

Francisco Anguita (*)

RESUMEN

Analizo en este artículo introductorio la influencia de las Ciencias Planetarias en los medios de comunicación y las vías para la educación no formal en este campo. Resumo después la corta historia y el futuro previsible de esta especialidad, y las características personales de sus practicantes. Por último figura una descripción de los artículos que componen el número. Como apéndice, un programa de un curso universitario de Geología Planetaria.

ABSTRACT

This paper deals with the influence of planetary topics in the media, and the ways adopted by non-formal education in this field. An analysis of the story, future, and personal traits of the followers of this specialty follows. The paper finishes with a description of the articles included in this issue. The contents of a university course on Planetary Geology is shown as an appendix.

Palabras clave: Ciencias Planetarias, Geología Planetaria, Educación no formal.

Keywords: Planetary Sciences, Planetary Geology, non-formal education

Este número está dedicado a la memoria de D. Alfredo San Miguel, un petrólogo a quien la Tierra le quedó pequeña.

INTRODUCCIÓN

Abrimos un periódico reciente. Bajo una espectacular fotografía en color que representa una ladera escarpada, un titular a cuatro columnas: "Postales del mayor volcán de Marte". El artículo comienza en forma poética: "Aseguran los geólogos planetarios que el monte Olimpo, el volcán que domina Marte, es tan alto que si un astronauta subiera hasta la cima vería las estrellas a pleno día...". En realidad, no hay ninguna noticia que comentar, salvo las fotos. Cuando de verdad hay novedades, las cinco columnas están garantizadas, y casi siempre un hueco en portada. Igual sucede en los telediarios, donde las atrayentes animaciones de la NASA son excelentes telones de fondo para las noticias planetarias comentadas por un redactor o un experto.

En una ocasión escuché un interesante cruce de opiniones entre un periodista y un científico planetario. El primero comentaba que la pasión continuada que existía en nuestro país alrededor de Atapuerca significaba la avidez por nuestros orígenes, y que eso sería siempre una fuente imbatible de noticias.

Replicó el segundo que era lógico interesarse por los caminos que hemos recorrido hasta llegar a ser lo que somos; pero a continuación citó la famosa frase con que Scott Fitzgerald remata "El gran Gatsby": "...y seguimos luchando, como barcas contra la corriente, arrastrados incesantemente hacia el pasado y, por ello –continuó-, aspirando sin cesar, por puro afán de trascendencia, a conocer el futuro. Y el futuro, hoy, está allá arriba" dijo, señalando hacia el cielo.

PLANETAS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN

El cielo próximo, debería de añadirse. Me refiero a que hay una distinción crucial entre las noticias astronómicas y las planetarias. Por ejemplo, el espectacular descubrimiento de que existe una fuerza cosmológica de repulsión tendrá sin duda su lugar entre las noticias, pero el simple rumor de que se ha podido descubrir un minúsculo "décimo" planeta arma, insignificante como es, mucho más revuelo mediático. En mi opinión, la diferencia radica en que, en el fondo, consideramos que el Sistema Solar es un lugar donde se puede viajar, una frontera tangible. Y aquí volvemos a la situación que llevó a nuestros antepasados (*Homo ergaster*) a sus primeras migraciones extraafricanas hace casi 2 millones de años: los horizontes lejanos exci-

(*) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid. E-mail: anguita@geo.ucm.es

tan algún gen viajero que sigue luchando por arrancarnos de nuestro sillón. Una muestra de esta inquietud por explorar se puso de manifiesto en el éxito de público de la misión Pathfinder a Marte, una empresa sin embargo muy limitada científicamente con respecto a las Viking, que precedieron a aquélla en veinte años. Aunque la capacidad de éstas había sido mucho más importante (incluía los primeros experimentos exobiológicos de la historia), Pathfinder tenía un as en la manga: *podía moverse*. De nuevo el viajero.

Las Ciencias Planetarias se mueven hoy entre la literatura y los hallazgos espectaculares, pero mientras que la ciencia-ficción está limitada a su particular grupo de adeptos, las noticias que llegan desde fuera del planeta interesan a millones de personas. Y existe, claramente, una retroalimentación entre inversiones en el espacio e interés del público. Las misiones continuadas en el Sistema Solar nos han acostumbrado a recibir noticias de Marte o Ío con más frecuencia que las que en el siglo XVI llegaban de las colonias americanas. A las cuales los cuerpos planetarios se parecen en un sentido psicológico, el citado carácter fronterizo. En cambio, no hay cargamentos de riquezas materiales que nos puedan llegar desde Venus o Titán. Mientras que las personas ávidas de nuevos conocimientos eran una minoría selecta en la época de los grandes descubrimientos geográficos, dominada por el ansia de recursos, hoy, por el contrario, la multitud está formada por ciudadanos desinteresados que leen los boletines de la frontera por pura curiosidad.

EL APRENDIZAJE INFORMAL

Esta curiosidad insatisfecha es el rasgo básico del "público del Sistema Solar": por largo que haya sido su paso a través del sistema educativo ¹, no ha podido aprender en él casi nada (el casi lo forma la retahíla con los nombres de los nueve planetas) sobre la frontera. Es cierto que casi todas las Ciencias Planetarias se están haciendo o rehaciendo hoy; pero también es verdad que este viajero compulsivo tampoco fue informado de las novedades surgidas ya hace tres o cuatro décadas, sobre el origen de la Luna, sobre los grandes volcanes de Marte, sobre el ardiente clima de Venus. Afortunadamente el sistema educativo no reglado ofrece hoy al aficionado espacial muy variadas posibilidades de remendar aquellos agujeros. Las cúpulas de los planetarios son parte del paisaje de todas las ciudades del mundo desarrollado, y los programas que ofrecen empiezan a ser dignos de su nombre, porque no se limitan ya a la descripción de las constelaciones, sino que ahora se hacen eco de la exploración del sistema, e incluso de nuestra mejor comprensión de la Tierra. En una evolución convergente, raro es el museo de Ciencia que no integre exposiciones sobre planetas.

(1) Las Ciencias Planetarias en el sistema educativo preuniversitario español se analizan en dos artículos de este número. Puesto que la experiencia de educación universitaria en este tema es mucho más limitada, se ha incluido en un apéndice al final del presente artículo.

Si el ciudadano no quiere limitarse a esta oferta sino que prefiere tomar la iniciativa, tiene varios caminos. Una mención especial merece el mayor grupo mundial de aficionados al espacio: La Sociedad Planetaria (*The Planetary Society*, en inglés) es un grupo internacional de raíz norteamericana cuyos fines son promover la exploración del Sistema Solar y otros sistemas planetarios, así como la comunicación con los seres que, sus miembros están convencidos, pueblan algunos de ellos. Con cerca de millón y medio de asociados en todo el mundo, La Sociedad Planetaria es más que un colectivo de amantes de los planetas: es un grupo de presión que bombardea a los congresistas norteamericanos con cartas amenazándoles con retirarles su voto si no defienden los programas espaciales. Beca a estudiantes (ha habido varios españoles entre ellos) para que se inicien en la investigación planetaria, e incluso ha hecho varios intentos de financiar aparatos a bordo de misiones espaciales: el próximo otoño, por ejemplo, lanzará la primera nave espacial movida por una vela solar. Y los vehículos de la NASA que aterrizaron en Marte en Enero llevaban grabados los nombres de todos los miembros de la sociedad (más los de todos los que hicieron una donación).

Pero, dejando aparte este macrogrupo, existen agrupaciones astronómicas en todas las ciudades e incluso pueblos. Se trata esencialmente de comunidades de observadores de estrellas, pero los planetas también están empezando a ser populares entre estos colectivos. Una muestra de ello es que en los ciclos de conferencias que organizan empiezan a figurar sistemáticamente los temas planetarios; igual sucede en los ciclos de conferencias científicas que, afortunadamente cada vez con mayor frecuencia, organizan diversos organismos tanto privados (con las Cajas de Ahorro en primera fila) como públicos.

NACIMIENTO Y FUTURO DE LAS CIENCIAS PLANETARIAS

Algo que diferencia a las especialidades científicas de las personas es que las primeras no tienen una fecha concreta de nacimiento: simplemente van creciendo como vástagos a partir de un tronco hasta que, como semilla de mangle, se establecen por su cuenta. Esto es también aplicable a las Ciencias Planetarias, que se remontan a los primeros observadores anónimos de los cielos. Sin embargo, una de sus ramas más vigorosas, la Geología Planetaria, constituye una excepción: muchos estarían de acuerdo en que nació el 21 de Julio de 1969 a las 22 horas, cuando el astronauta Armstrong, recién llegado a la Luna, recogió la primera muestra del suelo de nuestro satélite. Una semana más tarde, 142 investigadores de todo el mundo sometieron a esta roca y a las más significativas de sus compañeras a exhaustivos análisis. Y muy poco tiempo después, un nuevo Sistema Solar empezó a emerger de los laboratorios, con rasgos (como coli-

siones planetarias, océanos de magma o mares perdidos) que no parecían Ciencia seria sino pulp-fiction.

Durante un tiempo fue un lugar común objetar la coherencia del apelativo mismo de la nueva Ciencia: Geología Planetaria era un contrasentido, ya que Geología es por definición el estudio de nuestro planeta. En seguida se impuso el sentido común, porque buscar un apelativo para la ciencia de cada planeta era una carga demasiado pesada para los gramáticos (por no hablar de que algunas palabras, como la Venereología, estaban ya ocupadas). Pero sobre todo porque los planetas mostraban rasgos de familia que hacían necesario su estudio conjunto. La mejor muestra de este enfoque coral era que la Geología Planetaria incluía como novedad la posibilidad de reconstruir (a través de la Luna) los turbulentos comienzos de nuestro planeta.

En estos 35 años, los geólogos planetarios se han convertido en una comunidad entusiasta y heterogénea, formada por voluntarios adiestrados en las disciplinas más variopintas de las Ciencias de la Tierra, desde las más clásicas como la Vulcanología hasta algunas creadas ex profeso (y aún sin bautizar) como la ciencia de los impactos. Los miembros de esta sociedad participan de dos características singulares: una, que reciben los datos a raudales pero separados por larguísimos periodos de sequía; y dos, que un accidente espacial puede arruinar su trabajo de años. Es un grupo poroso: sus miembros entran y salen de él con frecuencia, cuando lo exigen la penuria de datos o la posibilidad de un proyecto interesante en su especialidad original. Pero el "veneno" de la frontera les posee, ese trabajo consistente en interpretar paisajes situados a centenares de millones de kilómetros de distancia para extraer de ellos la historia de mundos exóticos. La mayoría no lo cambiarían por ningún otro.

Para poder llevar a cabo esta tarea de manera coherente, la fórmula mágica es no olvidar nunca que no estamos trabajando sobre la Tierra, aunque sin olvidar por completo la Tierra. Recuerdo que hace años James Kasting, un especialista en atmósferas planetarias, recomendaba a mis alumnos que cultivasen, además, una especialidad "terrestre", por si acaso. El tiempo le ha dado la razón: uno de aquellos alumnos está a punto de participar en un proyecto conjunto con astrofísicos para estudiar los volcanes de Ío desde uno de los nuevos telescopios canarios.

Es evidente que la carga principal de la exploración del Sistema Solar va a hombros de geólogos. Sin embargo, el hecho de que ahora el énfasis esencial sea exobiológico confiere a esta búsqueda un elevado interés para naturalistas de todo tipo. Aun así, garantizado el interés científico, queda un punto por analizar, y no es trivial: ¿Está justificada la inversión económica que suponen los viajes espaciales? ¿No sería éticamente más defendible dedicar este dinero a la lucha contra la pobreza o las en-

fermedades? Siempre me ha llamado la atención que estas dudas no se dirijan a otras áreas científicas que requieren igualmente inversiones millonarias, como son los aceleradores de partículas o incluso los grandes telescopios². En cualquier caso, mi opinión sería la misma referida a cualquier ciencia básica: estoy convencido de que los grandes problemas sociales no se resolverían aunque renunciásemos a la Ciencia. Es más bien un cambio en el modelo de sociedad, la renuncia al consumo inútil y a la violencia entre estados, lo que nos podrá traer un mundo distinto.

En este número monográfico he intentado respetar en lo posible las secciones habituales de la revista. En primer lugar hay un trabajo sobre el desarrollo histórico de las Ciencias Planetarias. Sigue, en el apartado de Fundamentos Conceptuales, un artículo que, en forma no convencional, revisa las principales novedades sobre génesis y evolución de planetas producidas en los últimos años, con la intención de ligarlas a conceptos geológicos básicos como la tectónica de placas o el ciclo geológico. A continuación hay tres trabajos sobre aspectos especialmente novedosos de las Ciencias Planetarias, como son los exoplanetas, la Astrobiología o la posibilidad de hacer Geología Planetaria a escala regional. Por último, la sección de Experiencias e ideas para el aula contiene cinco temas: la enseñanza de las Ciencias Planetarias en las aulas preuniversitarias; un recorrido por experiencias planetarias diversas (en parte extraescolares) realizadas en el nivel de Secundaria; un apartado de recursos con especial atención a los que se pueden encontrar en la red; la presentación de un nuevo recurso para el aula en forma de CD-ROM; y, con la esperanza de adelantarnos a algo que podría caracterizar esta revista a lo largo del siglo que ahora empieza, el primer Punto de Interés Geológico extraterrestre.

APÉNDICE

La Geología Planetaria como curso universitario

Desde el curso 1989-90, primero como Curso de Doctorado y después integrada en la Licenciatura en Ciencias Geológicas, esta materia se ha impartido en la Universidad Complutense de Madrid como curso abierto a estudiantes de otras Licenciaturas. A continuación figuran uno de sus programas recientes, un ejercicio de prácticas, y una pregunta de examen.

Curso de Geología Planetaria Programación para el año académico 2002-2003

2 de Octubre

Filosofía y organización de la asignatura. La página web.

Síntesis de fundamentos de Geología (*obligatoria para no geólogos*).

(2) Tampoco se discute la construcción de nuevos museos de arte, que son más bien un orgullo para sus países a pesar de no contribuir a arreglar el mundo.

Semana del 7 de Octubre

Teoría: Problemas científicos en el Sistema Solar.

Prácticas (Aula de Informática): Presentación de las bases de datos planetarias. El programa PDS-Win.

Semanas del 14 y 21 de Octubre

Teoría: El intercambio de material entre planetas: salida (velocidades de escape) y llegada (límites de Roche, impactos).

Prácticas: Estudio de imágenes de Venus (I): cráteres de impacto y terrenos de *teselas* y (II): cadenas plegadas.

Semana del 28 de Octubre

Teoría: La composición de los planetas rocosos: estudio de la relación $r \propto \Delta$ para los planetas terrestres. Huellas geoquímicas de procesos primordiales en la Luna.

Prácticas: Estudio de imágenes de Venus (III): edificios volcánicos, lavas y *coronas*.

Semanas del 4, 11 y 18 de Noviembre

Teoría: Fuentes y modos de transferencia de energía en los cuerpos planetarios de tipo terrestre. Procesos a escala planetaria (I): termostatos y cambios climáticos globales, y (II) la *ventana de tectónica de placas*.

Prácticas: Estudio de imágenes de Marte (I): cráteres de impacto; (II): edificios y llanuras volcánicas, y (III): tectónica y neotectónica.

Semana del 25 de Noviembre

Teoría: La *geología* de los planetas gaseosos.

Prácticas: Estudio de imágenes de Marte (IV): los canales.

Semana del 2 de Diciembre

Teoría: La *geología* de los satélites de hielo.

Prácticas: Estudio de imágenes de Ío y Europa (sistema de Júpiter).

Semanas del 9 y 16 de Diciembre

Teoría: Implicaciones biológicas de las Ciencias Planetarias. ¿Es necesaria la tectónica de placas para la vida? La exobiología en el Sistema Solar.

Prácticas: Estudio de imágenes de Marte (V): Cuencas sedimentarias (cráteres, terrenos polares, la *línea de costa*) y (VI): Puntos de interés para misiones con énfasis exobiológico.

Semana del 8 de Enero

Teoría: Los sistemas planetarios extrasolares.

Semanas del 13 y 20 de Enero

Presentación de pósters.

29 de Enero

Examen final

BIBLIOGRAFÍA

Orígenes

Anguita F. y Jones J.H. (1990). Origin of the Earth. Oxford, 378 pp.

Hartmann W.K., Phillips R.J. y Taylor G.J. (1984). Origin of the Moon. Lunar & Planetary Institute, 781 pp.

Tratados Generales

Anguita F. y Castilla G. (2003). Crónicas del Sistema Solar. Equipo Sirius, 247 pp.

Beatty J.K. y Chaikin A. (1990). The new Solar System. Sky, 326 pp.

Greeley R. (1987). Planetary landscapes. Allen & Unwin, 275 pp.

Greeley R. y Batson R.M. (1990). Planetary mapping. Cambridge, 296 pp.

Hartmann W.K. (1993). Moons and planets. Wadsworth, 510 pp.

Henbest N. (1992). The Planets. Viking, 207 pp.

McSween H.Y. (1993). Stardust to planets. St. Martin's Press, 241 pp.

Tratados específicos

Cattermole P. (1994). Venus. UCL Press, 250 pp.

Bougher S.W. (1997). Venus (II). University of Arizona Press, 1362 pp.

Strain J. y Engle M. (1993). Looking at Earth. Turner, 304 pp.

The Open University (1985) Lunar geology case study, 197 pp.

Anguita F. (1998). Historia de Marte. Planeta, 314 pp.

Carr M.H. (1981). The surface of Mars. Yale University Press, 232 pp.

Carr M.H. (1996). Water on Mars. Oxford, 229 pp.

Cattermole P. (1992). Mars. Chapman & Hall, 224 pp.

Kieffer H.H. (1992). Mars. Arizona University Press, 1498 pp.

Burn J.A. y Matthews M.S. (1986). Satellites. University of Arizona Press, 1021 pp.

Morrison D. (1982). Satellites of Jupiter. University of Arizona Press, 972 pp.

Bergstrahl J.T., Miner E.D. y Matthews M.S. (1991). Uranus. University of Arizona Press, 1076 pp.

Mason J. (1990). Comet Halley (2 tomos). Ellis Horwood, 275 + 295 pp.

Meteoritos e impactos

Dodd R.T. (1981). Meteorites. Cambridge, 368 pp.

Dressler B.O., Grieve R.A.F. y Sharpton V.L. (1994). Large meteorite impacts and planetary evolution. Geol. Soc. Am. Sp. Paper 293., 311 pp.

McSween H.Y. (1999). Meteorites and their parent planets. Cambridge, 310 pp.

Wasson J.T. (1974). Meteorites. Springer Verlag, 316 pp.

Zanda B. y Rotaru M. (2001). Meteorites. Cambridge, 128 pp.

Exobiología

Jakosky B. (2001). La búsqueda de vida en otros planetas. Cambridge, 326 pp.

Margulis L. (1971). Conferences on the Origin of Life (II, Planetary Astronomy). Springer Verlag, 238 pp.

Margulis L. (1973). Conferences on the Origin of Life (III). Springer Verlag, 268 pp.

PRACTICA VI DE MARTE

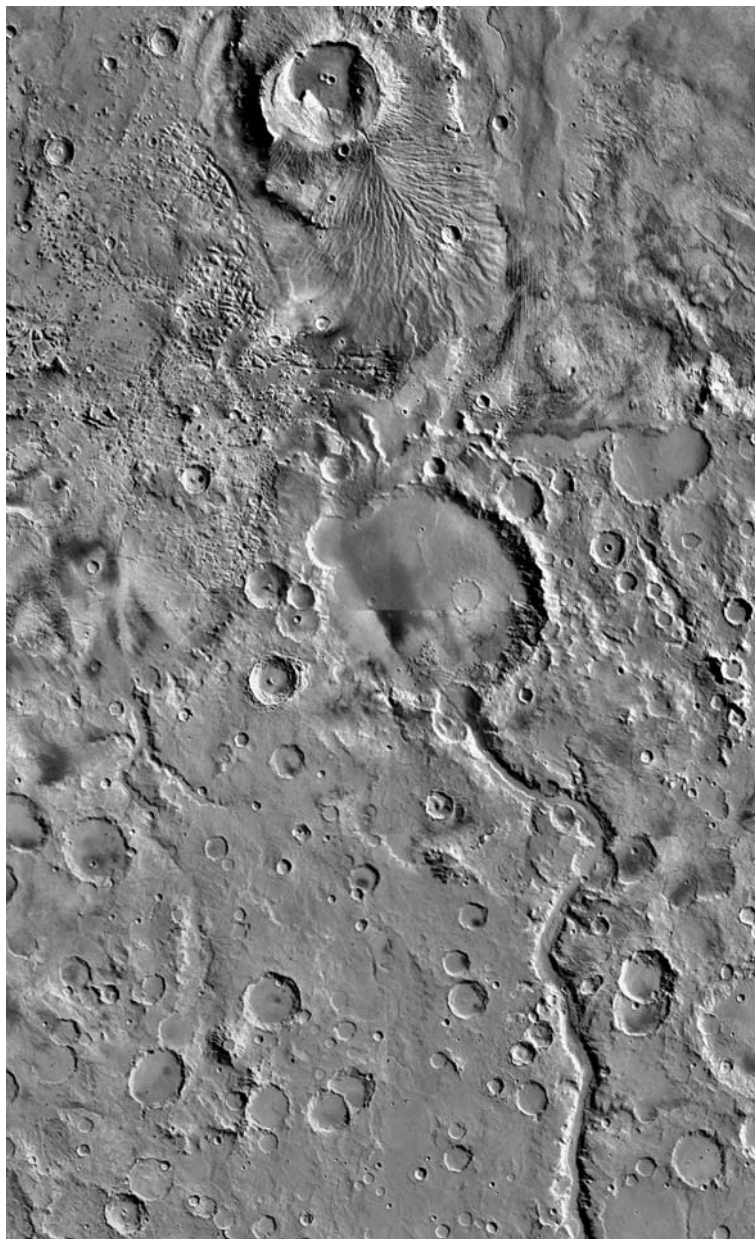
Un ejercicio...

Terra Cimmeria: volcán Apollinaris Patera, cráter Gusev y Ma'adim Vallis (10-20°S, 185°W)

Anchura del mosaico, 500 km.

Explica la estructura de Apollinaris Patera.

Propón hipótesis para explicar por qué esta zona ha sido seleccionada por la NASA como de alto interés exobiológico.



El cráter Gusev, de 165 km de diámetro, ocupa el centro de la imagen; el canal Ma'adim Vallis desemboca en él desde el sur. La gran estructura al norte es Apollinaris Patera, un edificio volcánico en escudo que además ha desarrollado erupciones a lo largo de una fisura dirigida hacia el SSE. Probablemente no sea casual que esta línea coincida con la dirección general de Ma'adim Vallis, sino que una y otra representen la dirección tectónica predominante en la zona.

Los volcanes relativamente recientes fueron uno de los factores que decidieron a la NASA a elegir esta zona como punto de aterrizaje, ya que el calor magmático puede fundir el hielo intersticial (permafrost) creando así un hábitat favorable para el mantenimiento de vida microscópica.

El otro factor fue la evidente sedimentación en el cráter, que indica la existencia de un antiguo lago, cuya zona central debió de ser ocupada por sedimentos más finos que los del delta. En los laterales del canal se observan rellanos, huellas probables de varias épocas de flujo.

...y su control [Pregunta de examen referida a esta imagen]

Ma'adim Vallis y cráter Gusev, Terra Cimmeria a 15°S-185°W, Marte

a) ¿Cuántas épocas de flujo de agua puedes identificar?

b) ¿Por qué crees que la sonda *Spirit* no ha aterrizado en el delta, sino en el centro del cráter?

rrizado en el delta, sino en el centro del cráter?

c) Razona cómo pudo influir en la elección de Gusev como punto de aterrizaje la cercanía de aparatos volcánicos. ■