

La Geología en la exploración planetaria

Geology in planetary exploration

J. Martínez Frías¹, R. Lunar², J.A. Rodríguez-Losada³, A. Eff-Darwich^{3,4} y J. Madero Jarabo⁵

- 1 Planetary Geology Laboratory, Centro de Astrobiología, CSIC/INTA, asociado al NASA Astrobiology Institute, Ctra. de Ajalvir, km. 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid. E-mail: martinezfj@inta.es
- 2 Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid
- 3 Departamento de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias
- 4 Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), 38205 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias
- 5 Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha, Plaza de la Merced, 16001 Cuenca, Spain

Resumen: Los estudios geológicos relacionados con la exploración planetaria cubren numerosos aspectos y no pueden entenderse actualmente sin considerar su carácter interdisciplinar. La geología planetaria se encuentra en pleno desarrollo en los países avanzados y en España, va ocupando, aunque aún lentamente, mayores espacios, tanto en ámbitos científicos como docentes. Este artículo se corresponde con la mesa redonda “La geología en la exploración planetaria” celebrada durante el VII Congreso Geológico de España. Temáticamente se estructuró sobre la base de cuatro aspectos principales: a) la investigación (y conexiones interdisciplinarias) en el marco de las ciencias de la tierra y del espacio; b) la docencia en Facultades y Escuelas de Ingeniería; c) la divulgación y su coordinación a distintos niveles (mediante las actividades de los museos de ciencias y la realización de congresos, conferencias y seminarios temáticos), y d) las perspectivas futuras de desarrollo en España.

Palabras clave: Geología, exploración planetaria, mesa redonda, España.

Abstract: *Geological studies related to space exploration cover many different aspects that can not be faced without considering its interdisciplinary nature. Whereas planetary geology is significantly progressing in the academic and scientific contexts in Europe and the USA, the advance in Spain is still extremely slow. The present contribution is a summary of the debate from the round table entitled “Geology and space exploration” which was held during the “VII Congreso Geológico de España”. Thematically, the main subjects were the following: a) investigation (and interdisciplinary links) in the general framework of the Earth and Space sciences; b) teaching aspects in Faculties and Engineering Schools; c) public outreach and coordination at different levels (by the activities of science museums, congresses, workshops and thematic seminars), and d) future perspectives of development in Spain.*

Key words: *Geology, space exploration, round table, Spain.*

INTRODUCCIÓN

La geología planetaria constituye un ámbito temático específico reconocido oficialmente en el contexto internacional de campos, disciplinas y subdisciplinas científicas de la UNESCO (código UNESCO: 2104.04), cuya revisión y reorganización se ha propuesto recientemente (Martínez Frías y Hochberg, 2007). Este artículo se corresponde con la mesa redonda “La geología en la exploración planetaria” celebrada durante el VII Congreso Geológico de España. Temáticamente se estructuró sobre la base de cuatro aspectos principales: a) la investigación (y conexiones interdisciplinarias) en el marco de las Ciencias de la Tierra y del Espacio; b) la docencia en Facultades y Escuelas de Ingeniería; c) la divulgación y su coordinación a distintos niveles (mediante las actividades de los museos de ciencias y la realización de congresos, conferencias y seminarios temáticos), y d) las perspectivas futuras de desarrollo en España. Aunque no existe una definición concreta y estandarizada de la geología planetaria, también

denominada astrogeología (término propuesto por primera vez por Eugene Shoemaker en 1961, (Fig. 1), considerado internacionalmente como fundador de la disciplina), una de las mejores corresponde a la utilizada por la Arizona State University: una institución emblemática y pionera en esta línea de investigación: *La geología planetaria puede definirse como el estudio a distintas escalas del origen, composición, distribución y evolución de la materia condensada en el universo en forma de planetas, satélites, cometas, asteroides y partículas de distintas dimensiones y génesis. Esto conlleva la incorporación y estudio pormenorizado de datos procedentes de sondas espaciales, análisis comparados de meteoritos y polvo cósmico, estructuras y eventos de impacto meteorítico, simulaciones de laboratorio de varios procesos planetarios y también estudios de campo sobre análogos terrestres útiles para la exploración y modelización de los mecanismos y procesos geológicos que tienen lugar más allá de las fronteras de nuestro planeta (ASU, 2007, ver Martínez Frías y Hochberg, 2007).*



FIGURA 1. Fotografía del Dr. Eugene Shoemaker (1928-1997) en el Meteor Crater (Arizona). El Dr. Shoemaker está considerado el padre de la astrogeología o geología planetaria, disciplina que fundó en el marco del Servicio Geológico de los Estados Unidos, estableciendo, en 1963, su “Centro de Campo” en Flagstaff, Arizona (USA). Foto: Cortesía de USGS (Astrogeology Research Program).

INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINAR

A pesar de su amplitud, esta definición no caracteriza en su totalidad el abanico temático que cubre la geología planetaria. Al igual que ocurre con los estudios que se desarrollan sobre aspectos terrestres más clásicos, la aplicación de la geología a la exploración planetaria se nutre también de la física, química, biología y otras disciplinas, en un mestizaje científico-técnico que, además de enriquecer el área de las ciencias de la tierra y del espacio, es una base fundamental para la evolución del conocimiento en su sentido más amplio. Es importante destacar que el propio Servicio Geológico de Estados Unidos dispone de un programa específico de investigación en Astrogeología “USGS (<http://astrogeology.usgs.gov/>, Astrogeology Research Program)”, que lleva años funcionando, dirigiendo y participando en numerosos proyectos científicos, principalmente sobre planetas rocosos (incluyendo la Tierra), satélites de hielo y otros temas relacionados con el sistema solar. El desarrollo de la Astrobiología, gracias principalmente al impulso del NASA Astrobiology Institute, ha contribuido a revitalizar la geología y reconocer su importancia en las misiones planetarias, tanto para la identificación e investigación de ambientes y paleoambientes planetarios como para el establecimiento de las necesarias relaciones entre geo y biomarcadores (Martínez-Frías *et al.* 2006, 2007). En España, aunque se ha producido un avance notable de la geología planetaria, sobre todo en los últimos años, el número de especialistas es aún desafortunadamente muy bajo. Desde el punto de vista de la investigación, los estudios geológicos relacionados con la exploración planetaria cubren numerosos aspectos y no pueden entenderse actualmente sin considerar su carácter interdisciplinar (Martínez Frías, 2006) y la colaboración científica y tecnológica entre distintas instituciones. Sin menoscabo de las actividades desarrolladas en otras

universidades y centros españoles, las investigaciones que se vienen realizando en el laboratorio de geología planetaria del Centro de Astrobiología (hasta el momento el único existente en el país relacionado directamente con esta disciplina) pueden ser un buen ejemplo de ello. Temáticamente, éstas incluyen: a) estudios de materia extraterrestre, principalmente mineralogía y geoquímica de meteoritos (tanto asteroidales como planetarios); b) investigación de cráteres y eventos de impacto meteorítico, c) exploración planetaria, mediante el desarrollo y participación en misiones espaciales (principalmente de Marte) y d) caracterización geológica, mineralógica, geoquímica y metalogenética de análogos terrestres para la exploración de Marte, Europa, Titán y otros cuerpos planetarios de nuestro sistema solar (Fig. 2).

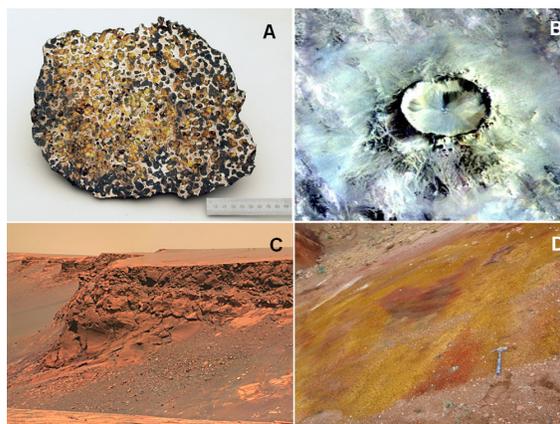


FIGURA 2. Imágenes representando cuatro aspectos importantes de la investigación en geología planetaria. A: Estudio de materia extraterrestre (ej. meteoritos). Pallasito Benham. Foto: American Museum of Natural History. B: Impactos meteoríticos. Cráter de 1,9 km de diámetro de Tenoumer (Mauritania). Imagen proporcionada por el Dr. Carlos Roberto de Souza Filho (Earth Impact Database). C: Misiones planetarias. Espectacular imagen tomada en Marte por el robot Opportunity del afloramiento Cape Saint Mary, zona del cráter Victoria. Es un promontorio de unos 15 m de alto, localizado en la zona del borde del cráter. Foto: NASA/JPL-Caltech/Cornell University D: Análogos de Marte. Afloramientos de alteración mineral en Islandia actualmente en estudio.

DOCENCIA

Con respecto a la docencia, el escaso desarrollo de las investigaciones en geología planetaria en España tiene su correspondencia con la práctica inexistencia de asignaturas sobre este tema en las Facultades y Escuelas de Ingeniería. La propia geología en sí misma lleva años retrocediendo en nuestro país, sin justificación, en los ámbitos académicos frente a otras disciplinas a niveles cada vez más bajos.

El resultado es que, debido a una combinación de errores en política educativa, corporativismo y falta de especialización y reciclaje en las universidades, se está ralentizando de manera significativa el avance de esta línea científica en España con respecto a otros países de nuestro entorno. No obstante, existen algunas excepciones notables que han ayudado (y algunas continúan haciéndolo) a impulsar los estudios y cursos

sobre estos temas, principalmente, entre otras, en las universidades Complutense (Anguita, 1993), Rey Juan Carlos, Autónoma y Politécnica de Madrid, Salamanca, Granada, Zaragoza, Barcelona y La Laguna. Concretamente en esta última universidad se imparte la única asignatura de “Astrogeología” de España, cuyos profesores son co-autores del presente artículo (JARL y AED). De todas ellas cabe destacar la Universidad Complutense de Madrid, por la labor docente realizada por el Dr. Francisco Anguita Virella.

DIVULGACIÓN Y COORDINACIÓN

Con respecto a la divulgación y su coordinación a distintos niveles (mediante las actividades de los museos de ciencias y la impartición de conferencias y realización de congresos, conferencias, maratones científicos, ferias y semanas de las ciencias y seminarios temáticos) hay que señalar las actividades, entre otros, del ICOG y de los Museos y Parques Científicos (Granada, Barcelona, Cuenca, La Coruña, Madrid, Tenerife, Valencia, Valladolid, Almería, etc). De todos ellos, probablemente haya sido el Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha (Cuenca) el que más directamente se ha implicado en la organización de Congresos y Seminarios concretos sobre el tema, siendo la sede de dos eventos importantes en España relacionados con la geología planetaria: a) el congreso ibérico de meteoritos y geología planetaria, celebrado en octubre de 2002 (Martínez-Frías y Madero, 2005) (Fig. 3) (<http://tierra.rediris.es/merge/congremeteor/>) y b) el primer seminario científico de astromineralogía y mineralogía espacial, organizado en 2004 en el marco de la XXIV Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía (Martínez-Frías *et al.* 2004).



FIGURA 3. Participantes del Congreso Ibérico de Meteoritos y Geología Planetaria, en la entrada del Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha (Cuenca). En conjunto se presentaron más de medio centenar de comunicaciones, siete conferencias plenarias y dos mesas redondas.

También es importante resaltar, en el ámbito concreto de las colecciones y exposiciones de meteoritos, la labor desarrollada por el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (Fernández Mavarró, 1923, King *et al.* 1986, Martínez-Frías *et al.* 1989,

Muñoz Espadas *et al.* 2002) y en el de las exploraciones geológicas, la del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, promoviendo y coordinando una expedición científica para el estudio de cráteres y eventos de impacto en Mauritania.

Por último, destaca la labor de divulgación y coordinación desarrollada en internet por el foro para España e Ibero América: MERGE de la RedIris, sobre meteoritos y geología planetaria. Fue fundado en 1998, cuenta con la única lista de distribución relacionada específicamente con estos temas de nuestro país y ha hospedado electrónicamente algunos de los eventos y workshops de mayor relevancia, como el titulado “Geología y exploración planetaria”, organizado en colaboración con The Planetary Society, en homenaje a Carl Sagan (http://tierra.rediris.es/merge/Carl_Sagan/) (Lunar y Martínez-Frías, 2004).

PERSPECTIVAS FUTURAS

La geología planetaria se encuentra en pleno desarrollo en los países avanzados y en nuestro país va ocupando, aunque aún lentamente, mayores espacios, tanto en aspectos relacionados con la investigación como la docencia. No hay más que asomarse a las revistas científicas de alto impacto para comprobar como estudios de mineralogía o geodinámica marciana están siendo principales focos de interés. Los geólogos tenemos que ser capaces, sin complejos, de involucrarnos a fondo en esta importante línea científica y participar en las misiones espaciales como ya lo están haciendo especialistas de otras áreas. Sería paradójico que astrónomos, astrofísicos, químicos o ingenieros fueran los responsables del estudio de los minerales, rocas, geomorfología, geodinámica o geoquímica de Marte, o de la interpretación de los afloramientos que allí se encuentran, al igual que lo sería que nosotros pretendiéramos realizar su trabajo. Pero para ello es necesario, incluso, un cambio de mentalidad en muchas instancias académicas y científicas de nuestro país. Mientras en Europa, a través de la Red Europlanet (<http://www.europlanet-eu.org/>), se está fomentando la coordinación multidisciplinar de una red de expertos, que incluye geólogos, astrofísicos, biólogos, ingenieros, químicos, etc., todavía hoy, en España, algunos de nuestros colegas ven estas investigaciones como inusuales, considerando como *ciencia ficción* lo que en realidad es *ciencia avanzada* que se viene realizando con normalidad en otros países (Martínez-Frías, 2006). En muchos aspectos, el auténtico futuro de la geología planetaria depende de nosotros, de los geólogos.

REFERENCIAS

- Anguita, F. (1993). *Geología planetaria*. Ed. Mare Nostrum. Madrid. 132 pp.
- King, E. A.; San Miguel, A.; Casanova, I.; Keil, K. (1986) Inventory of the meteorite collection of the Museo Nacional de Ciencias Naturales, C.S.I.C., Madrid, Spain. *Meteoritics* 21, 193-197.
- Fernández Navarro L. (1923) Los Meteoritos del Museo de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 23, 224-233.

- Lunar, R. & Martínez-Frías, J. (2004) Carl Sagan: Un coloso de la Ciencia. *Tribuna Complutense* 16:16
- Martínez-Frías, J., García Guinea, J. & Benito, R. (1989) "Los Meteoritos. La Colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid" *Mundo Científico*, 9, 93: 742-750.
- Martínez-Frías, J. & Madero, J. (2004) (Eds) *Meteoritos y Geología Planetaria*. Diputación Provincial de Cuenca, Ediciones Provinciales nº 23, 305p.
- Martínez-Frías, J., Lunar, R. & Rull, F. (2004) Mineralogía espacial: de los meteoritos a la exploración de Marte. *Macla* I: 11-18.
- Martínez-Frías, J. (2006) Interdisciplinariedad y Exploración Planetaria, *Tribuna de la Ciencia*, Julio 2006, 3.
- Martínez-Frías, J. and Hochberg, D. (2007) Classifying science and technology: two problems with the UNESCO system. *Interdisciplinary Science Reviews* 32-4: 315-319.
- Martínez-Frías, J., Amaral, G. & Vázquez, L. (2006) Astrobiological significance of minerals on Mars surface environment *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 5: 219-231.
- Martínez-Frías, J., Lázaro, E. & Esteve-Núñez, A. (2007) Geomarkers versus biomarkers: Paleoenvironmental and astrobiological significance. *AMBIO: Journal of the Human Environment* 36-5: 425-427.
- Muñoz-Espadas, M.J., Martínez-Frías, J., Lunar, R., Sánchez, B. & Sánchez, J. (2002) The meteorite collection of the National Museum of Natural Sciences, Madrid, Spain: An update of the catalog. *Meteoritics & Planetary Science* 37 Supplement 89-95.