

## Protezione e valorizzazione della Geode gigante di Pulpí (Almería, Spagna): criteri tecnici per la sua conservazione

ANGEL FERNÁNDEZ-CORTÉS<sup>1</sup>, JOSÉ MARIA CALAFORRA<sup>1</sup>, JAVIER GARCÍA-GUINEA<sup>2</sup> E PAOLO FORTI<sup>3</sup>

### Riassunto

La Geode gigante di Pulpí (Almería, Spagna) potrebbe essere considerata come una delle più importanti scoperte mineralogiche correlate al patrimonio geologico del mondo. Lo sfruttamento turistico del patrimonio ambientale ha spesso assicurato una conservazione, perché l'aggiunta di valori economici e culturali spesso aiuta nello sviluppo di misure di protezione. In questa ottica si inserisce la Geode di Pulpí dove interesse mineralogici si oppongono a quelli ambientali. Per questo motivo uno sfruttamento ecosostenibile di questa grotta di miniera deve essere messo in piedi, e come primo passo bisogna accertare la possibilità di visitare l'interno della geode. Per poter raggiungere questi obiettivi la variazione dei differenti parametri fisici sia della roccia (cristalli di gesso) sia dell'aria durante alcune brevi e controllate visite deve essere misurata in modo da poter prevedere l'impatto dovuto a simile visite quando (e se) la geode verrà aperta al pubblico. I primi risultati microclimatici indicano che l'adattamento turistico di questo particolare ambiente geologico dovrebbe essere progettato senza un diretto contatto fisico e termale tra l'interno della geode ed i turisti. Per questo sarà necessario progettare nuovi non-aggressivi metodi di visita della geode in futuro.

**Parole chiave:** Geode, gesso, monumento geologico, monitoraggio ambientale, grotta turistica.

### Abstract

*The giant Geode of Pulpí (Almería, Spain) could be considered as one of the most significant world mineralogical discoveries related to the Geological Heritage. Tourist exploitation of the environmental heritage has assured in many cases its conservation, because added economic and cultural values are factors that can be used to help develop their protection. This could be the example of the giant gypsum Geode of Pulpí where mineralogical interest is against environmental one. From this standpoint a sustainable tourist exploitation of this mining environment should be arranged and the first step is to know the possibility of visiting the interior of the Geode. In order to reach these objectives has been necessary to characterize the variation of the different physical parameters of the air and rock (gypsum crystals) during controlled visits, similar to which could be carried out in a hypothetical opening to the public. The first microclimatic results are watchful that the tourist adaptation of this geologic environment should be contemplated without a physical-thermal contact between the visitor and the interior of the Geode. Therefore, new non-aggressive proposals for visiting the Geode must be implemented in the future.*

**Keywords:** Geode, gypsum, geological heritage, environmental monitoring, show cave.

### Introduzione

La Geode di Pulpí (Spagna sudorientale) è un fenomeno geologico unico al mondo per le sue dimensioni e per la perfezione e la trasparenza dei cristalli di gesso che essa contiene (Calaforra & García-Guinea, 2000 and 2001).

La sua scoperta nel 1999 da parte di collezionisti di minerali fu ampiamente pubblicizzata nel mondo attraverso vari mezzi mediatici e giornali scientifici quali Science (Vol. 286, 2000, p. 2120). La Geode fu scoperta all'interno di una vecchia miniera di ferro e di piom-

<sup>1</sup> Water Resources and Environmental Geology Research Group. Department of Hydrogeology and Analytic Chemistry. University of Almería. 04120. Almería. Spain - e-mail: acortes@ual.es

<sup>2</sup> National Museum of Natural Sciences (CSIC). José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. Spain

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico Ambientali. Università degli Studi di Bologna. Via Zamboni, 67. Bologna. Italy





Fig. 1 - A: Vista generale della Geode Gigante di Pulpi (Almería, Spagna). Dettaglio dei cristalli di gesso. (foto Paolo Forti).

bo, 3 km dalla costa ed ad una profondità di 50 metri, in rocce dolomitiche triassiche che fanno parte della Cordillera Betica. Il volume della Geode di Pulpi è di 10.7 m<sup>3</sup> (lunga 8 m, larga 1.8 m e alta 1.7 m), e le dimensioni medie dei cristalli di gesso sono di 0.5 x 0.4 x 0.3 m, con alcuni cristalli che raggiungono i 2 m (García-Guinea *et al.*, 2002).

La quasi totale mancanza di bibliografia mondiale su geodi giganti testimonia il carattere unico e singolare della Geode di Pulpi. In Spagna l'abbondanza di piccole geodi contenenti quarzo è nota nella Cordillera Cantabrica (Laño in territorio Basco e Langre presso Santander) a Burgos, dove si trovano piccoli noduli di anidrite (Elorza & Rodríguez-Lázaro, 1984 e 1987, Elorza & García-Garmilla, 1993; Gómez-Alday *et al.*, 1994 e 2002), o in rocce vulcaniche calco-alcaline della Spagna centrale (nel distretto minerario di Hiendelaencina in Guadalajara; Bustillo *et al.*, 1999) ma, in generale, la loro dimensione non è comparabile con quella della Geode di Pulpi (Fig. 4).

Un ritrovamento simile fu quello di una geode di quarzo a Grimsel (Svizzera) che è attualmente protetta dalla legislazione ambientale con lo statuto di monumento naturale. Le sue dimensioni sono 12 m di lunghezza per 2 m di larghezza, ed è tappezzata da cristalli di quarzo trasparente lunghi 20 cm. Questa geode è aperta al pubblico, previa autorizzazione, e può essere vista attraverso un vetro. Altre geodi giganti sono state scoperte nella miniera di San Antonio, in Santa Eulalia (Messico). Si tratta di una grotta di miniera lunga 100 metri, larga 10 ed alta 8, con cristalli di gesso lunghi fino a 3 metri, ma presenta l'inconveniente di un'altissima tempera-

tura (fino a 50°C) nella miniera. Esistono altre ben note citazioni bibliografiche di formazioni geodiche (Finkelma *et al.*, 1974; Matsui *et al.*, 1974; Di Sabatino *et al.*, 1996; Gilg *et al.*, 2003), ma tutte caratterizzate da condizioni di singolarità, conservazione e dimensione molto diverse dai casi citati in precedenza (Fig. 1).

#### La situazione attuale e i progetti proposti

Attualmente due fattori possono portare alla distruzione della Geode: (1) la pressione dei collezionisti di minerali e dei Musei che potrebbero prelevare cristalli dalla Geode (García-Guinea & Calaforra, 2001) e (2) la insufficienza o assenza di legislazione spagnola che tratti questo tipo di patrimonio. Le leggi ambientali spagnole potrebbero proteggere la Geode attraverso misure minori quali l'istituzione di un "Monumento Naturale", un concetto giuridico spesso utilizzato per definire beni di interesse geologico, depositi paleontologici o altri elementi del paesaggio geologico con particolare valore o di particolare interesse culturale, scientifico o paesaggistico (Consejería Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 1999). Questo concetto implica che il Monumento Naturale abbia un uso turistico sostenibile.

Un'alternativa a questa situazione potrebbe essere inserire la Geode ed il suo contesto minerario come patrimonio geologico-naturale, nell'ambito della protezione di vecchie strutture d'industria mineraria della Spagna sudorientale (Calaforra *et al.*, 2001). In questa prospettiva l'ambiente minerario e la Geode potrebbero essere integrate in un progetto globale di protezione del patrimonio geominerario.



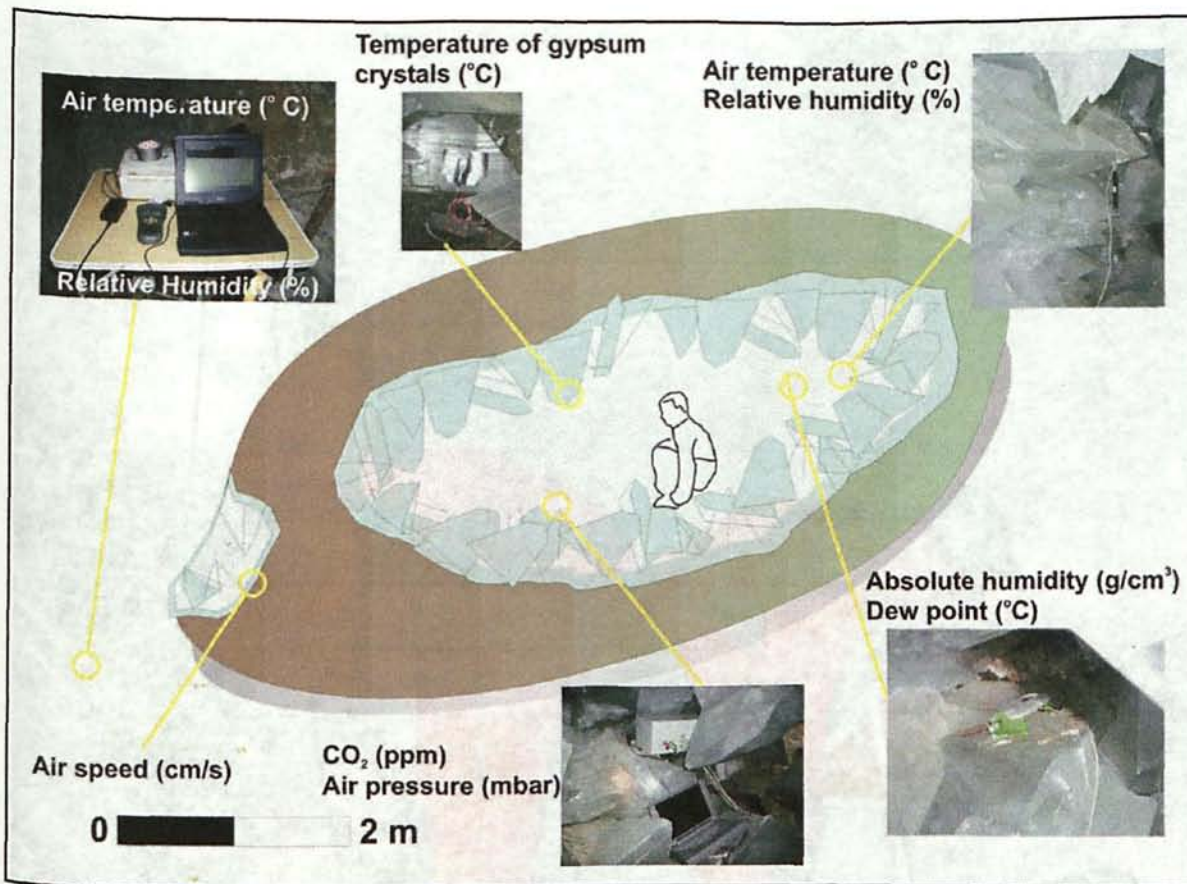


Fig. 2 - Schema del Sistema di Controllo Ambientale installato dentro la Geode (da Fernández-Cortés, 2005).

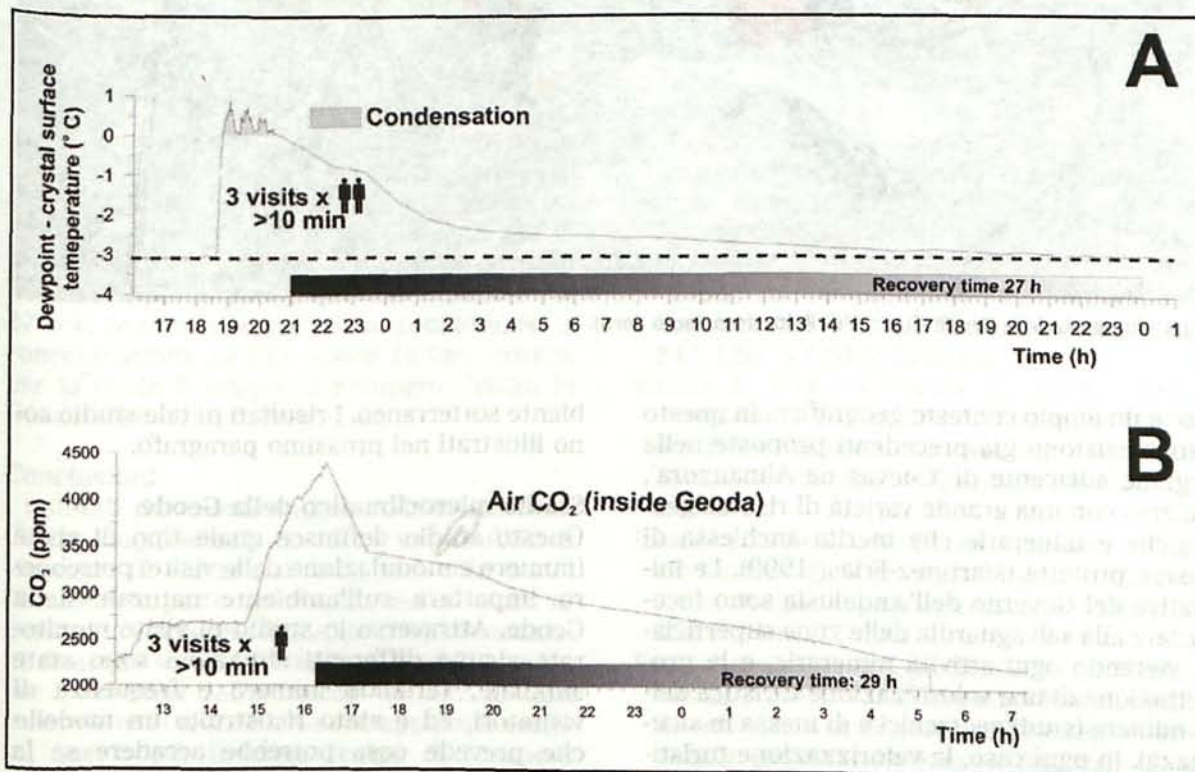


Fig. 3 - Tempo di recupero ed influenza dei visitatori all'interno della Geode: (A) il rischio che acqua condensi sopra i cristalli di gesso e (B) la concentrazione di CO<sub>2</sub> (da Fernández-Cortés, 2005).

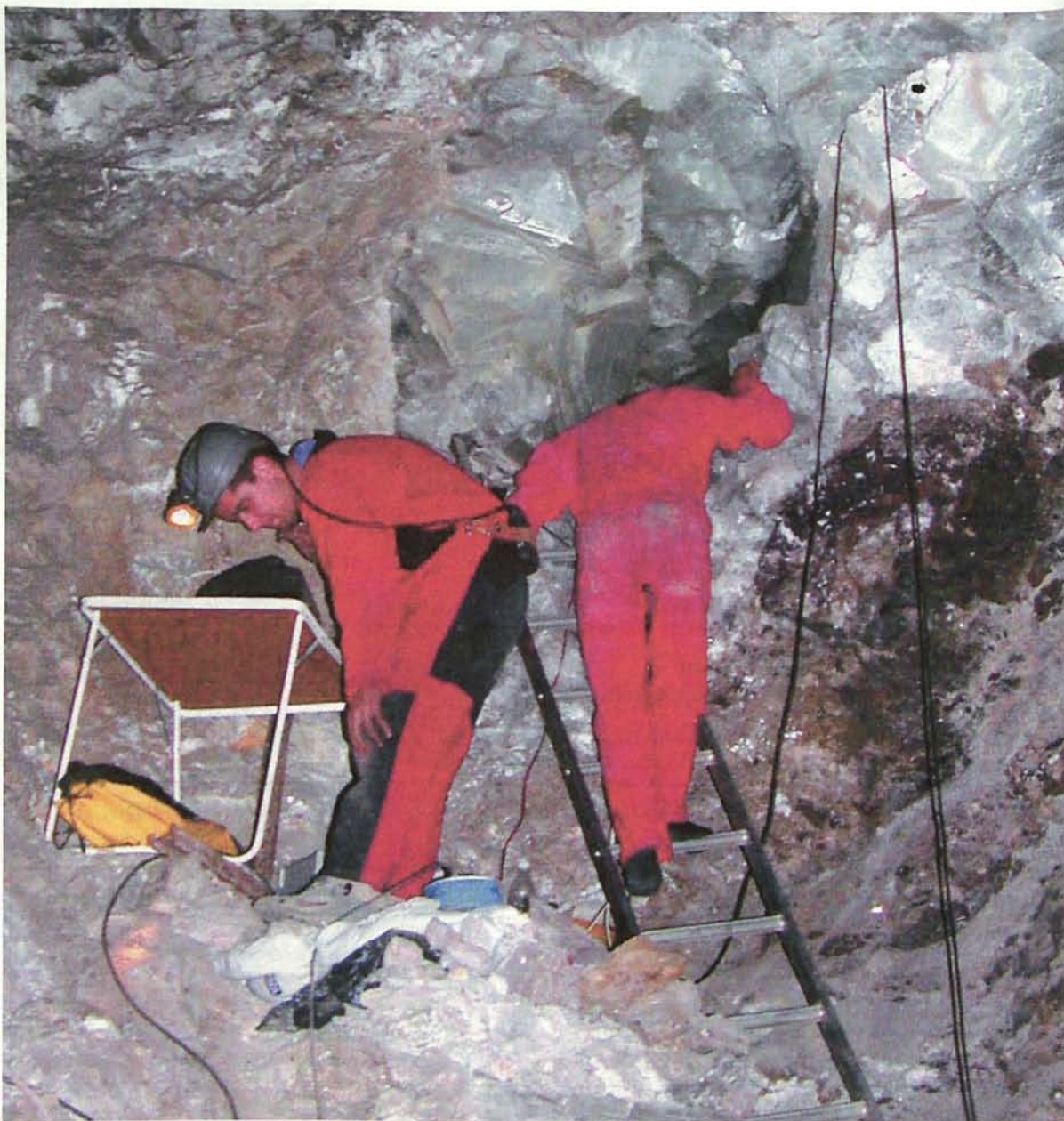


Fig.4 - Ingresso della Geode Gigante di Pulpi (foto Paolo Forti).

rio in un ampio contesto geografico. In questo senso esistono già precedenti proposte nella regione adiacente di 'Cuevas de Almanzora', un'area con una grande varietà di risorse geologiche e minerarie che merita anch'essa di essere protetta (Martínez-Frías, 1999). Le iniziative del Governo dell'Andalusia sono focalizzate alla salvaguardia delle zone superficiali, vietando ogni attività mineraria, e la progettazione di una valorizzazione turistica della miniera (studi geotecnici e di messa in sicurezza). In ogni caso, la valorizzazione turistica della Geode di Pulpi dipende dagli studi microclimatici che hanno lo scopo di valutare l'impatto delle visite su questo delicato am-

biente sotterraneo. I risultati di tale studio sono illustrati nel prossimo paragrafo.

#### **Studio microclimatico della Geode**

Questo studio definisce quale tipo di visite (numero e modulazione delle visite) potrebbero impattare sull'ambiente naturale della Geode. Attraverso lo studio di visite monitorate alcune differenti situazioni sono state simulate, variando numero e frequenza di visitatori, ed è stato ricostruito un modello che prevede cosa potrebbe accadere se la Geode venisse aperta al pubblico.

Le visite monitorate erano caratterizzate da un ristretto numero di persone, un tempo



limitato dentro la geode e diretto contatto tra atmosfera della geode e visitatore. Trenta visite sperimentali sono state effettuate con gruppi di 1 - 3 persone con tempo di permanenza nella Geode tra 5 e 30 minuti. Datalogger con sensori molto sensibili, progettati per misurare in stretti intervalli di valori, sono stati installati per misurare la temperatura dell'aria, quella sulla superficie dei cristalli, l'umidità relativa ed assoluta, il punto di rugiada, la concentrazione di CO<sub>2</sub>, la pressione atmosferica e la velocità dell'aria (Fig. 2). Le variabili facili da misurare, come la temperatura, CO<sub>2</sub>, e soprattutto il calcolo del tempo di recupero successivi alla visite di monitoraggio sono uno strumento estremamente utile per la determinazione della "visibilità" di uno spazio ristretto e chiuso come la Geode.

L'impatto ambientale principale dovuto alla continua presenza di persone all'interno della Geode è la condensazione sui cristalli di gesso come risultato dell'aumento in temperatura e vapore acqueo causati dalla respirazione (Fernández-Cortés *et al.*, 2003). La condensazione di acqua sui cristalli dovuti alla presenza di persone potrebbe portare alla corrosione fatale dei cristalli. La condensazione di vapore acqueo su una superficie avviene quando la temperatura del punto di rugiada dell'aria è più alta della temperatura della superficie rocciosa (De Freitas & Schmekal, 2003). Durante tutte le visite sia il punto di rugiada che la temperatura sono state monitorate all'interno della Geode, insieme al rapporto della condensazione ( $g_{\text{vapore acqueo}}/m^2h$ ). La visita minima in cui il fenomeno della condensazione sui cristalli di gesso si manifesta è di 2 o 3 persone con permanenza di più di 10 minuti. Il valore del tempo di recupero necessario per raggiungere i valori iniziali è di 27 ore. Inoltre bisogna anche considerare la concentrazione di CO<sub>2</sub> come fattore critico, per la quale il tempo di recupero dentro la Geode supera il giorno (Fig. 3).

### Conclusioni

I risultati del monitoraggio ambientale della Geode suggeriscono che sarà impossibile ai visitatori di entrarvi dentro, non solo per il possibile impatto meccanico sui cristalli di gesso, ma anche per il rischio di condensazione di acqua sopra i cristalli e il rischio tossico per i visitatori dall'accumulo di CO<sub>2</sub>. In ogni caso, visite *in situ* della Geode appaiono escluse, questo per il lungo tempo di recupero necessario tra i singoli gruppi di visitatori in modo che non avvenga condensazione. Per queste ragioni le conclusioni che sono

state fornite alle autorità ambientali competenti raccomandano che la miniera possa essere turisticizzata soltanto se ogni contatto fisico dei visitatori all'interno della Geode sarà escluso.

### Bibliografia

- BUSTILLO M.A., GARCÍA-GUINEA J., MARTINEZ-FRÍAS J., DELGADO A., 1999 - *Unusual sedimentary geodes filled by gold-bearing hematite laths*. Geological Magazine, 136 (6), pp. 671-679.
- CALAFORRA J.M., GARCÍA-GUINEA J., 2000 - *La Geoda gigante de Pulpí*. Boletín de las Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, 1, pp. 52-53
- CALAFORRA J.M., MORENO R., GARCÍA-GUINEA J., GUERRERO M., ROMERO A., 2001 - *La geoda gigante de Pulpí: Patrimonio geológico y minero*. Medio Ambiente, 37, pp. 42-43
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 1999 - *Decreto 225/1999 de 9 de noviembre, de regulación y desarrollo de la figura de Monumento Natural de Andalucía*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 146 (16 de diciembre de 1999)
- DE FREITAS C.R., SCHMEKAL A., 2003 - *Condensation as a microclimate process: Measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm Cave, New Zealand*. International Journal of Climatology, 23 (5), pp. 557-575
- DI SABATINO B., BARRESE E., MATTIAS P., CROCETTI G., 1996 - *Hypothesis for the origin of halloysite in Capalbio (Grosseto)*. Mineralogica et Petrographica Acta, 39, pp. 291-300.
- ELORZA J., RODRÍGUEZ-LÁZARO J., 1987 - *Quartz geodes with celestite and calcite after anhydrite from Langre (Santander, Spain)*. In: RODRÍGUEZ-CLEMENTE R. & TARDY Y. (Eds.), Proceedings of the International Meeting "Geochemistry of the Earth Surface and Processes of Mineral Formation", pp. 837-847. CSIC y CNRS: Granada.
- ELORZA J., GARCIA-GARMILLA F., 1993 - *Chert Appearance in the Cueva-Bedon Carbonate Platform (Upper Cretaceous, Northern Spain)*. Geological Magazine, 130 (6), pp. 805-816.
- ELORZA J.J., RODRÍGUEZ-LÁZARO J., 1984 - *Late Cretaceous Quartz Geodes after Anhydrite from Burgos, Spain*. Geological Magazine, 121 (2), pp. 107-113
- FERNÁNDEZ-CORTÉS A., CALAFORRA J.M., GARCÍA-GUINEA J., 2003 - *Estudio microclimático para la valoración de la proyección turística de la Geoda gigante de Pulpí (Almería)*. In: I. RÁBANO, I. MANTECA & C. GARCÍA (Eds.), Patrimonio Geológico y Minero y Desarrollo Regional. Instituto Geológico y Minero de

- España, Madrid, pp. 531-537.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS A., 2005 - *Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de su uso turístico*. Ph.D. Thesis. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, pp. 1-424
- FINKELMA R.B., EVANS H.T., MATZKO J.J., 1974 - *Manganese Minerals in Geodes from Chihuahua, Mexico*. Mineralogical Magazine, 39 (305), pp. 549-558
- GARCÍA-GUINEA, J., CALAFORRA, J.M., 2001 - *La geoda de cristales de yeso de Jaravías (Almería)*. Tierra y Tecnología, 22, pp. 15-20
- GARCÍA-GUINEA J., CALAFORRA J.M., 2001 - *Mineral collectors and the geological heritage*. European Geologist Magazine, 1, pp. 4-7
- GARCÍA-GUINEA J., MORALES S., DELGADO A., RECIO C., CALAFORRA J.M., 2002 - *Formation of gigantic gypsum crystals*. Journal of the Geological Society, London, 159, pp. 347-350
- GILG H.A., MORTEANI G., KOSTITSYN Y., PREINFALK C., GATTER I., STRIEDER A.J., 2003 - *Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil): A fluid inclusion, REE, oxygen, carbon, and Sr isotope study on basalt, quartz, and calcite*. Mineralium Deposita, 38 (8), pp. 1009-1025.
- GÓMEZ-ALDAY J.J., GARCÍA-GARMILLA F., ELORZA J., 1994 - *Caracterización de las geodas de cuarzo de Laño (sur de Vitoria). Relación con la actividad somerizante del Diapiro de Peñacerrada (Cuenca Vasco-Cantábrica)*. Geogaceta, 16, pp. 132-135
- GÓMEZ-ALDAY J.J., GARCÍA-GARMILLA F., ELORZA J., 2002 - *Origin of quartz geodes from Lano and Tubilla del Agua sections (middle-upper Campanian, Basque-Cantabrian Basin, northern Spain): isotopic differences during diagenetic processes*. Geological Journal, 37 (2), pp. 117-134.
- MARTÍNEZ-FRÍAS J., 1999 - *Mining vs. geological heritage: The Cuevas del Almanzora natural area (SE Spain)*. Ambio, 28 (2), pp. 204-206
- MATSUI E., SALATI E., MARINI O.J., 1974 - *D-H and O-18-O-16 Ratios in Waters Contained in Geodes from Basaltic Province of Rio-Grande-Do-Sul, Brazil*. Geological Society of America Bulletin, 85 (4), pp. 577-580