

# Movimientos de ladera y factores determinantes en la vertiente septentrional de la depresión de Granada (sector Colomera - Zagra)

S. BOUSSOUF<sup>1,2</sup>, C. IRIGARAY<sup>2</sup>, y J. CHACÓN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias. Universidad Abdelmalek Essaadi. B.P. 2121. Tetuán, Marruecos.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería civil, Área de Ingeniería del terreno, Universidad de Granada, 18071 Granada.

**Resumen:** Se analiza un inventario de 281 movimientos de ladera observados en series margoso arcillosas y carbonatadas del Subbético y la relación entre la distribución de las zonas de ruptura y la pendiente, tipos de litología y exposición de las vertientes. Los movimientos observados son mayoritariamente de tipo flujo y, en menor proporción, desprendimientos y deslizamientos. Las margas y arcillas afectadas por flujos suelen ser de alta plasticidad y expansivas. Se ha determinado una correlación de Spearman entre zonas de ruptura y pendiente de 0,929 para desprendimientos y deslizamientos y solo 0,233 para flujos, de 0,7 con la litología y de 0,667 con la exposición de las vertientes.

**Palabras clave:** Movimientos de ladera, factores determinantes, Dominio Subbético.

**Abstract:** An inventory of 281 slope movements observed in the marly clays and carbonatic deposit of the Subbetic Domain of the Betic Cordillera is presented and the relationships between the distribution of rupture zones, slope angle, lithologies and slope exposure analyzed. The observed movements are mainly earth flows and also, in minor proportion, rockfalls and slides. The marly clays show high plasticity and swell properties. Spearman coefficients of correlation of the slope ruptures to the slope angles of 0,929 for rockfalls and slides and only 0,233 for earthflows, 0,667 to slope exposure and 0,7 to the lithologies has been estimated.

**Key words:** Slope movements, determinant factors, Subbetic Domain.

Boussouf, S., Irigaray, C. y Chacón, J. (1994): Movimientos de ladera y factores determinantes en la vertiente septentrional de la depresión de Granada (Sector Colomera-Zagra). *Rev. Soc. Geol. España*, 7 (3-4): 251-260.

En este trabajo se presenta un análisis cuantitativo del relieve y una caracterización geotécnica de los materiales, para establecer correlaciones con la distribución observada de zonas inestables y movimientos de ladera.

El área objeto de este estudio se localiza en el extremo noroccidental de la provincia de Granada, entre las coordenadas geográficas 37° 23' 3" - 37° 13' 6" de latitud Norte y 4° 9' 30" - 3° 41' 53" de longitud Oeste, con una extensión de 295,7 Km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista administrativo la zona ocupa parcialmente los términos municipales de Montefrío, Moclín, Loja, Illora, Colomera, Algarinejo, Huétor Tájar, Villanueva de Mesía y Pinos Puente e incluye los núcleos urbanos de Colomera, Tózar, los Olivares, Moclín, Puerto Iope, Illora y Alomartes (fig. 1).

El relieve es accidentado, con cotas variables entre los 520 y los 1606 m (Sierra Parapanda), con valores medios de 880 m. La dinámica de las vertientes es bastante activa, reflejándose en la gran cantidad de depósitos de movimientos de ladera y su diversidad tipológica

(Chacón, 1987, 1988; Chacón *et al.*, 1988; Chacón y Lopez Galindo, 1988), especialmente en los años lluviosos.

## Encuadre geológico

La mayor parte de la región estudiada queda enmarcada en la Zona Subbética s. I. (Fallot, 1948) de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, salvo algunos materiales de la Zona Circumbética (Baena y Jerez, 1982) que afloran, sobre todo, al norte de Huétor Tájar (fig. 2).

Las series estratigráficas corresponden a tres unidades paleogeográficas, estructuradas en mantos de cabalgamiento. El autóctono relativo pertenece al Subbético Medio (García Dueñas, 1967) o Subbético s.s. en el sentido de Vera (1969). Las dos unidades alóctonas de inferior a superior son: Subbético Interno (Unidades de Moclín y de Parapanda) (Vera, 1966; Fontboté y García Dueñas, 1968; González Donoso *et al.*, 1971) y la Zona Circumbética (Baena y Jerez, 1982).

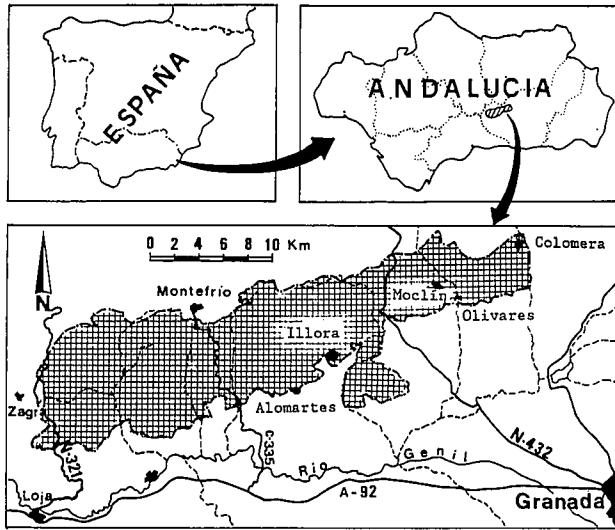


Figura 1.- Localización del área de estudio.

La serie estratigráfica del Subbético Medio en el sector estudiado (serie de las Chanzas Sur), se inicia en el Lías infradomeriense, por una formación caliza con intercalaciones de rocas volcánicas, dolomitizada en la base, sobre las que se depositan unas calizas margosas de edad Domeriense. El Dogger es predominantemente margocalizo y a partir del Bathoniense abundan las radiolaritas. El Malm está representado por turbiditas calcáreas con silex y margas amarillentas. La serie termina con un Cretácico infraturoniense, esencialmente margoso (Lupiani y Soria, 1988a).

El Subbético Interno se caracteriza por una serie carbonatada jurásica muy monótona (calizas y dolomías) y por margocalizas y margas del Cretácico.

La Zona Circumbética está representada por materiales arcillosos y margosos de carácter turbidítico de edad Senoniense-Mioceno medio.

El Cretácico medio del dominio Subbético se caracteriza por la abundancia de facies oscuras "hemipelagíticas" ricas en arcillas esmectíticas marcadamente expansivas (Ayala *et al.*, 1986; López Galindo, 1986; Comas, 1978)

En el Subbético Medio e Interno, al Este de la transversal de la Estación de Illora (fig. 2), la estructura se caracteriza por pliegues de dirección N60° a N70°E y vergencia Sur. Al Oeste de esta transversal se mantiene la misma dirección de pliegues; sin embargo, la vergencia es hacia el Norte.

Los sistemas acuíferos están constituidos por materiales carbonatados del Jurásico y quedan enmarcados en los acuíferos de la Sierra de Moclín-los Morrones y los acuíferos dispersos de Illora-Zagra (Beas Torroba *et al.*, 1990).

### Los movimientos de ladera

En este trabajo se han diferenciado cuatro grandes grupos de movimientos de ladera: desprendimientos, deslizamientos, flujos (coladas y soliflucción) y movimientos complejos, de acuerdo con las clasifica-

ciones de Varnes (1958, 1978) y otros autores (Ayala y Andreu, 1987; Colas y Pilot, 1976; Corominas, 1989; Hutchinson, 1968, 1978).

En el sector de estudio, hemos inventariado 281 movimientos a escala 1/18.000. El total de la superficie ocupada por sus depósitos suma 19,43 Km<sup>2</sup> (fig. 3), lo que representa el 6,5 % del área total. De acuerdo con la tipología del movimiento se han distinguido 50 desprendimientos, 177 coladas, 6 deslizamientos, 18 movimientos complejos y 30 zonas de soliflucción. En la cartografía realizada para el inventario de movimientos de ladera diferenciamos la masa o depósito resultante del proceso y la zona de ruptura producida por el mismo. La superficie mínima, la máxima y la media ocupada por los depósitos de los movimientos cartografiados, según cada uno de los tipos, se representan en la Tabla I.

En cuanto a los efectos socioeconómicos de estos movimientos, y en función de las características de la zo-

Tabla I.- Superficie, mínima, máxima y media ocupada por los depósitos de cada uno de los tipos de movimientos inventariados.

Superficie en ha <sup>2</sup>	Despren.	Coladas	Soliflux.	Complejos	Desliz.
Sup. mín.	0,25	0,625	0,75	3,937	1,312
Sup. máx.	13,937	30,25	84,687	130,437	8,25
Sup. media	3,804	4,276	14,516	29,812	3,156

na, cabe destacar la influencia que ejercen sobre la agricultura y las obras de infraestructura. Dada la naturaleza agraria de la zona, las coladas y la soliflucción suelen producir pérdidas en el cultivo del olivar y los cereales, que representan así los daños más extendidos, su importancia es singular durante los años lluviosos, sobre todo en 1947 y 1963 de acuerdo con información que nos ha sido proporcionada por los lugareños.

Existen además, otros movimientos que afectan a las vías de comunicación, especialmente a la carretera nacional N-321, Loja-Algarinejo en el tramo Kilométrico K.39 hasta el K.41, y en la comarcal C-335, Tocón-Montefrío.

Por último, se han producido movimientos con especial impacto sobre núcleos urbanos y cortijos. Ejemplo de ellos son: el más reciente que es el gran movimiento de Olivares de 1986 (Chacón, 1987), la colada que afectó en 1963 a las Casillas de las Nazas en la margen izquierda del Arroyo del Vilano, destruyendo tres casas y provocando el abandono de cinco más, así como la pérdida de animales y cultivos, y por último el desprendimiento que afecta a la Cortijada de la Cobija al suroeste de la Sierra de Parapanda.

### Factores determinantes

Dentro de los factores que definen y condicionan los movimientos de ladera, podemos diferenciar los factores determinantes y los desencadenantes (Crozier, 1986). Los factores determinantes establecen la inestabilidad de

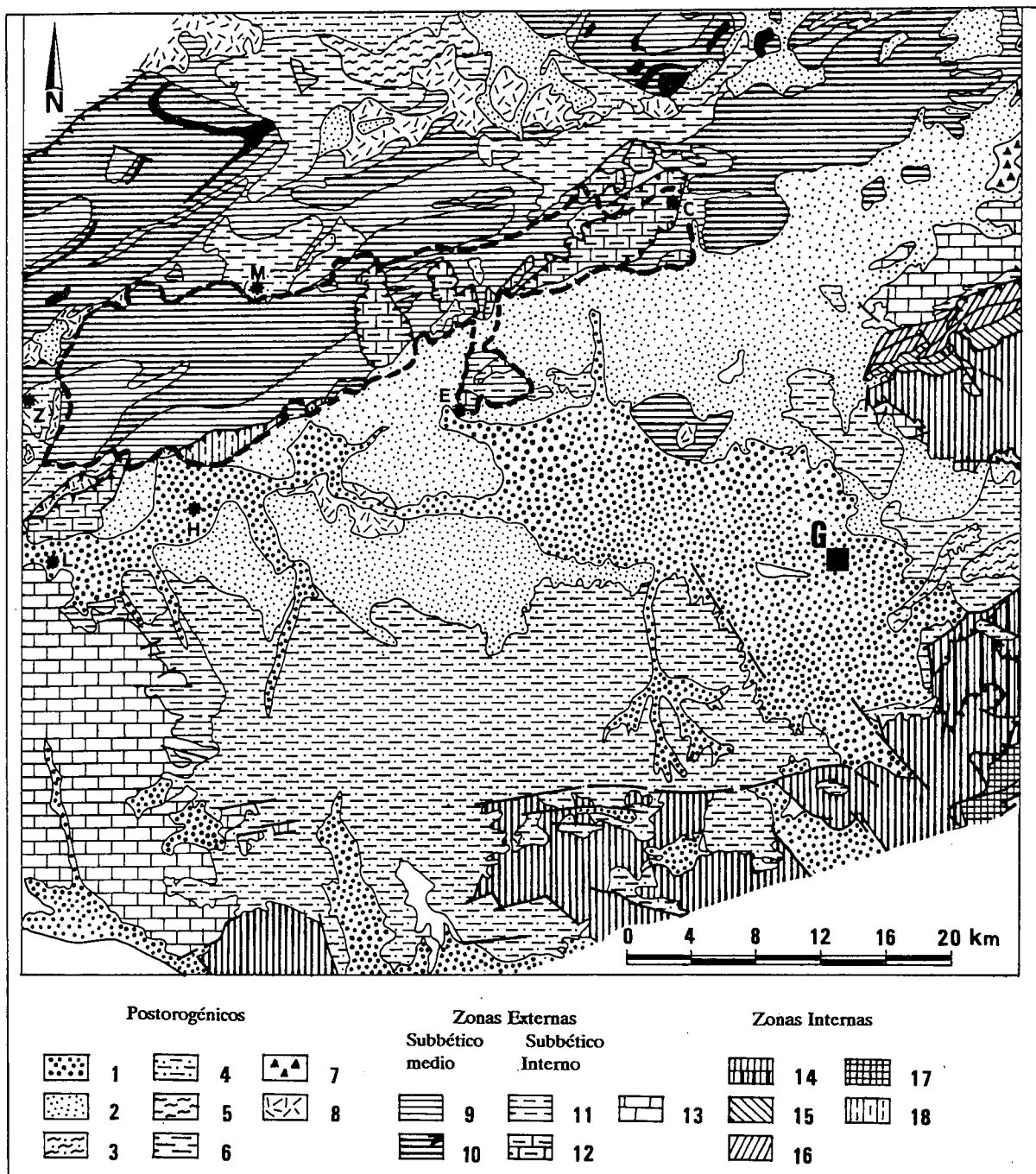


Figura 2.- Contexto geológico (tomado del mapa geológico-minero de Andalucía, 1/400.000 y modificado). 1: Conglomerados, arenas y arcillas (Cuaternario). 2: Conglomerados, arenas, lutitas y callizas (Plio-cuaternario). 3: Arenas y margas (Plioceno). 4: Calcarenitas, margas y yesos (Mioceno sup.-plioceno inf.). 5: Margas y areniscas (Mioceno). 6: Margas y calizas margosas (Paleógeno). 7: Facies turbidíticas. 8: Arcillas abigarradas (Triás). 9: Calizas y margas (Cretácico). 10: Rocas volcánicas, calizas margosas, calizas con sílex y radiolaritas (Jurásico). 11: Calizas y margas (cretácico). 12: Dolomías, calizas y calizas con sílex (U. Parapanda-Moclín). 13: Dolomías y calizas blancas (U. Sierra Gorda, U. Sierra Arana) (Jurásico). 14: Complejo Nevado-filábride. 15: Alpujárdes. 16: Maláguide. 17: Complejo dorsaliano. 18: Flysch circumbético. C: Colomera. E: Estación de Illora. G: Granada. H: Huétor-Tájar. L: Loja. M: Montefrío. Z: Zagra. - - - - : Límite de la zona estudiada.

una vertiente dada, de manera que sea susceptible a la movilización; se pueden dividir a su vez en dos subgrupos:

- *Factores intrínsecos* al material tales como litología, presión de poros y condiciones de humedad, propiedades geomecánicas, estructura y textura del material, potencial de hinchamiento etc.

- *Factores extrínsecos* ligados a la topografía, como elevación, pendiente y exposición, y otros como locali-

zación geográfica, red de drenaje, obras civiles, acción antrópica en sentido amplio, etc.

*Los Factores desencadenantes* activan la movilización de la vertiente inestable: fluctuaciones rápidas del nivel freático, precipitaciones intensas o acumuladas, aplicación de cargas estáticas o dinámicas (terremotos) o los cambios geométricos debidos a procesos naturales o antrópicos.

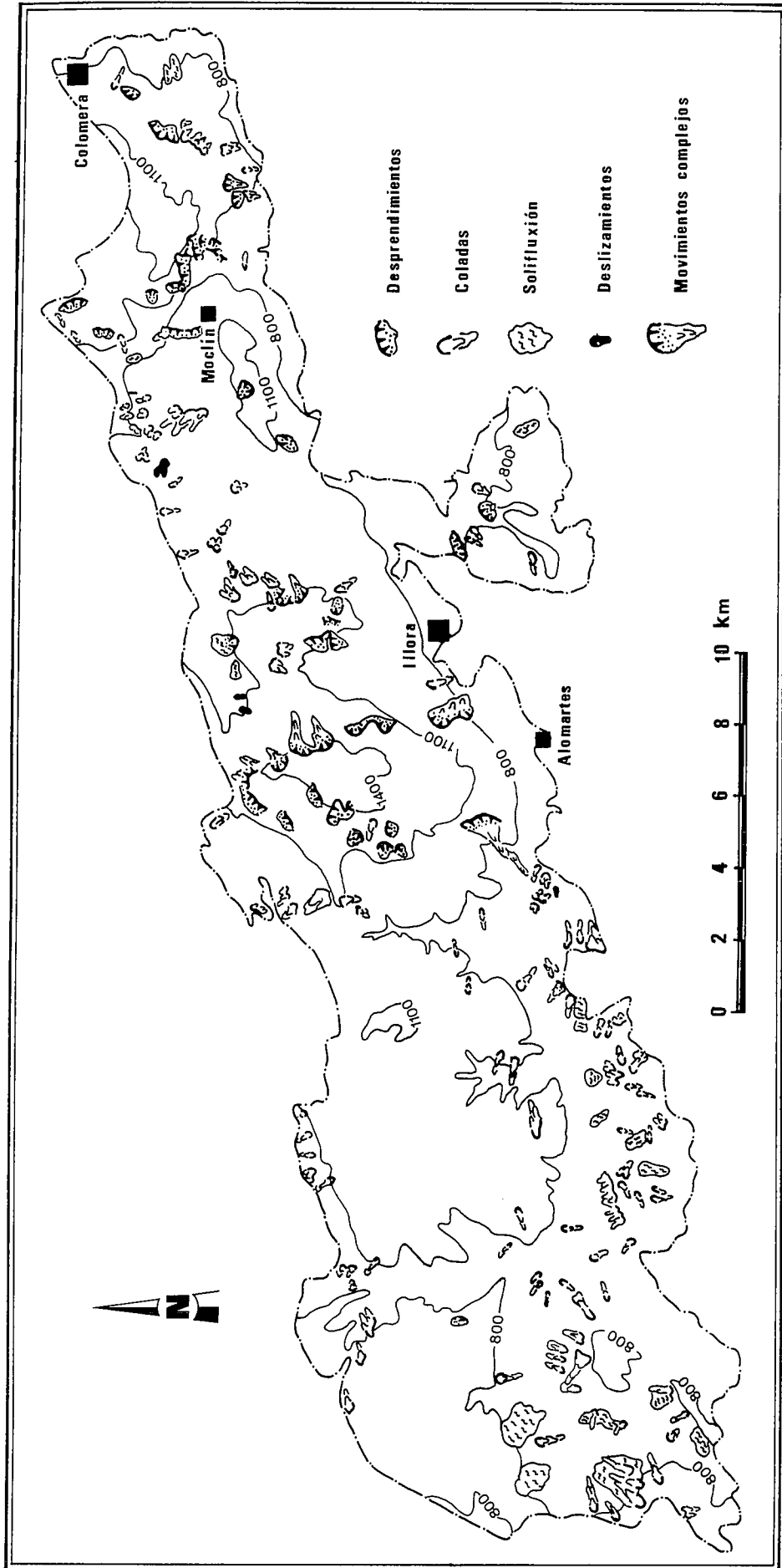


Figura 3.- Mapa de movimientos de ladera.

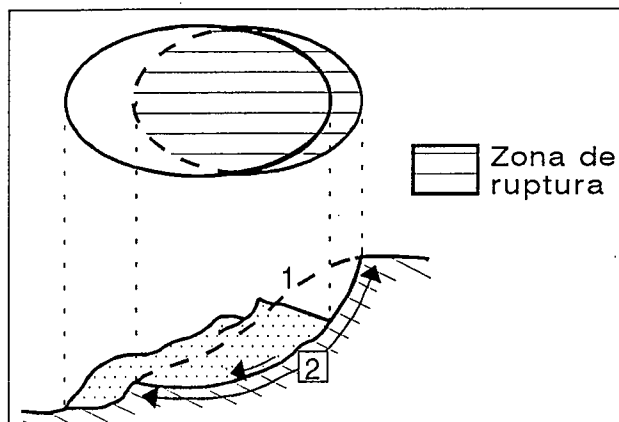


Figura 4.- Partes del movimiento consideradas en el análisis. 1: Zona de ruptura, 2: Superficie de despegue.

Uno de los métodos usados para la cartografía previosa de los movimientos de ladera y quizás el más extendido (Milliès-Lacroix, 1968; Brabb *et al.*, 1972; Nilsen *et al.*, 1979; Chacón, 1987) se basa en la determinación de las combinaciones desfavorables de factores para establecer criterios cartográficos objetivos.

En este trabajo hemos analizado la relación entre tres de los factores determinantes (pendiente, litología y exposición de las vertientes) y la distribución de los movimientos de ladera considerados en su conjunto. Para ello hemos calculado en cada unidad de litología, pendiente y exposición, su superficie total absoluta, "St"; el área absoluta del terreno correspondiente a la superficie de des-

Tabla II.- Clasificación de la pendiente (modificado de Demek, 1972).

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Inclinación (°)	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-90

pegue ó "surface of rupture" (IAEG, 1990) de los movimientos inventariados y a la que denominamos zona de ruptura, "Zr" (fig. 4); y el porcentaje de superficie de la zona de ruptura ( $Pr = 100 * Zr / St$ ) o porcentaje de ruptura, en cada una de las clases consideradas para cada factor (Chacón, 1987, 1988; Irigaray, 1990; Chacón *et al.*, 1992; Chacón *et al.*, 1993).

La pendiente

Para el estudio de la pendiente y su distribución areal hemos elaborado, mediante el método de los intervalos móviles (Denness y Grainger, 1976), un mapa de pendientes a escala 1/25.000, donde se han diferenciado nueve clases de pendiente cuyos límites se han establecido modificando los de Demek (1972) (Tabla II).

La distribución de frecuencias de la superficie total y de la zona de ruptura para cada clase (histograma de la figura 5A) indica que se trata de distribuciones normales y unimodales. La pendiente media del área del sector estudiado es de 14° y la clase modal es la IV, mientras que la pendiente media de las zonas de ruptura es de 13° y su clase modal es la III.

En cuanto al porcentaje de ruptura, se observan dos clases modales: la III, con un porcentaje de ruptura de 8,2 que corresponde a los flujos y, la clase IX (8,9 %) expresión principalmente, de los desprendimientos (fig. 5B).

Litología y características geotécnicas

Partiendo de los mapas geológicos a escala 1/50.000 de la zona (Lupiani y Soria, 1988a, 1988b; Díaz de Neira *et al.*, 1992a, 1992b), y atendiendo a las características litológicas de los distintos afloramientos, como criterio principal y, su distribución de pendientes como criterio secundario, hemos agrupado los materiales aflorantes en nueve grupos litológicos (fig. 6):

- 1- Calizas.
- 2- Dolomías.
- 3- Calizas margosas.
- 4- Margocalizas.
- 5- Margas y margocalizas.
- 6- Margas y arcillas.
- 7- Arenas, limos y conglomerados.
- 8- Derrubios y coluviones.
- 9- Aluvial.

La distribución areal de los distintos grupos litológicos (fig. 7A), en orden decreciente se representa en la Tabla III.

El porcentaje de ruptura total es del orden del 5 % del sector estudiado. Por grupos litológicos, este orden se mantiene para las dolomías y aumenta a más del 10 % en los casos de las margas y margocalizas (grupo 5) y de las

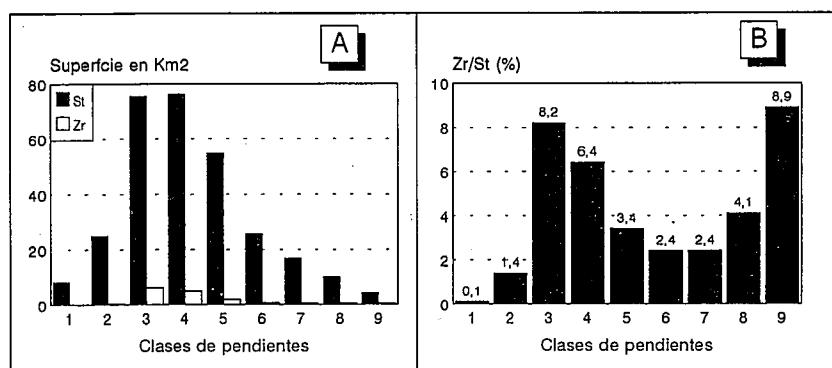


Figura 5.- Histogramas de la distribución de las superficies total y de la zona de ruptura (A), y frecuencias de ruptura (B), en función de la pendiente.

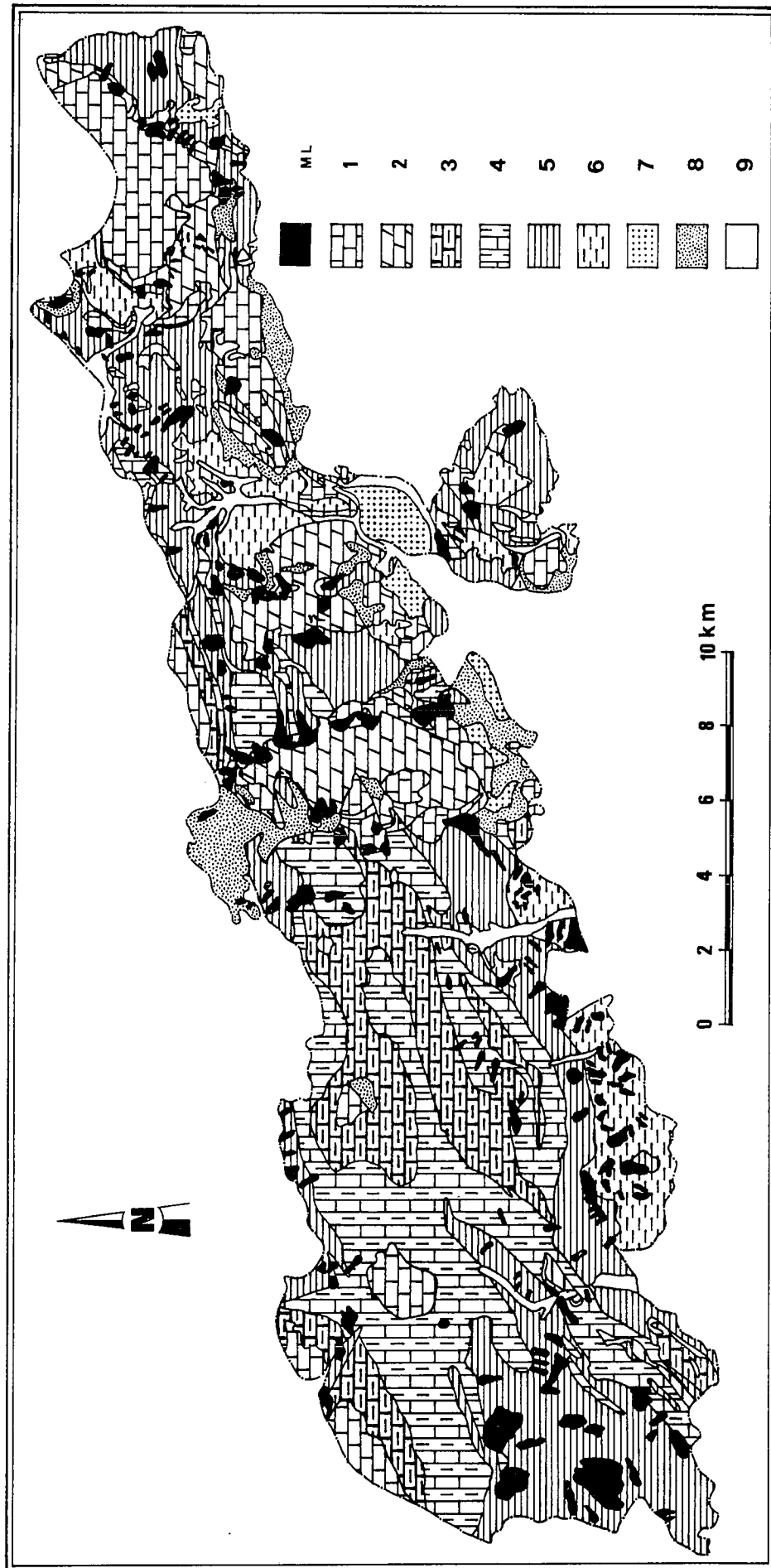


Figura 6.- Mapa de grupos litológicos y distribución de los movimientos de ladera. ML: Movimientos de ladera. 1: Calizas. 2: Dolomías. 3: Calizas margosas. 4: Margo calizas. 5: Margas y margocalizas. 6: Margas y arcillas. 7: Arenas, limos y conglomerados. 8: Derrubios y coluviones 9: Aluvial.

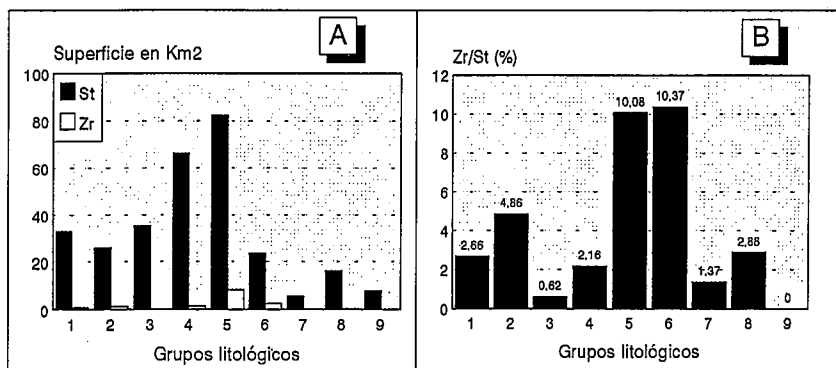


Figura 7.- Histogramas de la distribución de las superficies total y de la zona de ruptura (A), y frecuencias de ruptura (B), en función de la litología.

margas y arcillas (grupo 6). El resto tiene valores inferiores al 3 % (fig. 7B).

Con objeto de estudiar la influencia sobre la inestabilidad de las características geomecánicas de las litologías margosas y arcillosas, hemos analizado muestras de los grupos litológicos 5 y 6, los más afectados por procesos de inestabilidad; resultando que, la mayoría es de tipo arcilla de alta plasticidad (CH) según la clasificación del sistema unificado. Las del grupo 5 son arcillas muy blandas (Terzaghi y Peck, 1967) con valores de cohesión no

septentrional de la Depresión de Granada, son la Sureste (9,95 % de la superficie total) y la Sur-Sureste (9,31 %). Estas exposiciones están claramente controladas por la estructura del sector (dirección y vergencia de pliegues).

Si consideramos exclusivamente la zona de ruptura de las masas movilizadas, la exposición más frecuente es la Sureste que, con 2,55 Km² representa el 13 % de dicha superficie, en segundo lugar está la Noroeste, con una superficie de 2,02 Km² (11 %).

Representando los valores del cociente Zr/St expresados en porcentaje, de cada exposición, se hace notorio el predominio de las exposiciones de componente Norte, con el máximo en la dirección Nor-Noreste Tabla IV. Esto está en relación con el hecho de que las vertientes solanas presentan menos movimientos que las umbrías, donde se suelen observar valores de humedad higroscópica del suelo más elevados.

Tabla III.- Distribución areal relativa en orden decreciente de los grupos litológicos.

Grupo litológico	5	4	3	1	2	6	8	9	7
Superficie en %	27,85	22	11,92	11,12	8,75	8	5,51	2,64	1,85

drenada de 0,07 Kg/cm² y en cierto rango expansivas con hinchamiento libre variable entre el 2 y el 5 %. Las muestras del grupo 6, corresponden a arcillas blandas a muy blandas, con cohesión no drenada variable entre 0,10-0,19 Kg/cm² y expansivas con hinchamiento libre variable entre el 5 y el 25 %. Con estos valores es fácil entender la elevada frecuencia de movimientos de ladera en estos materiales.

Tabla IV.- Clasificación de la exposición.

Exposición	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
		SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE	
Clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zr/St (%)	5,4	2,5	7,9	3,8	7,0	6,3	10,0	11,8	7,3

Exposición de las vertientes

La exposición de una vertiente se define como el ángulo en sentido dextro entre el Norte y la proyección horizontal de la línea de máxima pendiente de dicha vertiente. Por lo tanto, determina su accesibilidad a los distintos agentes climáticos.

Como se observa en la figura 8, las exposiciones predominantes en el sector Colomera-Zagra en el borde

Correlaciones y medidas de similitud

Para calcular el grado de dependencia entre factores determinantes y procesos de inestabilidad hemos empleado el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (Davis, 1986). En el caso de variables nominales es necesario asignar valores numéricos a cada una de las cla-

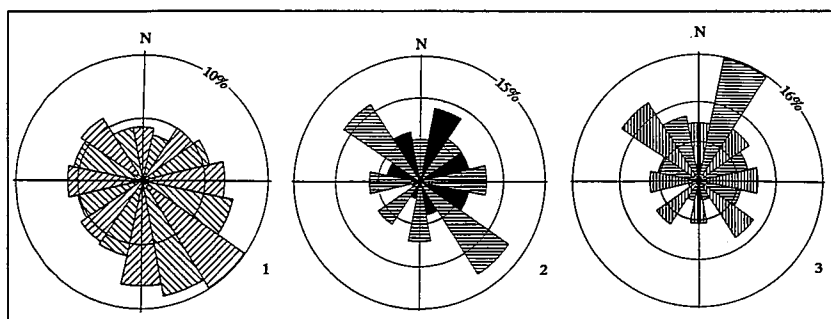


Figura 8.-Rosas de frecuencias relativa de superficies. 1: Exposición de vertientes (St). 2: Exposición de la zona de ruptura (Zr). 3: Relación (100\*Zr/St).

ses, de acuerdo con un determinado criterio, para su empleo en el cálculo.

Al ser la pendiente una variable numérica no presenta ningún problema de clasificación. Sin embargo, la litología y la exposición necesitan una transformación previa al tratamiento estadístico. La tabla IV muestra la reagrupación de las diferentes clases de exposición basada en la disminución del grado de insolación esperado en cada una de ellas (Gandullo, 1974); igualmente se incluye la relación Zr/St.

Dada la variabilidad de los grupos litológicos y la dificultad de encontrar criterios sencillos y objetivos de clasificación, la asignación de un orden creciente en el caso de la litología, resulta discutible. No obstante, si consideramos la disminución del contenido relativo de carbonatos de los grupos litológicos, como criterio de clasificación, y excluimos los grupos 7, 8 y 9 que ocupan sólo el 10 % del sector estudiado además de presentar muy pocos movimientos, la litología quedaría ordenada según la Tabla V.

Los coeficientes de correlación de Spearman entre la frecuencia de movimientos y los factores así clasificados son, el 0,527 para la pendiente, 0,667 en el caso de la exposición y el 0,7 para la litología. Se trata de valores no demasiado altos, ya que queda el 47,3 %, el 33,3 % y el

Tabla V.- Clasificación de los grupos litológicos.

Grupo litológico	1 + 2	3	4	5	6
Clase	1	2	3	4	5

30 %, respectivamente, de variación no explicada en cada caso, lo cual significa que ninguna de las clasificaciones propuestas muestra una dependencia directa muy alta respecto a los movimientos de ladera. Sin embargo, los valores son significativos si se tiene en cuenta que los movimientos predominantes son de tipo flujo (pendiente media clase III) o desprendimientos (pendiente media clase IX) por lo que la correlación con la pendiente tiene

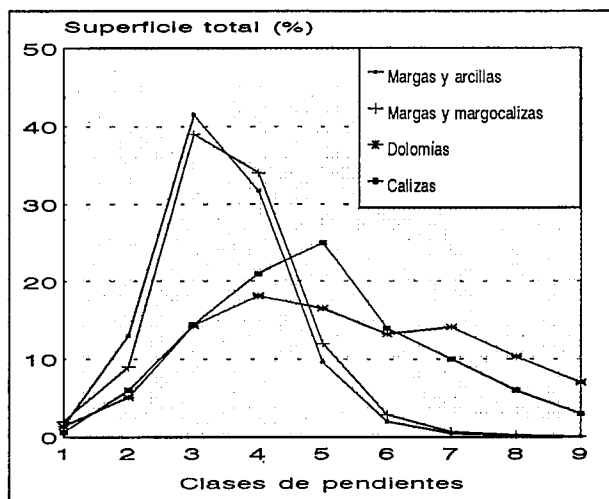


Figura 9.- Distribución de la pendiente en cuatro de los grupos estudiados.

que ser baja si se agrupan todos los movimientos de ladera. Cuando se determina el coeficiente de Spearman de flujos y desprendimientos-deslizamientos, por separado, respecto a la pendiente, se obtienen correlaciones de 0,233 y 0,929, respectivamente. Ello confirma una fuerte dependencia de los desprendimientos y deslizamientos de la región respecto a la pendiente de las laderas mientras que la baja dependencia que muestran los flujos, es consecuencia del bajo valor de pendientes naturales admisibles en los materiales margosos y arcillosos en los que predominan los flujos (fig. 9). Las correlaciones son apreciablemente más altas para exposición y litología.

## Discusión y conclusiones

En el sector estudiado, los depósitos de movimientos de ladera cubren el 6,5 % del área total. Por tipos abundan los flujos, seguidos de los desprendimientos, y con menor frecuencia, los deslizamientos. Los movimientos complejos no son abundantes y presentan mayores dimensiones.

Para establecer el grado de dependencia de la inestabilidad respecto a los factores considerados, el coeficiente de Spearman muestra valores altos cuando tanto la frecuencia de zonas de ruptura como el factor considerado aumentan, y valores bajos cuando el incremento del valor del factor es independiente del incremento del porcentaje de zonas de ruptura.

Las clases de pendientes más propicias a la generación de movimientos de ladera son la III (5-10°) para los flujos, con un 23,3 % de dependencia y la IX (30-90°) para los desprendimientos y deslizamientos, con un 92,9 % de dependencia. El bajo valor (0,527) del coeficiente de Spearman cuando se agrupan todos los movimientos indica que la dependencia respecto a la pendiente de los flujos es muy limitada, tanto porque los desprendimientos se generan a pendientes elevadas (clase IX) como porque los flujos sólo se producen en el rango de pendientes bajas a moderadas en torno a la clase III (ver fig. 5B). El criterio de intervalos de pendientes es apreciable para determinar las zonas susceptibles a desprendimientos y deslizamientos hacia rangos altos y flujos hacia rangos inferiores.

En cuanto a la exposición de las laderas, los movimientos, agrupando flujos, desprendimientos y deslizamientos, predominan en las laderas con exposiciones norteadas y menor insolación y son escasos en las zonas con mayor insolación. El factor exposición de las vertientes muestra una dependencia significativamente alta respecto a la distribución de zonas de ruptura y puede ser empleado como criterio de zonación de susceptibilidad.

Las litologías más susceptibles a la generación de estos procesos son las margas y margocalizas (grupo 5) y las margas y arcillas (grupo 6), que presentan características geomecánicas de baja resistencia y de expansividad media a alta. En el contacto de los materiales del grupo 5 con las calizas y dolomías se generan un buen número de flujos como consecuencia de la posición tectónica y la condición de acuíferos de los materiales carbonatados



respecto a las margas y margocalizas. En segundo lugar se sitúan las dolomías y calizas que, por su alto grado de fracturación y su posición cabalgante sobre materiales incompetentes del grupo 5, se ven afectados por desprendimientos o involucrados en movimientos complejos inducidos por el comportamiento mecánico de los materiales subyacentes. La litología es también un criterio significativo para la zonación de susceptibilidad.

En general, existe una relación directa entre la frecuencia de movimientos de ladera con respecto a la pendiente, exposición de vertientes y la litología según los criterios de gradación adoptados.

La investigación ha sido realizada en el marco del Convenio de Colaboración establecido entre la Facultad de Ciencias de Tetuán (Universidad Abdelmalek Essaadi) y la Universidad de Granada y financiada por la DGICYT a través del proyecto AMB92-0656, y la Junta de Andalucía a través del Grupo 4019, del Plan Andaluz de Investigación.

## Bibliografía

- Ayala, F.J. y Andreu, F.J. (1987): *Manual de taludes*. IGME. Madrid. 456 p.
- Ayala, F.J., Durán, J.J., De Simon, A. y Roldán, R. (1986): *Informe preliminar sobre el deslizamiento de Olivares (Granada), abril de 1986*. IGME (informe no publicado), Madrid.
- Baena, J. y Jerez, L. (1982): Síntesis para un ensayo paleogeográfico entre la Meseta y la Zona Bética s. str. *Colección informe. IGME*. 256 p.
- Beas Torroba, J. (director y coordinador del proyecto). (1990): Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada. *Diputación de Granada y Instituto Tecnológico Geominero de España*, 109 p. + anexos.
- Brabb, E.E., Pampeyan, E.H. and Bonilla, M.G. (1972): *Landslide susceptibility in San Mateo County, California*. U.S. Geol. Surv. Misc. Field Studies Map, MF-300. (Reprinted 1978).
- Colas, G. & Pilot, G. (1976): Description et classification des glissements de terrain. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch., spécial*. 21-30 p.
- Comas, M.C. (1978): *Sobre la geología de los Montes Orientales. Sedimentación y evolución paleogeográfica desde el Jurásico al Mioceno inferior (Zona subbética, Andalucía)*. Tesis, Univ. Bilbao, 323 p.
- Corominas, J. (1989): Estabilidad de taludes y laderas naturales. *Sociedad Española de Geomorfología*, 3: 249 p.
- Crozier, M.J. (1986): *Landslides causes, consequences and environment*. Ed. ROUTLEDGE, London. 252 p.
- Chacón, J. (1987): *Geología y riesgos geológicos en el sector de Olivares (Moclín, Granada)*. Informe Final convenio Marco de colaboración entre la Univ. de Granada y la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. 133 p. 1 anexo. (Inédito)
- Chacón, J. (1988): Riesgos geológicos en el sector de Olivares (Moclín, Granada). *II Simposio sobre Taludes y Laderas inestables*. Andorra la Vella. Ed. Cyan. p. 705-722.
- Chacón, J. y López Galindo, A. (1988): El deslizamiento de Olivares (Moclín, Granada): geología composición, morfología y evolución dinámica durante los 15 primeros meses desde su inicio (12-4-86). *II Simposio sobre Taludes y Laderas inestables*. Andorra la Vella. Ed. Cyan. p. 723-739.
- Chacón, J., Irigaray, C., López Galindo, A., Rodríguez Moreno, I. y Romero, E. (1988): *Excursión B5: Deslizamientos de ladera en el Dominio Subbético*, II Congr. Geol. España, 35p.
- Chacón, J., Méneroud, J.-P., Irigaray, C., Boussouf, S. y Calvino, A. (1992): Análisis comparativo de metodologías para la elaboración de cartografías de exposición a los movimientos de ladera: aplicación al sector de Menton (Alpes Marítimos, Francia). *III Simposio Nac. sobre Taludes y Laderas Inestables*. La Coruña. p 95-106.
- Chacón, J., Irigaray, C. & Fernández, T. (1993): Methodology for large scale landslide hazard mapping in a G.I.S. in *Landslides*, Ed. Balkema. p 77-82.
- Davis, J.C. (1986): *Statistics and data analysis in geology*. Ed. Wiley. Second ed. New York. 646p.
- Demek, J. (1972): *Manual of detailed geomorphological mapping*. I.G.U. Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Praga.
- Denness, B. & Grainger, P. (1976): The preparation of slope maps by the movil interval method. *Area*, 18: 213-219.
- Díaz de Neira, J.A.; Enrile, A.; Hernáiz, P.P. y López, F. (1992a): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja nº 990 (18-40) (Alcalá la Real). Memoria explicativa por J.A. Díaz de Neira, A. Enrile, P.P. Hernáiz, F. López, J. González, M. Zamorano, P. Aguilar, J. Ramírez del Pozo, A. Díaz de Federico y E. Puga, 52 p. (1992). *Instituto Tecnológico Geominero de España*, Madrid
- Díaz de Neira, J.A.; Enrile, A.; Hernáiz, P.P. y López, F. (1992b): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja nº 991 (19-40) (Iznalloz). Memoria explicativa por J.A. Díaz de Neira, A. Enrile, P.P. Hernáiz, F. López, J. González, M. Zamorano, P. Aguilar, J. Ramírez del Pozo, P. Rivas, A. Díaz de Federico, E. Puga, J. Centeno y P. Fernández, 84 p. (1992). *Instituto Tecnológico Geominero de España*, Madrid
- Fallop, P. (1948): Les Cordillères Bétiques. *Estudios Geológicos*, vol. 8: 83-172 p.
- Fontboté, J.M. y García-Dueñas, V. (1968): Essai de systématisation des unités subbétiques allochtones dans le tiers central des chaînes Bétiques. *C.R.Ac.Sc. Paris*, vol-266, pp. 186-189.
- Gandullo, J. M. (1974): Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolaación y de la pendiente del terreno. *INA, Serie Recursos Naturales : 3*.
- García-Dueñas, V. (1967): Unidades paleogeográficas en el sector central de la Zona Subbética. *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. España*, núms. 101-102: 73-100 p.
- González-Donoso, J.M., Linares, A., López-Garrido, A.C. y Vera, J.A. (1971): Bosquejo estratigráfico del Jurásico de las cordilleras Béticas. *Cuader. Geol. Ibérica*, vol-2, pp. 55-59.
- Hutchinson, J.N. (1968): Mass Movement. In *The Encyclopedia of Geomorphology* (Fairbridge, R.W., Ed.), Reinhold Book Corp., New York. pp. 688-696.
- Hutchinson, J.N. (1978): A geotechnical classification of landslides, (After A.W. Skempton and J.N. Hutchinson). *Imperial College, London*.
- IAEG (International Association of Engineering Geology) (1990): Suggested nomenclature for landslides. *Bull. International Association of Engineering Geology*, Paris, 41: p. 13-16.
- Irigaray, C. (1990): *Cartografía de Riesgos geológicos asociados a movimientos de ladera en el Sector de Colmenar (Málaga)*. Tesis de Licenciatura. Univ. Granada. 386 p. (Inédita).
- López Galindo, A. (1986): *Las facies oscuras del Cretácico medio en la zona Subbética, mineralogía y sedimentación*. Tesis doctoral. Univ. Granada. 267p + anexos.
- Lupiani, E. y Soria, J.M. (1988a): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja nº 1008 (18-41) (Montefrío). Memoria explicativa por E. Lupiani, J. Soria, M. García Hernández, J.M. Martín Martín, J. Fernández Martínez, J. Rodríguez Fernández, A. Linares, J.M. Tavera, J. Martínez, J.M. González Donoso, D. Linares, F. Serrano, C. Sanz de Galdeano, J.L. Ruiz, E. Puga, E. Rodríguez, D. Serrat, J.A. Vera, J. Baena 71 p. (1988). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Lupiani, E. y Soria, J.M. (1988b): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, Hoja nº 1.009 (19-41) (Granada). Memoria explicativa por E. Lupiani, J. Soria, M. García Hernández, J.M. Martín Martín, J. Fernández Martínez, J. Rodríguez Fernández, J. Sandoval, J.M. Tavera, M. Company, J. Martínez, J.M. González Donoso, D. Linares, F. Serrano, C. Sanz de Galdeano, J.L. Ruiz, E. Puga, E. Rodríguez, D. Serrat, J.A. Vera, J. Baena, 73 p. (1988). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Milliès-Lacroix, A. (1968): Les glissements de terrain présentation d'une carte prévisionnelle des mouvements de masse dans le Rif (Maroc septentrional). *Mines et Géol. Rabat*, nº 27, p 45-54.
- Nilsen, T.H., Wright, R. H., Vlastic, T. C. & Spangle, V.E. (1979): Relative slope stability and land-use planing in the San Francisco Bay Region, California. *U.S.G.S. Prof. Paper 944*. 96 p.
- Terzaghi, K. y Peck, R. (1967): *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Ed. El Ateneo.
- Varnes, D. J. (1958): Landslides types and processes. In: *Landslides and Engineering Practice* (E. B. Eckel, Ed.) Highway Research

- Board Special Report 29, Washington, DC., 20-47.
- Varnes, D. J. (1978): Slope movement and types and processes. In: *Landslides: Analysis and control* (R.L. Schuster y R.J. Krizek, Eds.). National Academy of Sciences, Washington DC, 176: 11-33.
- Vera, J. A. (1966): La unidad de Parapanda-Hacho de Loja, su individualidad estratigráfica y tectónica en la Zona Subbética. *Acta Geol. Hisp.* I, 1, 3-5 p.
- Vera, J. A. (1969): Estudio geológico de la Zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes. *Memoria del Inst. Geol. y Min, España.* t. 22, 191 p.

*Manuscrito recibido el 28 de Febrero de 1994  
Aceptado el manuscrito revisado el 3 de Junio de 1994.*