posteriormente se deberá dotar de valor numérico a los atributos y realizar el cálculo. Es posible ponderar las variables, si bien los coeficientes de ponderación deberán ser determinados en cada zona de estudio hasta conseguir un modelo que se ajuste lo más posible a la realidad.

El último paso para la obtención del mapa de susceptibilidad a los deslizamientos es definir unos intervalos de riesgo; esto implica, entre otras cosas, que la información representada es cualitativa. Los intervalos definidos han sido, susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

3. RESULTADOS

El área sometida a análisis ocupa una superficie total de 503 Km² en la Zona Central de Asturias. Engloba cuatro concejos, a saber: Oviedo (186.65 Km²), Llanera (107.15 Km²), Siero y Noreña (que conjuntamente ocupan una superficie de 209.32 Km²). Es una de las zonas con mas densidad de población e infraestructuras de Asturias, en el que la aparición de fenómenos de deslizamientos han dado lugar a movimientos de escombreras (figura 1), ocupación parcial de carreteras (figura 2), innumerables daños en edificaciones (figura 3), etc.

La aparición de este fenómeno es tan frecuente que sólo en el Concejo de Oviedo se han catalogado y cartografiado hasta 81 deslizamientos importantes, bien por su extensión o por los perjuicios que han ocasionado

Desde el punto de vista litoestratigráfico, los materiales aflorantes comprenden una extensa serie paleozoica, preorogénica y sinorogénica, sobre la que se deposita discordantemente una cobertura mesozoica-terciaria. Los materiales más antiguos que afloran pertenecen al Ordovícico, encontrándose ausente todas las formaciones del Cámbrico. En las series Silúrica y Devónica se han localizado un elevado número de deslizamientos. Sobre las Areniscas del Naranco (Devónico) se depositan los materiales carboníferos que comienzan con unidades carbonatadas sobre las que se encuentra una sucesión más heterogénea formada por pizarras, areniscas, calizas y carbón. En una franja al SE se localiza una potente sucesión del Carbonífero superior donde abundan las unidades conglomeráticas; en esta zona la mayoría de los deslizamientos se localizan en el Westfaliense. Sin embargo, el mayor número de deslizamientos se localiza sobre materiales cuaternarios.

Del ingente volumen de información proveniente del mapa geológico, en el análisis sólo se ha considerado la litología. El grado de fracturación de los macizos no se ha considerado directamente pues de él depende, entre otras cosas, la resistencia de los materiales y por tanto es un parámetro que queda incluido dentro de la variable contemplada en el mapa geotécnico.

Desde el punto de vista hidrográfico (ver figura 4), la zona se ha dividido en cinco dominios:



FIGURA 1. Deslizamiento de una escombrera en las proximidades de Olloniego.



FIGURA 2. Deslizamiento con invasión de parte de una carretera en las cercanías de Olloniego (1997).

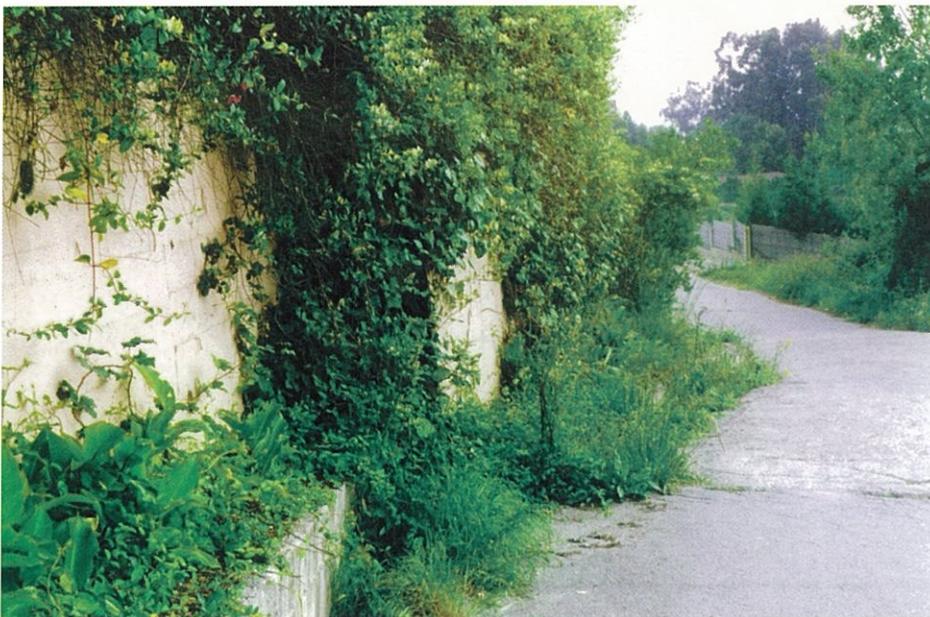


FIGURA 3. Detalle de la rotura de un muro en las edificaciones del Naranco (N de Oviedo).

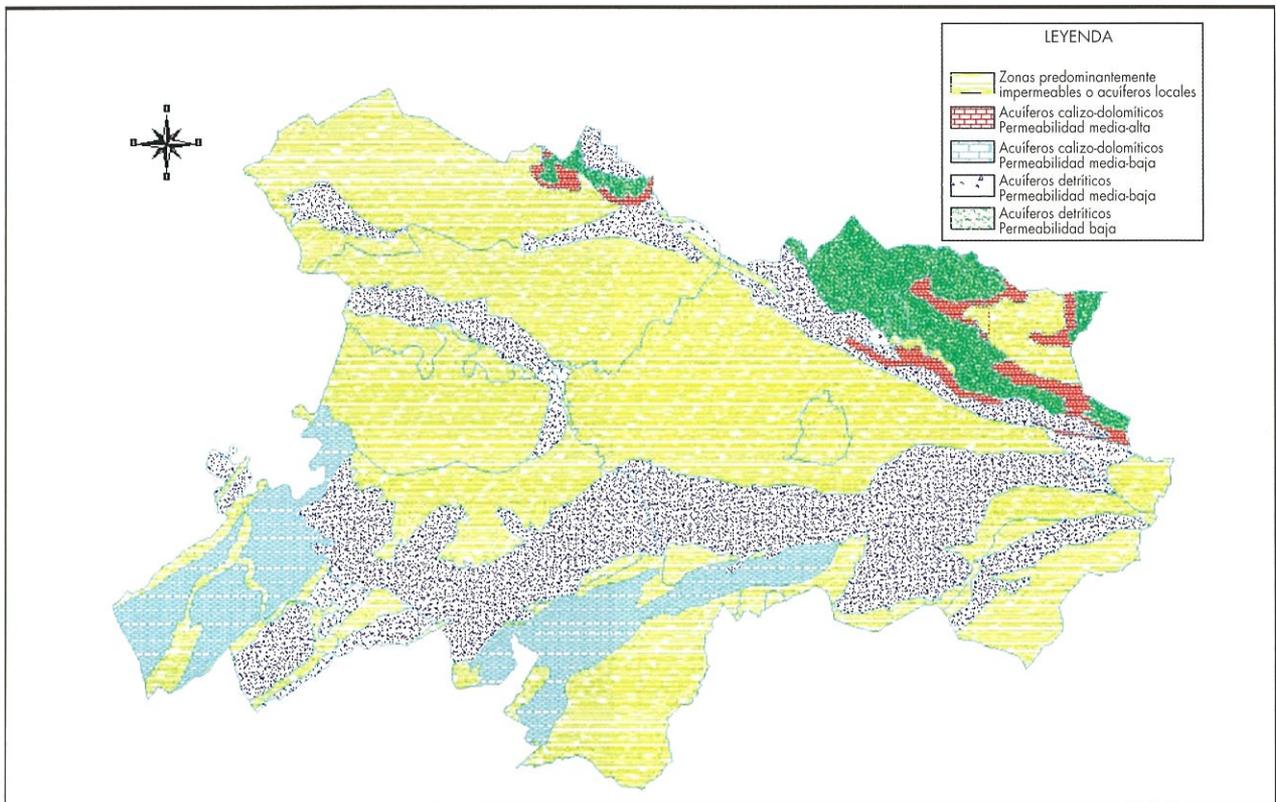


FIGURA 4. Mapa Hidrológico.

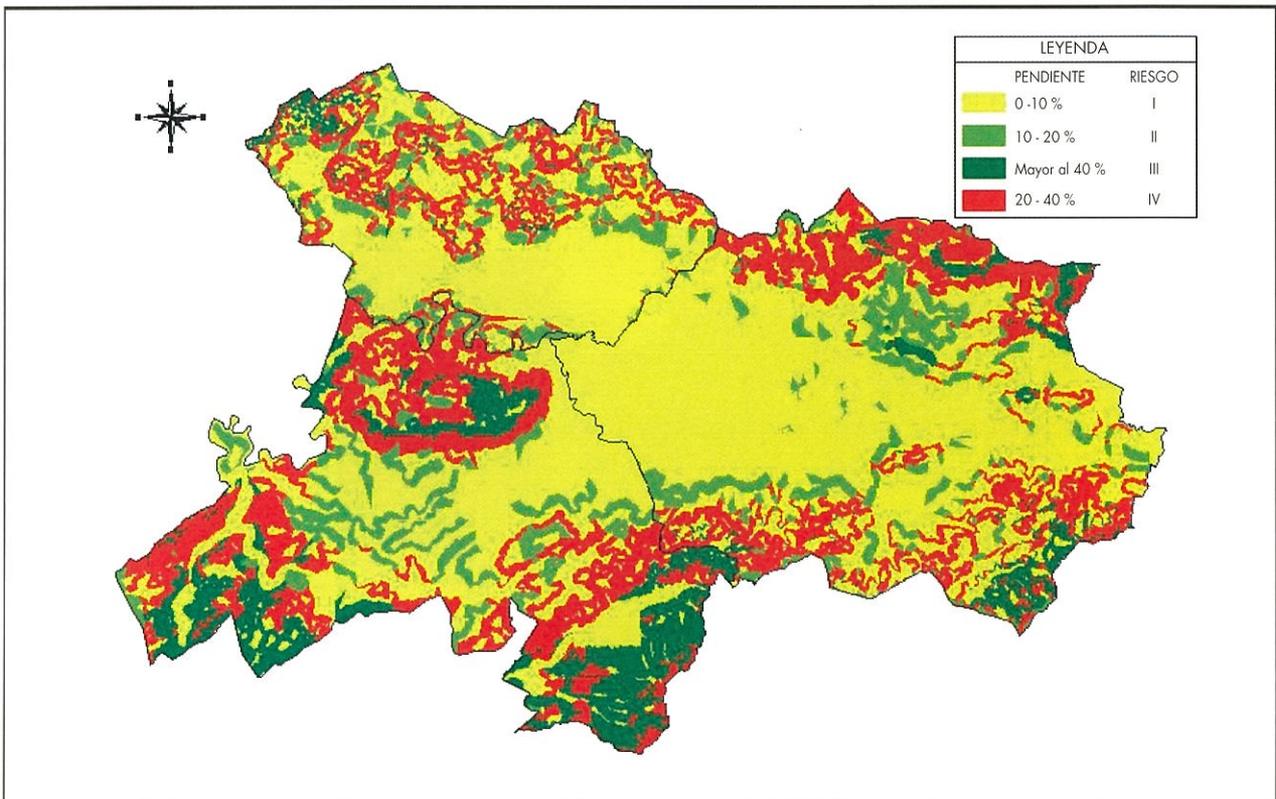


FIGURA 5. Mapa de pendientes.

- Zonas predominantemente impermeables o con acuíferos locales. Es por su extensión la unidad más importante.
- Zonas de acuíferos detríticos de permeabilidad baja. Únicamente aparecen en una franja de dirección WNW-ESE al norte del área de estudio. Se corresponde con afloramientos del Dogger y Malm.
- Zonas con acuíferos calizo-dolomíticos de permeabilidad media-baja. Aparecen en dos franjas de dirección NE-SW Y ENE-SW. Coinciden con afloramientos del Devónico Inferior, concretamente de la formación Rañeces.
- Zonas de acuíferos detríticos de permeabilidad media-baja. Esta unidad tiene su correspondencia con los afloramientos cretácicos.
- Zonas con acuíferos calizo-dolomíticos de permeabilidad media-alta. Aparecen en pequeñas manchas al N y NE del área de estudio.

De la climatología, se ha considerado exclusivamente los datos de precipitaciones medias anuales; en esta zona oscilan entre los 1000 y 1300 l/m²/año. Las máximas precipitaciones se localizan en las zonas montañosas del Naranco y en una franja al SE.

Los datos de pendientes se han obtenido a partir del mapa topográfico a escala 1:5.000 por medio de su procesamiento con el programa SiteWoks. Los resultados fueron exportados a AutoCAD y con la aplicación desarrollada se definió la topología. En el mapa de pendientes se han definido cinco intervalos, a saber: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 y más de 40% (ver figura 5).

3.1. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES Y EL RIESGO

De la superposición del mapa de deslizamientos y del geológico se ha observado que más del 45% de los deslizamientos se localizan en zonas con depósitos cuaternarios o pizarras poco resistentes de diversas edades. La mínima superficie por unidad de deslizamiento también se obtiene sobre materiales cuaternarios como se puede apreciar en las figuras 6. Por esta razón las zonas de mayor riesgo utilizando únicamente criterios litológicos se localizan mayormente siguiendo los cursos fluviales como se puede apreciar en la figura 7.

El mismo análisis se ha realizado sobre el mapa geotécnico, considerando exclusivamente la capacidad de carga. La correlación entre dicha variable y riesgo se recoge en la tabla I. Como cabe esperar, a menor resistencia del material,

mayor probabilidad de que ocurra un deslizamiento y por tanto mayor riesgo.

Las pendientes mas propicias para el desarrollo de un deslizamiento son las comprendidas entre el 20 y 40% (ver tabla I). A mayor pendiente mayor riesgo, aunque esto sólo es válido hasta unas pendientes del 40%. En laderas escarpadas el riesgo disminuye ya que son otro tipo de fenómenos los que se desarrollan, tales como pandeos, caída de bloques, etc., y no propiamente deslizamientos.

3.2. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS

Una vez reclasificados los mapas se procedió a la superposición de los mismos dando como resultado el mapa de la figura 8. Los polígonos del mapa resultante poseen los atributos de los cinco mapas de partida. Como son datos alfanuméricos hay que asignarles valor numérico que permita la ponderación de las variables y la definición de intervalos de susceptibilidad. Los coeficientes de ponderación han sido:

- Pendientes30%
- Litología.....25%
- Capacidad de carga20%
- Hidrografía15%
- Precipitaciones10%

Aunque existe una relación directa entre las precipitaciones y el grado de riesgo (mayor cantidad de agua caída, mayor riesgo), se ha dado poco peso a este parámetro pues toda la zona presenta una precipitaciones elevadas y las variaciones no son muy importantes.

Aunque la susceptibilidad que genera cada valor de las variables que se le ha dotado de valor numérico (los que aparecen entre paréntesis en la tabla I) y aunque tras la evaluación del mapa resultante cada polígono tenga asignado un número, no se debe considerar éste un mapa que represente valores cuantitativos del riesgo. La información contenida es de tipo cualitativo por ello se han definido cinco intervalos, a saber:

- Riesgo muy bajo0.23 - 0.37
- Riesgo bajo.....0.38 - 0.53
- Riesgo medio0.54 - 0.69
- Riesgo alto0.70 - 0.85
- Riesgo muy alto.....0.86 - 1.00

En cuanto a la escala de un mapa, ésta viene condicionada por el nivel de precisión utilizado en los trabajos. Se han empleado mapas originales a escalas 1:50.000, 1:25.000,

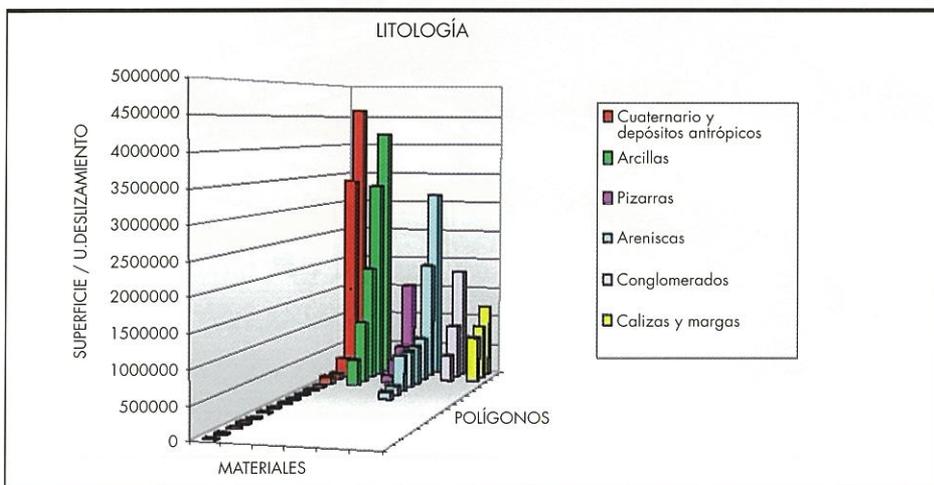
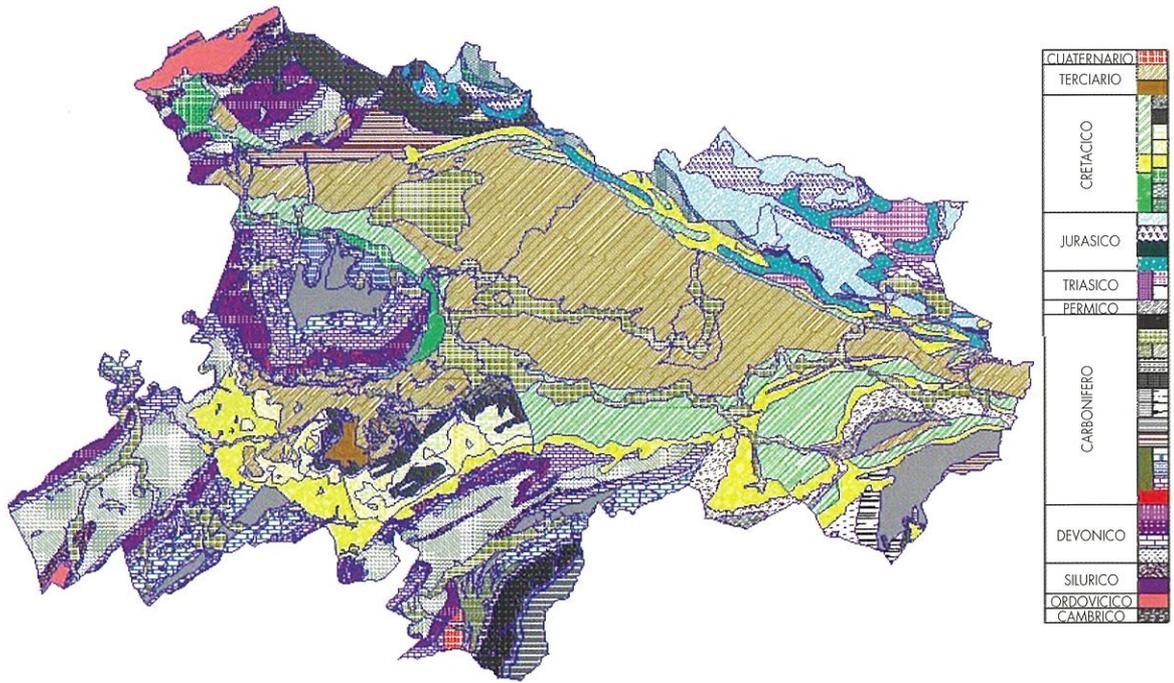


FIGURA 6. Histograma para establecer la correlación entre la litología y el grado de riesgo.

A)



B)

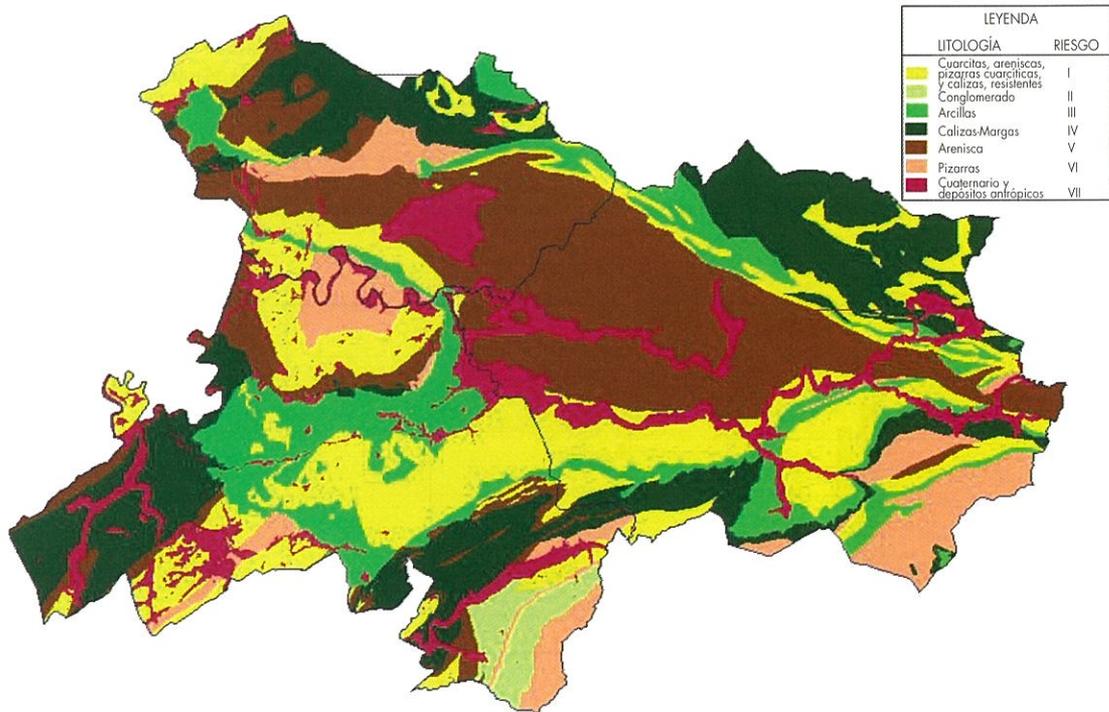


FIGURA 7. Mapas litológicos: (a) inicial y (b) reclasificado.

OBTENCIÓN DEL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS CON TÉCNICAS SIG

SUSCEPTIBILIDAD	LITOLOGÍA	RESISTENCIA MATERIALES	PERMEABILIDAD	PENDIENTES (%)	PRECIPITACION (l/m ² /año)
I	Pizarras, areniscas, piz cuarcíticas y calizas resistentes (1/7)	R. alta (1/3)	T. con acuíferos calizo-dolomíticos de perm. media alta (1/5)	0-5 y 5-10 (1/4)	< 1000 (1/5)
II	Conglomerados (2/7)	R. media (2/3)	T. con acuíferos detríticos con perm. media-baja (2/5)	10-20 (2/4)	1000-1100 (2/5)
III	Arcillas (3/7)	R. baja (1)	T. con acuíferos calizo-dolomíticos de perm. media-baja (3/5)	>40 (3/4)	1100-1200 (3/5)
IV	Calizas y margas (4/7)	-	T. con acuíferos detríticos con perm. baja (4/5)	20-40 (1)	1200-1300 (4/5)
V	Areniscas (5/7)	-	Terrenos impermeables (1)	-	>1300 (1)
VI	Pizarras (6/7)	-	-	-	-
VII	Cuaternario y depósitos antrópicos (1)	-	-	-	-

TABLA 1. Los valores entre paréntesis son los utilizados en el cálculo a la hora de realizar las superposiciones.

1:10.000 y 1:5.000, pero como consecuencia de los errores originados en la digitalización y debido a la propagación de los mismos en los análisis es difícil determinar la escala real de la cartografía temática obtenida. A pesar de todo ello y si-

guiendo la práctica habitual, se ha considerado que el mapa final se ajusta a una escala 1:50.000.

Observando el mapa (figura 8), la zona puede ser catalogada como de susceptibilidad media si bien se localizan áreas

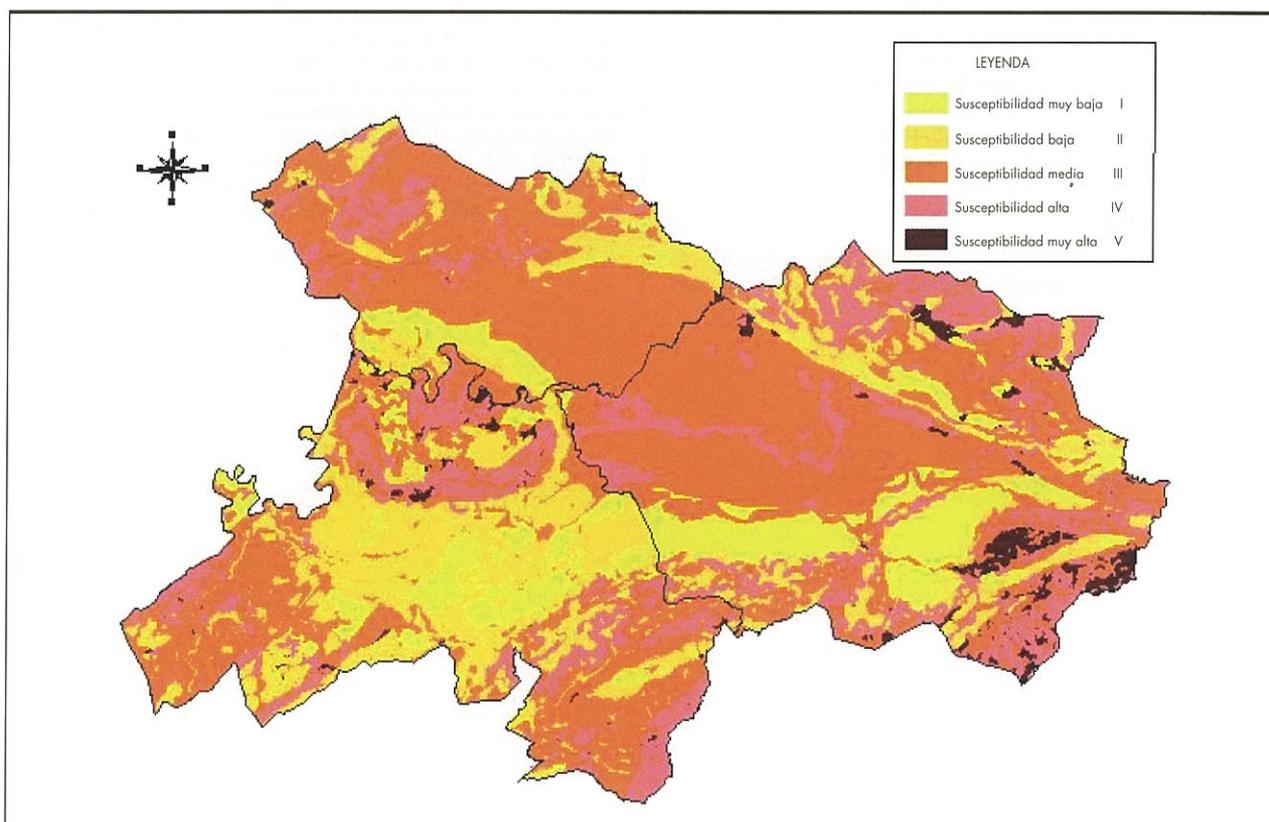


FIGURA 8. Mapa de susceptibilidad al deslizamiento de los concejos de Oviedo, Llanera, Noreña y Siero.

de susceptibilidad baja a muy baja situadas fundamentalmente en el concejo de Oviedo y en algunas franjas muy definidas en el resto de los concejos. Las zonas con muy alta probabilidad a que se produzcan deslizamientos se encuentran distribuidas de forma aislada por toda la zona de estudio pero, en conjunto, no constituyen ni el 10% de la superficie total; ubicaciones dignas de mención por los perjuicios económicos que pueden causar son: las de las laderas norte y sur del Naranco (por el importante desarrollo urbanístico existente en la actualidad), proximidades de un núcleo urbano como es Trubia y toda la zona SE de Siero.

4. CONCLUSIONES

Los GIS son los sistemas informáticos más adecuados para abordar trabajos como el aquí presentado debido al gran volumen de información que pueden soportar y a su capacidad de generar topología y por lo tanto a la posibilidad de realizar la superposición de mapas, llegando a obtener un mapa que englobe las características de todos ellos. De esta forma se obtuvo un mapa de susceptibilidad al deslizamiento en la Zona Central de Asturias. Sin embargo hay que precisar, en base a la experiencia acumulada, que las dificultades surgidas a la hora de realizar los análisis con un sistema de tipo vectorial aumenta exponencialmente con el número de variables involucradas, lo que no sucede con otro tipo de sistemas. Entre las ventajas que ofrecen, citar la precisión y la calidad de las salidas gráficas. Por lo que a la hora de acometer un trabajo de este tipo se deberán valorar estos aspectos.

Hay que tener mucha precaución a la hora de interpretar el mapa de susceptibilidad al deslizamiento. Éste se ha obtenido tras el análisis de variables naturales que no sufren modificación a corto y medio plazo; el mapa resultante tendrá una validez prolongada. Es importante la verificación de los resultados obtenidos mediante análisis espaciales puesto que la propagación de errores puede ser muy importante.

En general, la zona centro de Asturias posee una probabilidad media a que se produzcan deslizamientos estando las zonas de muy alta probabilidad distribuidas de forma aislada y con unas superficies pequeñas.

5. BIBLIOGRAFÍA

BAEZA A., C.; COROMINAS D., J. (1997); "Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamiento mediante técnicas estadísticas." IV

Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Vol.I. Granada. Pp. 65-73..

CARRARA, A. (1993): "Potentials and pitfalls of GIS technology in assessing natural hazards." In: Reichenbach P., Guzzetti F., and Carrara A., (Editors), Abstracts, Proceed. Int. Workshop GIS in Assess. Nat. Hazards, Perugia.

CARRARA, A.; GUZZETTI, F. (1995); "Geographical Information System in Assessing Natural Hazards." Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

COROMINAS, J.; GARCÍA, A. (1997): "Terminología de los movimientos de ladera". Conferencias del IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada: Vol. III. Pp. 1051-1070.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D.J. (1996): "Landslides types and processes." In A. K. Turner and R.L. Schuster (editores): Landslides. Investigation and mitigation. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press. Washington D.C.

CHACÓN, J.; IRIGARAY, C. (1992); "Metodología para la elaboración de mapas de riesgos de movimientos de ladera". III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo 2. Salamanca, pp 620-627.

GUTIÉRREZ CLAVEROL, M.; TORRES ALONSO, M. (1995); "Geología de Oviedo" Editorial Paraíso, Oviedo, pp 206-227.

HANSEN, A. (1984): "Landslides hazard analysis." Brunson D., and Prior D.B., Editors, Slope instability. Wiley, New York.

HUTCHINSON, J.N. (1988): "Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology." In Ch. Bonnard (Ed.): Landslides. Proceeding 5th International Conference on Landslides. Lausanne. Vol.1

KNOX-ROBINSON, C.M.; ROBINSON, D.C.; GROVES, D.I. (1992); "The use of Geographic Information Systems as a gold prospectivity mapping tool, with reference to the Yilgam Block, Western Australia: requirements and limitations." Australian Institute of Geoscientists Bulletin 12, pp. 71-82.

MULAS DE LA PEÑA, J.; FRESNO L., F.; SEBASTIÁN A., L. (1997); "Cartografía de peligrosidad por movimientos de laderas a escala 1:25.000 en un sector del Pirineos de Huesca." IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Vol.I. Granada. Pp. 27-38.

OLIVA, A. O. (1999): "Análisis de la estabilidad y seguridad de taludes." Tesis Doctoral. E.T.S.I.M.O. Universidad de Oviedo. España.

SOETERS, R.; RENGERS, N.; VAN WESTEN, C.J. (1991): "Remote sensing and geographical information systems as applied to mountain hazard analysis and environmental monitoring." Proceed. 8th Thematic Conf. Geol. Remote Sensing (ERIM).Denver.

VARNES, D.J. (1984): "Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice." Int. Assoc. Engng. Geol., Commission on landslides and other mass movements on slopes. The Unesco Press, Paris.

WADGE, G.; PEARSON, E. (1991): "GIS for geology." Terra Nova, Vol. 3