

Los procesos de alteración de las rocas soporte de las pinturas de los conjuntos rupestres del Tajo de las Figuras (Cádiz) y Peñas Cabreras (Málaga)

Alteration processes in host-rock with paintings from Tajo de las Figuras (Cádiz) and Peñas Cabreras (Málaga) prehistoric-art sites

S. Sánchez-Moral, J.C. Cañaveras, M. Hoyos y E. Sanz-Rubio

Dept. Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales (C.S.I.C.), 28006 Madrid.

ABSTRACT

The sandstones which are the host wall-rock for prehistoric-art representations in Tajo Figuras (Cádiz) and Peñas Cabreras (Málaga) prehistoric-art sites show extensive alteration features damaging the paintings and engravings. These features include alteration crusts, detachment of rock-plates, alveolar surfaces and grainification. Climatic and geomorphic conditions, together with the compositional characteristics of the sandstones are thought to be the main factors responsible of these alteration features.

Key words: prehistoric art, sandstones, alteration processes, climate.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1222-1225
ISSN:0213683X

Introducción

En los últimos años, han experimentado un gran auge los trabajos sobre el estado de conservación del arte rupestre y sobre los procesos de alteración de las rocas que actúan como su soporte, pero fundamentalmente se han centrado en las representaciones artísticas ubicadas en cuevas de origen kárstico. Por el contrario, no son abundantes los trabajos que tratan sobre la conservación de conjuntos rupestres en afloramientos rocosos expuestos a la acción de los agentes de meteorización externos. Entre los trabajos recientes que abordan esta problemática en manifestaciones artísticas cuya roca soporte son areniscas, como es el caso de los conjuntos rupestres objeto de este estudio, se pueden destacar los de Campbell (1991), Benito *et al.* (1993), Sjöberg (1994) y Sancho *et al.* (1994).

En el presente trabajo se reflejan los resultados obtenidos en el estudio petrológico, mineralógico y geoquímico de las areniscas que constituyen los abrigos y soportes de las pinturas de los denominados conjuntos rupestres de Peñas Cabreras (Málaga) y Tajo de las Figuras (Cádiz), así como de los resultados obtenidos sobre los procesos de alteración que afectan a dichos soportes pictóricos. Ambos conjuntos rupestres contienen representaciones artísticas neolíticas y algún grado paleolítico de gran importancia por la cantidad y características de sus figuras, que han sido objeto de numerosos estudios (Hernández Pacheco y Cabre, 1913; Márquez, 1976; Barroso y

Medina, 1982; Más Comella, 1986; Ripoll *et al.*, 1991).

Localización geográfica y condiciones climáticas

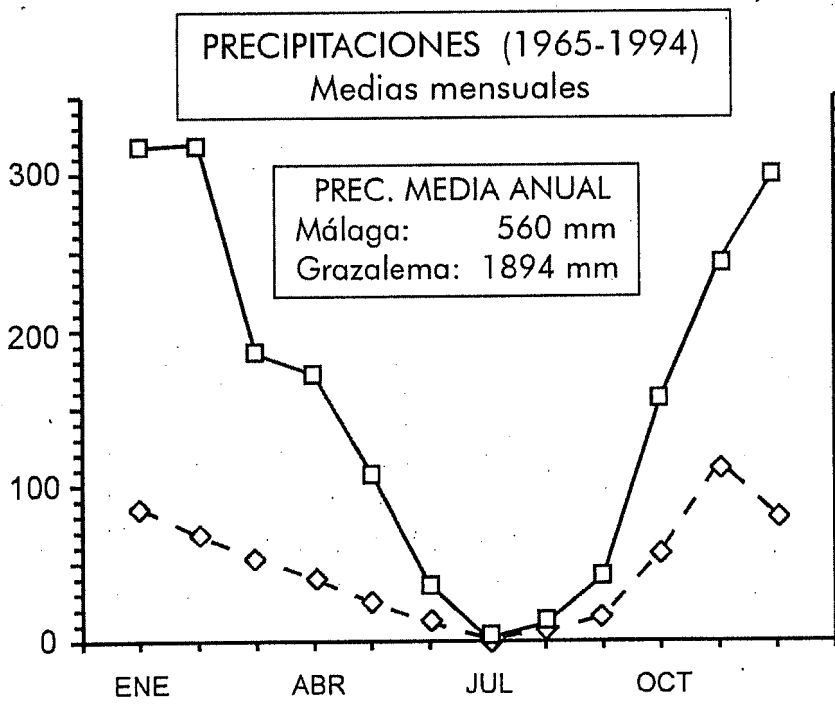
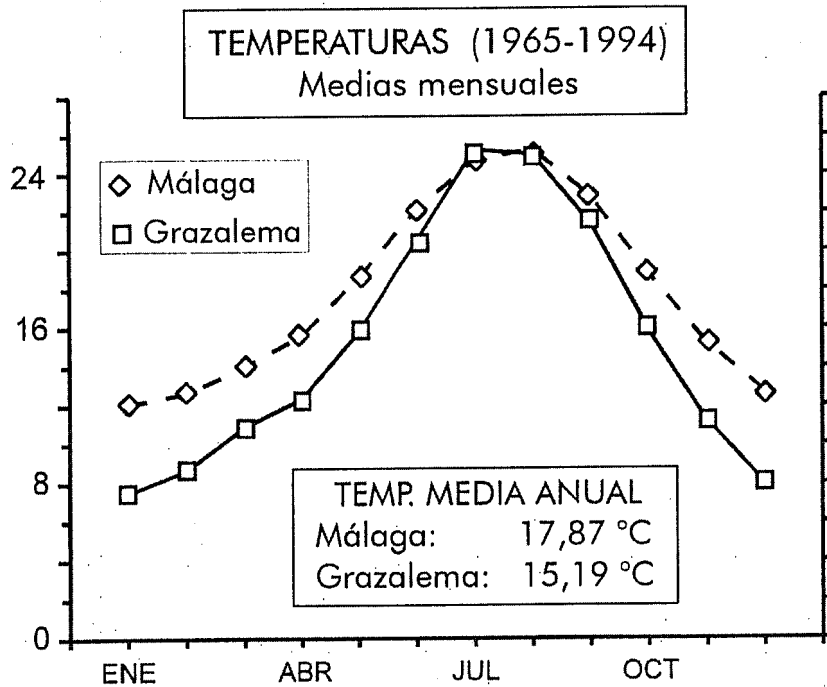
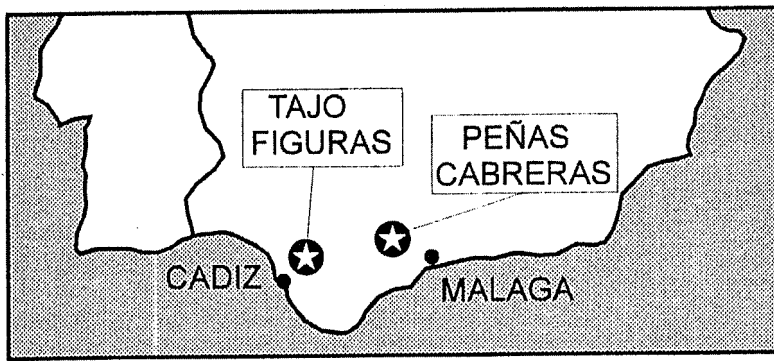
El Conjunto Rupestre del Tajo de las Figuras se sitúa en el término municipal de Benalup (Cádiz), está constituido por un total de 7 abrigos naturales con orientación preferente al S (Cueva del Tajo de las Figuras, del Arco, Cimera, Negra, Alta, del Tesoro, y de los Pilonos), que albergan más de 500 pinturas rupestres con diferentes motivos, y ubicadas entre 110 y 170 m sobre el nivel del mar. El Conjunto Rupestre de Peñas Cabreras se sitúa dentro del término municipal de Casabermeja (Málaga), está formado por un total de 23 cavidades conocidas, de reducidas dimensiones y con orientación N, NW y W fundamentalmente, ubicadas en el Cerro Mogeja (entre 570 y 620 m sobre el nivel del mar).

Dado que las condiciones climáticas juegan un papel determinante en el desarrollo de los procesos de alteración de las rocas, se ha realizado un estudio de los principales parámetros climáticos de las zonas de ubicación de los conjuntos rupestres estudiados para el período 1965 - 1994, a partir de datos de la estación meteorológica de Málaga aeropuerto para Peñas Cabreras, y la estación de Grazalema para el Tajo de las Figuras. En cuanto a las temperaturas (Fig. 1), ambas zonas presentan un clima mesotérmico a cálido, pero con un mayor contraste estacional en la zona

de ubicación del Tajo de las Figuras con heladas relativamente frecuentes en diciembre, enero y febrero, y en conjunto se observa una mayor oscilación térmica anual. En el caso de las precipitaciones (Fig. 1), las diferencias entre ambas zonas son de mucha mayor entidad; Grazalema (Tajo Figuras) presenta índices de pluviosidad muy elevados y considerablemente superiores a los de la zona de Málaga. En ambas zonas se llegan a alcanzar velocidades del viento superiores a los 80 Km/hora, que en el caso de Grazalema superan los 130 Km/hora.

Características geológicas

Conjunto Rupestre Tajo de las Figuras: El abrigo del Tajo de las Figuras se encuentra ubicado en areniscas silíceas de color naranja a pardamarillentas pertenecientes a la Fm. de Areniscas del Aljibe (Mioceno inferior). Todo el conjunto se encuentra fuertemente tectonizado, correspondiendo las directrices fundamentales de la red de diaclasas con la dirección E-W, favoreciendo el desarrollo del abrigo del Tajo de las Figuras y de la cueva del Arco, ambos orientados hacia el Sur, a favor de estas discontinuidades de dirección E-W. Petrológicamente se trata de cuarzoarenitas (en menor medida subarcosas) de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas, mal seleccionadas y con alto grado de redondez. Su esqueleto se compone principalmente de: cuarzo (80-90%); feldespato (0-15%), predominando las plagioclasas; micas (<5%), principalmente mos-



covitas, turmalinas (<2%) y opacos (<2%). La matriz es muy escasa (<5%) y consiste preferentemente en masas de caolinitas (ilitas minoritarias). Se han distinguido cementos sintaxiales silíceos, peliculares ferruginosos y pore-linings y pore-fillings de caolinitas.

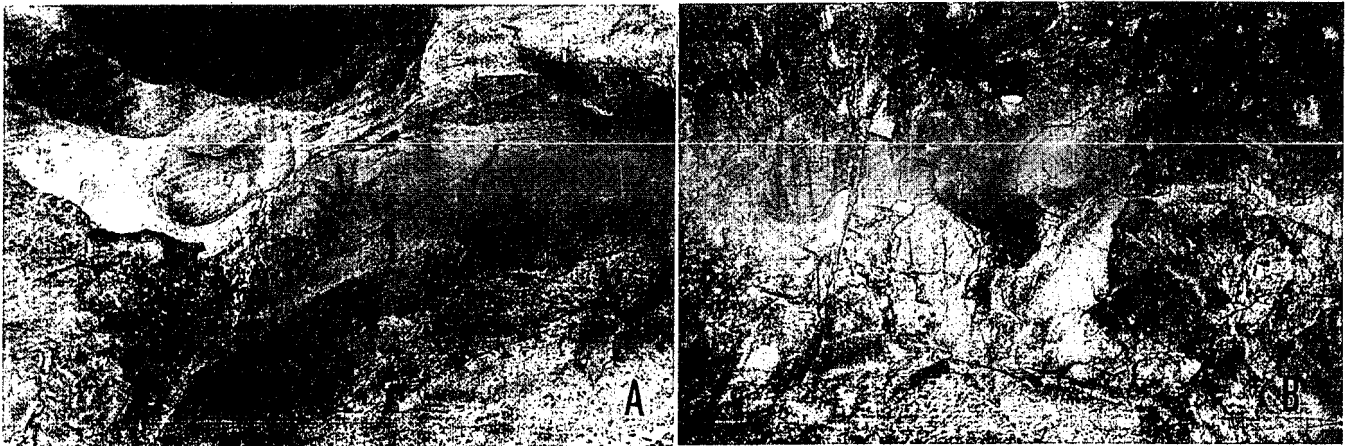
Conjunto Rupestre Peñas Cabrerías: Los abrigos de Peñas Cabrerías se sitúan en niveles de areniscas silíceas de la ladera sur de la Depresión de Colmenar, próximos a la localidad de Casabermeja (Málaga). El grado de fracturación tectónica de las areniscas es muy elevado estando afectadas tanto por fallas como por una densa red de diaclasas con direcciones preferentes N260°E y N. Petrologicamente se trata de areniscas de grano medio a grueso de tonos pardos claros mal seleccionadas y con un moderado-alto grado de redondez. El esqueleto se compone principalmente de: cuarzo (80-90%); micas (5-20%); feldespatos, predominando las plagioclasas (0-15%) y fragmentos de roca metamórfica (0-10%). La pasta es escasa (<5%) y consiste en masas de ilitas y caolinitas. Los cementos, también escasos, son principalmente silíceos y ferruginosos. La mayoría de estas areniscas pueden clasificarse como cuarzoarenitas, si bien son relativamente abundantes los términos subarcósicos y subliptoareníticos. Dadas las analogías petrologicas de estas areniscas con las de la Formación del Aljibe de edad miocena, se han asimilado a estas, aunque algunos autores (ITGE, 1979) han asignado una edad Permo-triásica a estos niveles de areniscas dada su afinidad con las facies germánicas y su carácter azoico.

Procesos de alteración de la roca soporte de las pinturas

En este apartado nos vamos a centrar en los principales procesos naturales de alteración geológica que se han detectado en las areniscas. No obstante, es importante señalar la importancia de la acción antrópica en el estado de conservación de las pinturas. Tanto en el Tajo de las Figuras como en Peñas Cabrerías, son evidentes las huellas dejadas por los visitantes al mojar y frotar las pinturas con objeto de resaltar más los contrastes de las figuras (aumentando considerablemente el efecto de los ciclos de humectación-deseccación del soporte). Asimismo es incuestionable el efecto producido por el continuo roce de paredes y suelos de los abrigos; por la realización de fogatas, que ennegrecen la parte superficial de la roca; y por la extracción de bloques de arenisca en la

Fig. 1.- Localización geográfica y diagrama de la evolución anual de las temperaturas y precipitaciones en las estaciones meteorológicas de Málaga y Grazalema.

Fig. 1.- Geographical setting and plot showing the annual evolution of temperatures and rainfalls from Malaga and Grazalema weather stations.



ción de cantos de pizarra. En la parte superior izquierda se observan restos de excrementos de pájaros. En el centro, pinturas rupestres representando motivos antropomórficos. B) Aspecto de costras de alteración y del efecto producido por el desprendimiento de plaquetas superficiales de roca.

Fig. 2.- A) Detail of a cliff-foot cave (Peñas Cabrerías) showing alveolar surfaces composed by alignments of hollows which are produced by the alteration of shaly clasts. On the upper-left side: remains of bird excrement. Center: rock-paintings representin antropomorphic sketches. B) View of reddish alteration crusts and detachment of rock-plates.

parte superior de los abrigos, que dejan zonas deprimidas donde se acumula el agua preferencialmente, y se produce el desarrollo de suelos orgánicos que pueden favorecer de forma considerable los procesos naturales de alteración de la roca. Por otro lado, la acción animal también produce deterioros tanto en los soportes como en las pinturas, reconociéndose la presencia en los abrigos de nidos de avispas terreas y la acción de pájaros, murciélagos, cabras y venados, con defecaciones en el interior de los abrigos (fig2a) y roce de las paredes.

Los procesos de alteración observados con diferente intensidad en cada uno de los casos estudiados, se pueden dividir en función del mecanismo de alteración predominante en tres grupos interrelacionados: Procesos de meteorización mecánica, de meteorización química y de alteración bioinducidos.

Procesos de meteorización mecánica

En los dos casos estudiados, se han distinguido dos mecanismos de actuación diferentes pero interrelacionados:

Meteorización térmica por efecto de los cambios de temperatura que sufre la roca, tanto estacionalmente como en ciclos nocturnos-diurnos. Este proceso queda patente en el caso de las areniscas de Peñas Cabrerías, donde los fragmentos de roca metamórfica con tonos oscuros pueden llegar a ser relativamente abundantes (10%); estos componentes, dada su coloración y sus características texturales, sufren calentamientos de mayor rango que los componentes mayoritarios (cuarzo y feldespato) y por tanto variaciones de mayor magnitud por fenómenos de dilatación-retracción, que a largo plazo provocan su desprendimiento. Como consecuencia de ello, en muchas ocasiones se observan alineaciones de huecos en la roca, que corresponden originalmente a laminaciones de cantos de pizarra, dando

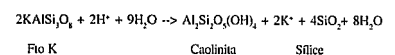
lugar a superficies muy rugosas (Fig.2a).

Gelifracción como consecuencia de sucesivos ciclos hielo-deshielo. El agua presente en la roca ya sea por infiltración de aguas meteóricas o por fenómenos de condensación nocturna, se introduce en la roca a favor de los planos de discontinuidad que constituyen sus grietas (fracturas-diaclasas) y puede llegar a congelarse en las etapas invernales. En muchas ocasiones, estas discontinuidades están constituidos por zonas de contacto entre materiales de diferente competencia (costras superficiales de alteración-roca fresca), de forma que la efectividad de este mecanismo de meteorización se ve incrementada por su actuación simultánea con procesos de meteorización química y biológica. El resultado final es el desprendimiento de grandes placas superficiales de roca (Fig.2b), y la desagregación grano a grano de la roca. En los dos casos estudiados, se ha podido comprobar que los fenómenos de formación y desprendimiento de plaquetas son muy comunes e intensos, si bien hay que señalar que en el Tajo de las Figuras se aprecia una mayor efectividad, como consecuencia de la mayor oscilación térmica de su zona de ubicación.

Procesos de meteorización química

Los fenómenos de carbo-hidrólisis constituyen el mecanismo que actúa con mayor efectividad, de forma coherente con unas condiciones climáticas cálidas y húmedas. Estas condiciones favorecen la adsorción de agua y el ataque químico de los componentes de la roca por la acción de aguas meteóricas ligeramente ácidas debido al CO2 disuelto, cuya procedencia puede ser atmosférica u orgánica (cobertera vegetal y suelos ricos en materia orgánica en la zona superior de los abrigos). La expresión geoquímica que resume estos fenómenos de alteración y autigénesis de arcillas, en el caso de los feldespatos potásicos

(similar en plagioclasas pero con liberación de Ca-Na en sustitución del K) queda de la siguiente forma:



En la figura 3a pueden verse un ejemplo de este fenómeno, con cristales de feldespato alterados por procesos de carbohidrólisis y cristales de caolinita neoformados a expensas de dicha alteración. Precisamente, la abundante presencia de caolinita en las muestras correspondientes al Tajo de las Figuras coincide con el alto grado de humedad de su zona de ubicación, ya que este mineral neoformado se ha empleado comúnmente como indicador de climas húmedos.

La sílice liberada (en un primer paso como 4HSiO₄) migra hacia el exterior de la roca a favor de las direcciones preferenciales de flujo del agua circulante, dando lugar a la génesis de cementos silíceos, y comenzando la formación de las costras de alteración superficial. De forma simultánea, se produce un ataque químico similar, e incluso más rápido, de los minerales micáceos ferromagnesianos, como la biotita [2K(Mg, Fe, Mn)₃AlSi₃O₁₀(OH)₂] con el resultado de la neoformación de caolinita, y la liberación mayoritaria de óxidos de Fe (limonita, y por oxidación hematites), y en proporciones menores de Mg (brucita) y Mn (pirolusita, manganita). Estos óxidos migran hacia las capas exteriores de la roca de forma similar a la sílice, y junto a ésta, constituyen las costras de alteración citadas de tonalidades rojizas (fig2b), tan comunes en todos los abrigos estudiados. Cuando se produce el desprendimiento de parte de las costras de alteración en forma de plaquetas, se observa como en la actualidad la migración de la sílice sigue en progreso y toma como vías preferentes las zonas de contacto, discontinuidad, entre dichas costras y la roca fresca. La acción conjunta de los mecanismos de alteración física y química acelera considerablemente el proceso de deterioro de las areniscas

estudiadas y facilita la actividad de los fenómenos de erosión hídrica y eólica, y con ello, la génesis de cavidades semiesféricas tipo taffoni (Godard, 1977) a favor de las discontinuidades composicionales y texturales de la roca (Sancho y Gutiérrez, 1990).

Procesos de alteración por encostramiento bioinducido

La propia estructura de los abrigos naturales estudiados, favorece la colonización de la parte superficial de la roca-soporte por diversas comunidades biológicas (especialmente líquenes nitrofilos, hongos y algas y cianobacterias criptoendolíticas) que facilitan los fenómenos de adsorción de agua y el mantenimiento de un cierto grado de humedad, e inducen la precipitación de CO_3Ca en forma de costras de pequeño espesor. En el caso del Tajo de las Figuras, estas costras de recubrimiento-alteración muestran un gran desarrollo, significativamente mayor que en Peñas Cabreras. Este hecho puede relacionarse con los elevados índices de pluviosidad que presenta su zona de ubicación, con su propia estructura de abrigo más cerrado, y posiblemente también con el mayor índice de deterioro por acciones antrópicas (mojar pinturas) que presenta este conjunto rupestre. Las costras carbonáticas son de tipo estromatolítico (Fig. 3b) formadas por bandas de 5-50 μm de grosor compuestas mayoritariamente por calcita (micrita, microesparita), y en menor proporción por yesos, óxidos de Fe, Mn y Mg, arcillas y elementos orgánicos (biofilms, hongos, esporas). Estas costras ejercen tres tipos de acciones: por una parte cubren la superficie de la roca, incluyendo las zonas con presencia de pinturas; por otra favorecen la retención de los óxidos procedentes de los procesos de alteración química de la roca, y la precipitación de sales como el yeso, cuya presión de cristalización en muchos casos provoca tensiones mecánicas que ayudan a la descamación de estas costras (haloclastismo); finalmente ejercen una acción penetrante que provoca el progreso de los fenómenos de ataque físico y químico hacia el interior de la roca, aumentando el espesor de las costras superficiales de alteración.

Conclusiones

Las alteraciones encontradas en los diferentes abrigos estudiados corresponden a fenómenos físico-químicos naturales en los que las condiciones climáticas juegan un importante papel, y cuyas medidas correctoras son difíciles de aplicar sin producir otros cambios de consecuencias

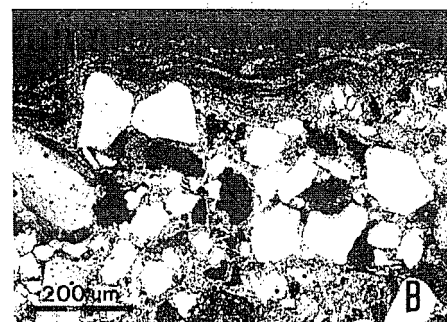
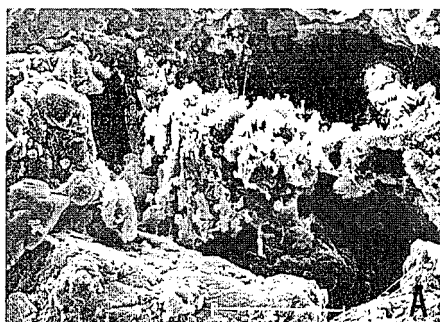


Fig. 3.- A) Alteración de cristales de feldespato y neoformación de cristales de caolinita (a la derecha). B) Costras estromatolíticas calcíticas recubriendo y penetrando en la arenisca.

Fig. 3.- A) Alteration of a feldspar crystal and neoformation of kaolinite crystals (right side). B) Stromatolitic-like calcite crust covering and penetrating into the sandstone.

imprevistas. La semejanza en las características petrológicas y composicionales de las areniscas-soporte de las pinturas en ambos conjuntos rupestres, provoca que el carácter de los procesos de alteración que afectan a ambas rocas sean muy similares; sin embargo, se ha comprobado que las especiales condiciones climáticas de la zona de ubicación del conjunto rupestre del Tajo de las Figuras, provocan que estos procesos de alteración sean más acentuados que en Peñas Cabreras. En conjunto, dichos procesos responden a ciclos en los que la meteorización mecánica favorece la posterior alteración química, que a su vez prepara a la roca, para ser atacada en un nuevo ciclo de meteorización.

En la actualidad, el estado de conservación de las pinturas no es malo, pero la acción antrópica especialmente dañina para este tipo de representaciones, puede además acelerar considerablemente los procesos naturales de alteración. En cualquier caso, durante los 3000-4000 años pasados, desde la realización de las pinturas, la velocidad de degradación es muy inferior a la de monumentos históricos ubicados en zonas urbanas.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del Convenio de Investigación "Estudio y diagnóstico de los conjuntos y yacimientos arqueológicos de la Comunidad Autónoma Andaluza en su contexto

geomorfológico, biológico y climático" financiado por la Junta de Andalucía.

Referencias

- Barroso, C. y Medina, F. (1982): *Zephyrus* XXXIV-XXXV, 269-284.
- Benito, G. et al. (1993): *Environmental Geology* 22, 71-79.
- Campbell, I.A. (1991): *Earth Surf. Proc. Landforms* 16, 701-711.
- Godard, A. (1977): *Presses Universitaires de France*, 232 p.
- Hernández Pachecho, E. y Cabré, J. (1913): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* XIII, 349-359.
- ITGE (1979): *Hoja Geológica de Colmenar (1039)*. 1:50.000.
- Márquez, M. (1979): *Carteya* 9, 23-27.
- Más Cornella, M. (1986): *Anuario Arqueológico Andalucía II*, 258-260.
- Ripoll et al. (1991): *Espacio Tiempo y Forma. Serie I. Prehistoria y Arqueología* 4, 111-126.
- Sáncho, C. y Gutiérrez, M. (1990): *Cuaternario y Geomorfología* 4, 131-145.
- Sáncho et al. (1994): *Cuaternario y Geomorfología* 8, 103-118.
- Sjöberg, R. (1994): En Robinson, D.A. & Williams, R.G. (eds). *Rock weathering and landform evolution*, 223-241.