



SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA



*EUROPEAN ASSOCIATIONS FOR THE CONSERVATION
OF THE GEOLOGICAL HERITAGE*

LIBRO DE ACTAS
DE LA
**VI REUNIÓN NACIONAL DE LA
COMISIÓN DE PATRIMONIO
GEOLÓGICO**

SALARDÚ

(Val d'Aran, Lleida)

del 8 al 11 de Julio del 2003

Editan

COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE
ESPAÑA

MUSEO DE GEOLOGIA "VALENTÍ MASACHS" DE LA UPC

Editores

Josep M. Mata - **Perelló**
Jordi Gavaldà i Bordes

2004

APROVECHAMIENTO EDUCATIVO Y TURÍSTICO DE FORMAS EROSIVAS TIPO PILARES DE TIERRA (EARTH PILLARS, HOODOOS). EJEMPLOS DE LA RIERA DE GAIÀ (VALLÈS OCCIDENTAL, BARCELONA) Y DEL BERNAL DE YÁTOR (LA ALPUJARRA, GRANADA)

R LINARES, L PALLÍ, C ROQUÉ y X. ALMANZA

Área de Geodinámica Externa. Universitat de Girona, 17071 Girona.
rogelio.linares@udg.es

RESUMEN

Se describen los principales rasgos geomorfológicos de las formas erosivas de tipo pilares de tierra que se desarrollan en la Riera de Gaià (Barcelona) y en el Bernal de Yátor (Granada) Se trata de formas dinámicas, propias de zonas sometidas a una fuerte erosión hídrica, con un elevado interés científico, estético y didáctico.

Palabras clave: Pilares de tierra, Barcelona, Granada, España

ABSTRACT

Keywords: Earth pillars, Barcelona, Granada, Spain

INTRODUCCIÓN

Los paisajes conocidos como *badlands*, o terrenos acarcavados, son áreas en las que la erosión hídrica es muy intensa. La elevada densidad de drenaje, la práctica ausencia de vegetación y la naturaleza abrupta de las laderas son algunos de sus rasgos más característicos y, a la vez, son factores que conllevan una gran dificultad a la hora de transitar sobre ellas (Gutiérrez Elorza, 2001).

Este modelado se desarrolla sobre materiales y climas diversos, desde sedimentos glaciomarineros en el ártico hasta alteritas de granitoides en climas húmedos tropicales (Bryan & Fair, 1982). Probablemente, los ejemplos más característicos y mejor conocidos son los que aparecen en morfoambientes áridos y semiáridos sobre materiales pelíticos

El término *badland* corresponde a la denominación anglosajona de las zonas descritas por los exploradores franceses en el oeste de Norteamérica como *mauvais terres à traverser*. inicialmente se trataba de extensos territorios con un valor económico intrínseco bajo o nulo, motivado por la dificultad de realizar en ellos los usos a los que se pretendían destinar (Campbell, 1997).

Hoy en día los *badlands* son una de las principales atracciones turísticas en varios países del mundo. Se trata de zonas en las que la conjunción de procesos erosivos y de formas resultantes las hace únicas en los estudios geomorfológicos, al convertirlas en laboratorios de campo para el estudio de los fenómenos erosivos.

Este hecho, unido a la gran belleza de alguno de sus elementos, ha motivado su protección como patrimonio geológico. Ejemplos de ello lo constituyen el Dinosaur Provincial Park, en Alberta (Canada), considerado por la UNESCO como World Heritage Site, y el Parque Nacional Badlands en Dakota (Estados Unidos).

En España los paisajes de esta naturaleza mejor desarrollados se localizan en el sureste, especialmente en las comunidades andaluza y murciana, así como en las depresiones del Ebro y del Tajo.

Este trabajo tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de este tipo de modelado, desde la perspectiva de su consideración como patrimonio geológico. En concreto centramos nuestra atención en una de las formas más espectaculares que se desarrollan en estos paisajes; nos referimos a los pilares de tierra. Para ello presentamos dos ejemplos, situados en la comarca de la Alpujarra (Granada) y en el Vallés Occidental (Barcelona), que nos permiten mostrar las potencialidades turísticas y educativas de este tipo de formas.

FORMAS EROSIVAS TIPO PILARES DE TIERRA (*earth pillars, hoodoos*)

Los pilares de tierra (*earth pillars, hoodoos, orgues, dames coiffées, demoiselles coiffées*) son el resultado de un fenómeno geomórfico propio de la erosión de sedimentos poco cementados y heterométricos o de capas alternantes con un contraste de resistencia muy acusado (Fairbridge, 1968). Consisten en formas turriculadas más o menos cónicas, de flancos muy verticaüzados, inicialmente coronados por un bloque de piedra o por una capa más resistente que protege el conjunto.

En Europa, estas formas se localizan en diversos lugares, principalmente en el contexto Mediterráneo. Este es el caso del valle de Adige, cerca de Bolzano (Italia); de Les Orgues d'Ille-sur-Tet, en el Roussillon (Francia); o de la Capadoccia (Turquía), entre los más conocidos. En este último lugar se encuentran, probablemente, los mejores ejemplos (seguramente también los más visitados), conocidos allí como *fairy chimneys* o *pigeon chimneys*.

Estas mismas formas son conocidas en Norteamérica con el término *hoodoos* (Campbell, 1991; Zwolinski, 2003). Allí existen ejemplos espectaculares en varias zonas, destacando, sin lugar a dudas, el Parque Nacional de Bryce Canyon, en el estado de Utah (Figura 1).

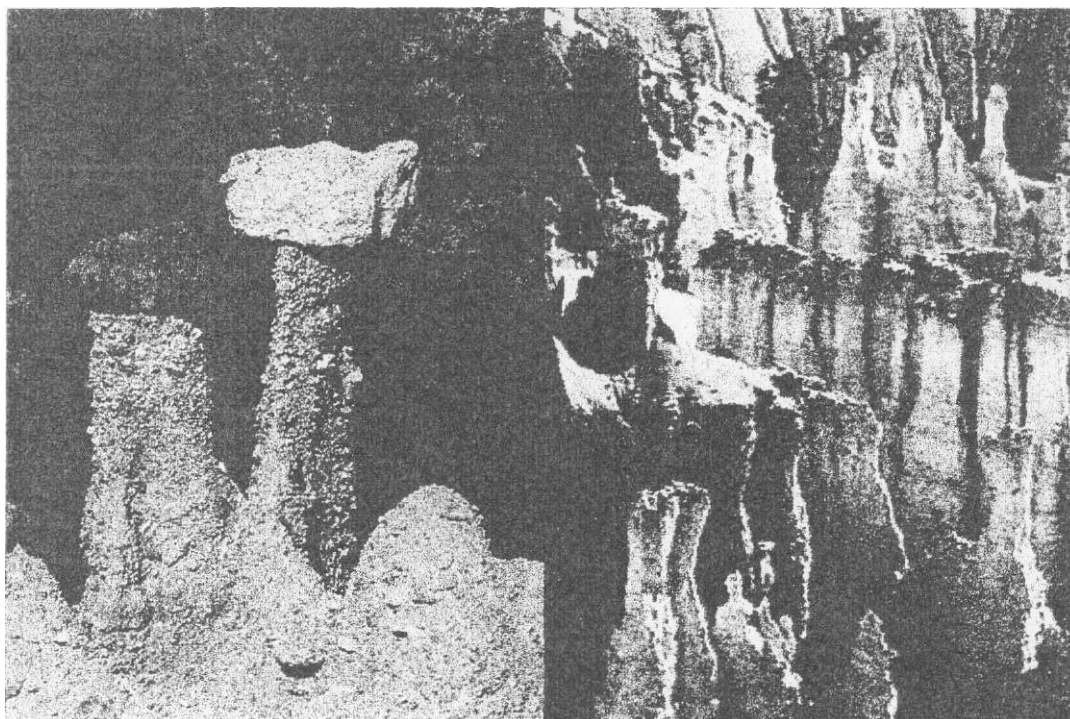


Figura 1- Ejemplos de pilares de tierra (*earth pillars* o *hoodoos*) del Parque Nacional de Bryce Canyon, en el Estado de Utah (EE.UU.).

EL EJEMPLO DE LA RIERA DE GAIÀ

Características geomorfológicas

La Riera de Gaià, afluente del río Llobregat, es un curso fluvial que discurre próximo al contacto entre la Cordillera Prelitoral Catalana (materiales del zócalo Paleozoico y del Triásico) y la Depresión del Vallès (materiales miocénicos), al oeste de la ciudad de Terrassa, en la provincia de Barcelona. En este sector, el contacto entre ambas unidades morfoestructurales se realiza mediante una importante falla en la que se desarrolla una harina de falla en las pizarras y filitas del Paleozoico que alcanza anchuras superiores a los 100 m. Esta fractura se inicia durante la compresión paleógena, se reactiva durante el Neógeno (Rosell et al., 1973) y ha actuado durante el Cuaternario (De Mas, 1985; Linares, 1988). Uno de los sectores en los cuales la actividad neotectónica de esta zona de fractura es más evidente es el tramo de la riera de Gaià comprendido entre Can Mitjans (Viladecavalls) y Can Font de Gaià (Terrassa) (Figura 2).

Los pilares de tierra de la Riera de Gaià se desarrollan sobre los materiales miocénicos que rellenan la depresión, y, especialmente, en aquellas zonas en las que aparecen recubiertos por sedimentos cuaternarios. Sus dimensiones máximas son de unos 25 m de altura por 8 m de anchura. La capa de sedimentos cuaternarios que corona los pilares alcanza los 5 m de espesor (Figura 3).

Los materiales miocénicos corresponden a la unidad litoestratigráfica "Conglomerados Turolense-Vallesense" (Rosell et al., 1973), la cual forma parte de la unidad deposicional "Complejo continental superior" (Cabrera et al., 1985). Las características sedimentológicas y cartográficas de esta unidad, hacen pensar que se trata de una serie de conos de deyección de

tipo torrencial. En general, se trata de materiales conglomeráticos de color parduzco poco consolidados y con matriz areno-arcillosa, los cuales presentan intercalaciones de niveles detríticos más finos (arenas, limos y arcillas). Las asociaciones propias de facies distales, o de tránsito hacia éstas, muestran una mayor extensión cartográfica. Desde un punto de vista estructural destacamos la intensa fracturación que afecta a estos materiales. Las fallas principales desarrollan zonas brechificadas que alcanzan espesores de unos 50 cm, y provocan bruscos cambios de pendiente en los estratos. Son frecuentes las fracturas que se encuentran cementadas por carbonato cálcico.

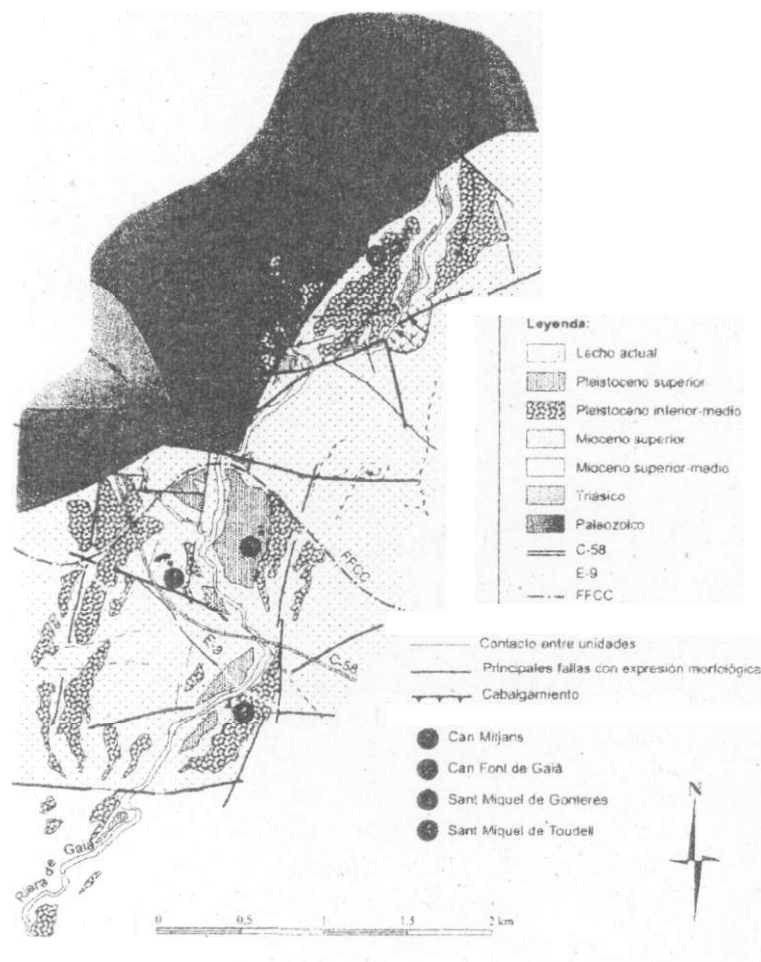


Figura 2 - Detalle cartográfico del tramo medio de la riera de Gaià, según Linares (1988).

Las formaciones superficiales que recubren estos depósitos corresponden a materiales detríticos de tipo fluviotorrencial, atribuibles, por su posicionamiento geomorfológico, al Cuaternario antiguo. Destacamos, por su proyección en el trabajo, la presencia de niveles con costras o nodulos de caliche y de tramos endurecidos por concreciones de óxidos de hierro.

La distribución en planta de estos materiales, las desnivelaciones que se observan en cortes geológicos de detalle, y los bruscos cambios de pendiente de los lechos principales y en las direcciones del flujo superficial, son elementos geomorfológicos indicativos de actividad

neotectónica (Keller & Pinter, 1999) que se reconocen en la zona. En los afloramientos estudiados estos materiales del Cuaternario no muestran una fracturación tectónica apreciable

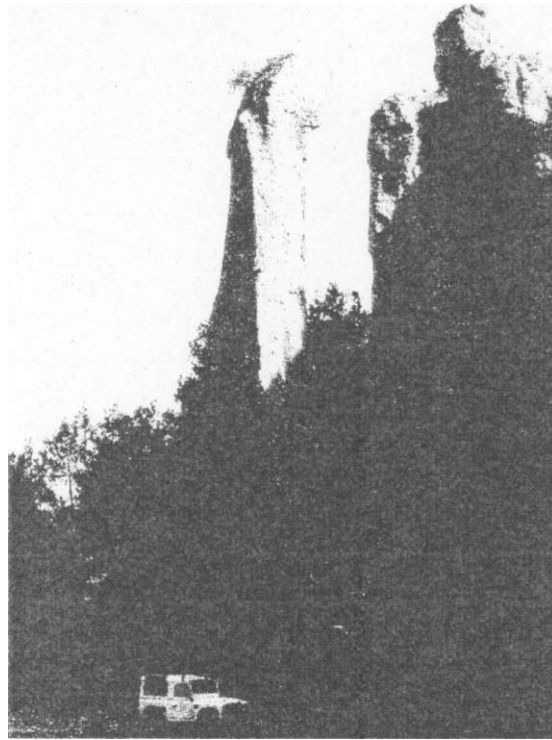


Figura 3 - Ejemplo de pilares de tierra de la zona de Can Mitjans (Viladecavalls)

UTILIZACIÓN ACTUAL

El uso actual de la zona descrita se limita al ámbito educativo. Los pilares de tierra son utilizados como reclamo para destacar el interés en los alumnos por el estudio de procesos erosivos que se desarrollan en la zona y que motivan situaciones de riesgos geológicos, realmente singulares en el contexto de la región (Linares, 1988).

Desde el ámbito educativo universitario, las primeras excursiones geomorfológicas (interacción proceso-forma) se llevan a cabo en 1988. Asignaturas de las licenciaturas en Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona, y de Ciencias Ambientales de la citada Universidad y de la de Girona, han tenido ocasión de realizar parte de sus prácticas de campo en esta zona del Vallès. Cursos de doctorado también han visitado la zona.

A partir del año 1996, las potencialidades educativas de la zona se dan a conocer al profesorado de secundaria encargado de impartir la asignatura Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente del nuevo bachillerato. Este conocimiento se transmite a través de Cursos de Presentación del Nuevo Bachillerato y, especialmente, de Cursos de Campo organizados por el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya y por diversos Institutos de Ciencias de la Educación. Hoy en día, podemos asegurar que más de 500 profesionales de las Ciencias de la Tierra han visitado la zona. Muy pocas zonas de la región de Barcelona son más conocidas que ésta en el campo de la Geología ambiental.

EL EJEMPLO DEL BERNAL DE YÁTOR

Contexto geomorfológico

La población de Yátor se halla emplazada en el denominado Corredor de Las Alpujarras, en su extremo occidental, próximo a la población de Cádiar, en la provincia de Granada. Este territorio coincide con una región topográficamente más deprimida que queda situada al Sur de Sierra Nevada y al Norte de las sierras de Lujar, Contraviesa y Gádor. Geológicamente se ubica sobre materiales del Complejo Alpujárride y corre paralelo al contacto entre los complejos Alpujárride y Nevado Filábride (Rodríguez Fernández & Sanz de Galdeano, 1988).

En los materiales neógenos que se desarrollan en el sector occidental del Corredor de Las Alpujarras, en concreto en la zona conocida como Depresión de Ugíjar, se identifica una superposición de deformaciones que afectan tanto a las rocas sedimentarias como al sustrato metamórfico alpujárride; pliegues decamétricos, fallas normales dexas, cabalgamientos y fallas inversas y otras fallas de pequeño salto (Galindo Zaldívar, 1993). Según este autor, los materiales detríticos que afloran en las inmediaciones de Yátor son atribuibles al Mioceno Superior. Se trata de conglomerados, areniscas, limos y arcillas, con un grado de cementación variable según sectores y tramos (Figura 4).

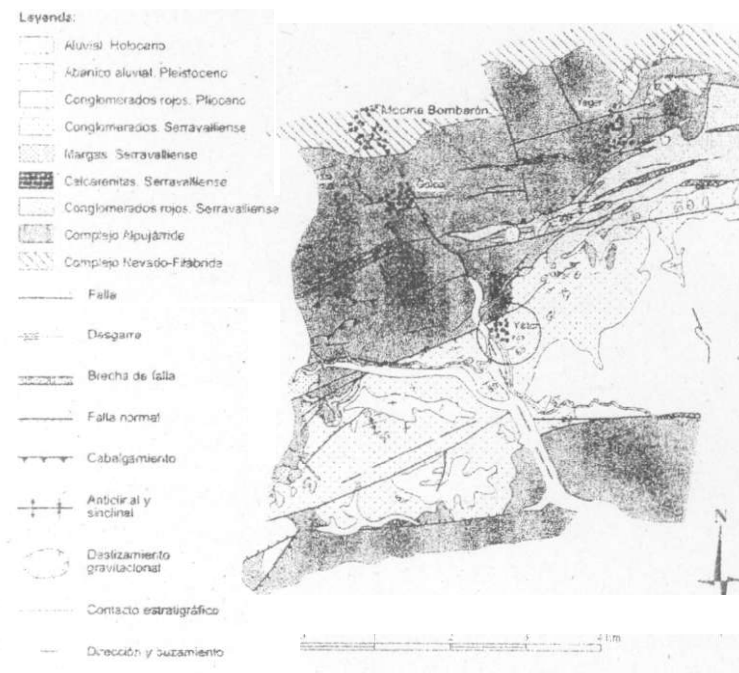


Figura 4- Detalle del mapa geológico del Corredor de Las Alpujarras, según Sanz de Galdeano et al., (1991).

Las formaciones superficiales que recubren las laderas sobre las que actúan los procesos erosivos que nos ocupan, corresponden a depósitos de vertientes de poco espesor y con un grado de cementación discontinuo.

El Pico Bernal de Yátor es el pilar de tierra de dimensiones más notables del conjunto. Alcanza una altura de 35 m y su anchura es de 8 m (Figura 5).

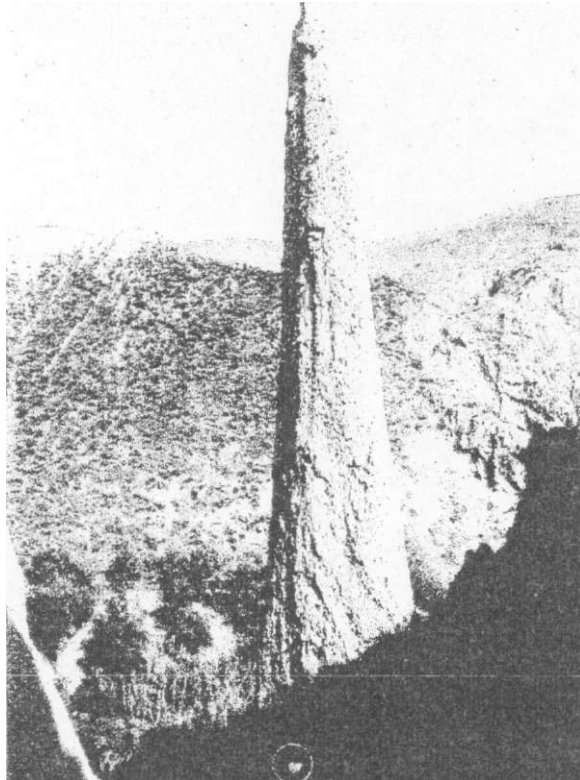


Figura 5 - Ejemplo del pilar de tierra conocido como Bernal de Yátor.

UTILIZACIÓN ACTUAL

El Bernal de Yátor es poco conocido y su uso turístico es sólo incipiente. En general la visita se limita a la zona ocupada por el Pico Bernal, la forma más emblemática del paraje.

CONSIDERACIONES FINALES. PROPUESTAS PARA LA GESTIÓN, PRESERVACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS ZONAS ESTUDIADAS

Las actuaciones que se desarrollen con el objeto de potenciar la singularidad de las formas descritas deben basarse en el conocimiento de la evolución morfodinámica de las mismas. En este sentido, la aproximación geomorfológica realizada de los pilares de tierra de Yátor y de la riera de Gaià nos aportan suficientes datos para llevar acabo una primera propuesta evolutiva y un modelo geomorfológico (Figura 6). Sintetizando nuestras observaciones creemos que los principales estadios son los siguientes:

- La incisión de los cursos fluviales, provocada por accidentes tectónicos, genera vertientes verticalizadas que alcanzan alturas considerables. La estabilidad gravitatoria de estas vertientes es posible gracias a buzamientos de las capas en contra del talud, niveles cementados y/o zonas de superficies de falla cementadas por carbonato cálcico que actúan a modo de pantallas. Una vez superada la altura crítica del talud, se desarrollan fracturas distensivas a favor de la dirección de la excavación. Estas fracturas actúan como elemento principal que canaliza los procesos de erosión subsuperficial (*piping*), que son los dominantes durante esta etapa inicial.
- Una etapa de movimientos en masa, provocados principalmente por colapsos de canales de *piping* y desarrollo de *gulling*.

Finalmente, dominio de los procesos de erosión hídrica superficial, poco profundos, hasta la consecución del perfil de equilibrio de la vertiente.

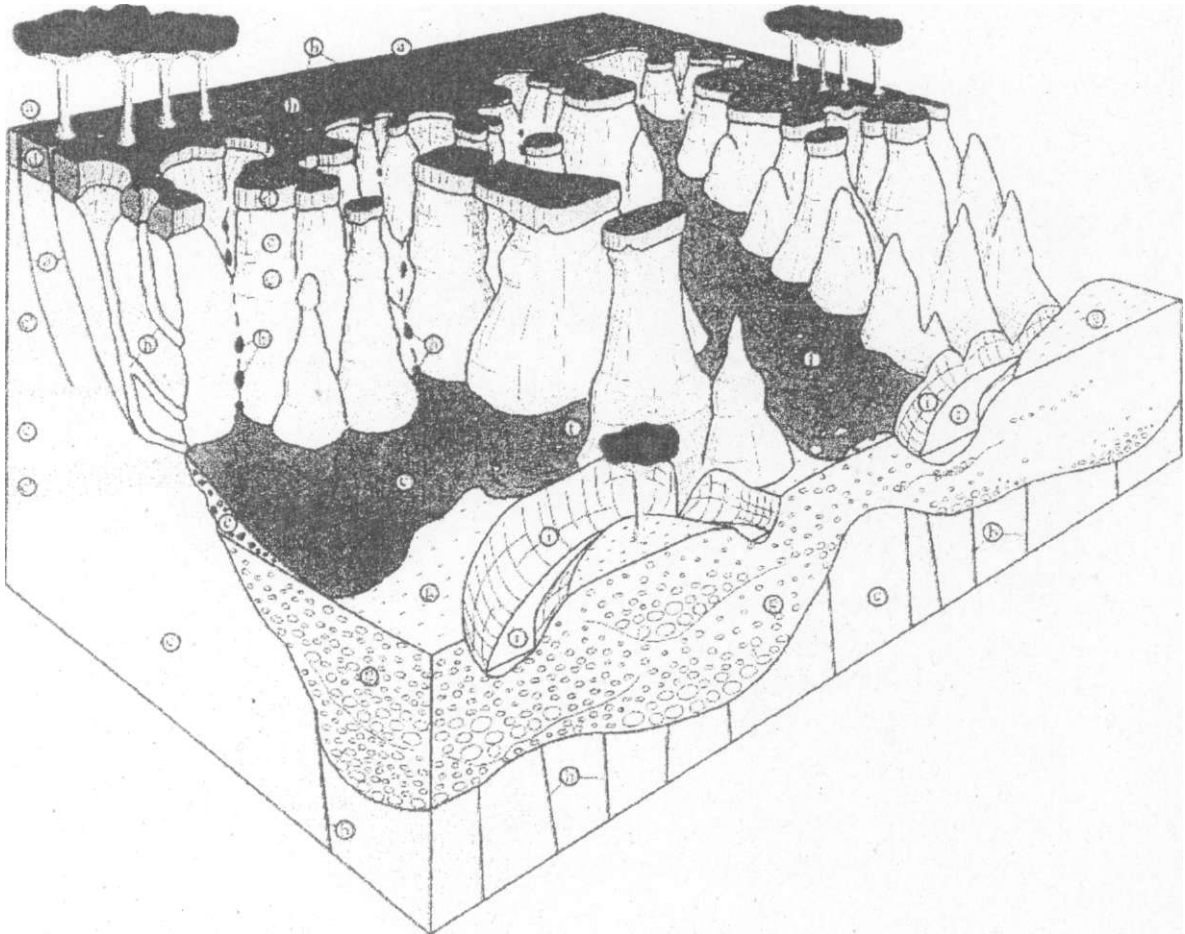


Figura 6 - Bloque esquemático de la génesis y desarrollo de los pilares de tierra. Leyenda a-fracturas de descompresión, b-fracturas tectónicas, c-arenas, limos y arcillas; c'-niveles de gravas; d-nivel resistente cuaternario; e-depósitos de talud; f-coladas de tierra, g-gravas aluviales, h-piping, i-incisión torrencial; r-torrente.

Esta secuencia de eventos es similar a la documentada por Harvey (1982) y por Campbell (1997) en morfoambientes parecidos a los descritos en este trabajo.

Dado el elevado valor científico, estético y didáctico de estas formas, urge desarrollar actuaciones en estos parajes naturales con la finalidad de dar a conocer y proteger estos elementos singulares. Consideramos que los pilares de tierra son formas que pueden actuar como reclamo para introducir a los alumnos o turistas en el conocimiento de los procesos que actúan en los morfoambientes áridos y semiáridos.

En la región andaluza se han sabido valorar la riqueza de las formas asociadas a paisajes tipo *badlands*, existiendo diversos escenarios de protección locales, autonómicos e incluso nacionales. En cambio en Cataluña este tipo de modelado es prácticamente desconocido. A pesar de ello, cuenta con excelente ejemplo de paisajes tipo *badlands*. Probablemente los mejores ejemplos se dan en la Conca de Tremp y, en concreto, en el Barranco de Barcedana (Linares et al, 2002).

REFERENCIAS

- Bryan, RB y Fair, A (eds) (1982): *Badlands geomorphology and piping*. GeoBooks, Norwich
- Campbell, I A (1991): *Classification of Rock Weathering at WOSPP, Alberta, Canada. A Study in Applied Geomorphology*. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol 16, 701-711 pp.
- De Mas, D. (1983) *L'evolució geomorfològica quaternària del Vallès Occidental*. Tesis doctoral. Inédita. Universidad de Barcelona
- Fairbridge, R.W (Ed) (1968): *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Corporation, 1295 p.
- Galindo Zaldívar, J. (1993): *Geometría de las deformaciones neógenas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. 235 p
- Gutiérrez Elorza, M. (2001): *Geomorfología Climática*. Ediciones Omega, 642 pp.
- Gutiérrez Elorza, M. (Ed.Coord) (1994): *Geomorfología de España*. Editorial Rueda, 526 pp.
- Harvey, A. (1982): *The role of piping in the development of badlands and gully systems in south-east Spain*. En RJB Bryan y A. Yair (eds), *Badlands geomorphology and piping*. GeoBooks, 317-336.
- Keller, E.A. & Pinter, N. (1999). *Active Tectonics: earthquakes and landscape*. Prentice Hall, 338 p
- Linares, R.; Rosell, J., Pallí, L. y Roqué, C. (2002): *Afforestation by slope terracing accelerates erosion. A case study in the Barranco de Barcedana (Conca de Tremp, NE Spain)*. *Environmental Geology*, 42: 11-18.



- Linares, R (1988): Caracterización geotécnica de los terrenos situados en el Llano de Terrassa y alrededores (Vallés Occidental Barcelona). Tesis de Licenciatura. Inédita. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Linares, R. (1996) Cursos de Presentación del Nuevo Bachillerato.
- Rodríguez Fernández, J. y Sanz de Galdeano, C. (1988): El Corredor de Las Alpujarras: un área de sedimentación con movimiento transcurrente. Arquitectura estratigráfica y evolución geodinámica. Simposio sobre cuencas en régimen transcurrente. SGE, p153-162.
- Rosell, J.; Obrador, A., Robles, S y Pallí, L. (1973): Sedimentología del mioceno del Vallés Occidental (provincia de Barcelona). *Acta Geológica Hispánica*, t 8: 25-29.
- Sanz de Galdeano, C., Rodríguez Fernández, J. y López garrido, A.C. (1991): Geological map of the alpujarran corridor. Instituto Andaluz de Geología Mediterránea.
- Sprinkel, D.A; Chidsey, T C y Anderson, P B (Ed) (2003). Geology of Utah's Parks and Monuments. Utah Geological Association, Publication 28, 644 p
- Zwolinski, Z. (2003): Geomorphologist, Waht is a hoodoo?. URL: <http://main.amu.edu.pl/~sgp/gw/hd/hoodoo.htm>