

## Montañas del Sistema Solar

### *Solar System mountains*

**FRANCISCO ANGUITA**

*Avenida de Portugal, 3. 28011 Madrid. E-mail: anguita@ucm.es*

**Resumen** Se revisan los relieves puntuales del Sistema Solar. Desde el punto de vista morfológico, los volcanes extraterrestres son semejantes a los de nuestro planeta. Otros relieves, y en especial las cadenas de montañas, son escasos y de origen controvertido, lo que ha propiciado una discusión recurrente sobre si la tectónica de placas es una característica terrestre muy específica. Los relieves creados por impactos, poco frecuentes en la Tierra, son en cambio comunes en cuerpos como Mercurio o la Luna. En la parte exterior del sistema, algunas montañas aguardan aún una explicación convincente.

**Palabras clave:** Montañas, Sistema Solar, volcanes.

**Abstract** *Solar System mountain-like reliefs are reviewed. Regarding their morphology, volcanoes are the most Earth-like landforms, while the extra-terrestrial mountain chains are rare and controversial. This difference has led to a recurrent discussion on the specificity of earthly plate tectonics. Landforms due to impacts, scarce on Earth, are on the contrary very common, especially on Mercury and the Moon. In the outer Solar System, some strange mountain chains are still waiting for a convincing explanation.*

**Keywords:** *Mountain chains, Solar System, volcanoes.*

## INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la exploración del Sistema Solar, las cadenas de montañas se han destacado como un rasgo típicamente terrestre que no se repetía en otros cuerpos, ni siquiera en aquellos más similares a la Tierra. Al profundizar en este análisis han comenzado a aparecer formas que, sin compartir todas las características de los orógenos terrestres, se pueden considerar como análogos cercanos a ellos. Como suele suceder en las Ciencias Planetarias, las formaciones geológicas de la Tierra no tienen casi nunca equivalentes precisos en otros cuerpos; aunque esto no es demasiado extraño, ya que tampoco hay en este planeta dos cadenas de montañas que sean exactamente iguales.

## LAS MONTAÑAS DE CIENCIA-FICCIÓN

En la década de 1950, antes de que la exploración espacial comenzase, una generación de artistas norteamericanos se encargó de alimentar los sueños viajeros de sus compatriotas imaginando cómo serían los paisajes del Sistema Solar (Miller *et al.*, 2001). De entre ellos destaca Chesley Bonestell (1888-1986), que no dejó sin pintar un solo cuerpo del sistema, con especial preferencia



por Saturno, el más fotogénico de los planetas (Fig. 1). La ignorancia de los astrónomos sobre nuestro entorno planetario concedió carta blanca a sus pinceles; tanta, que sirvió de asesor *científico* para alguna de las primeras películas de viajes espaciales (Fig. 2). Sólo habrían de transcurrir dos décadas para que los especialistas (que ya no eran astrónomos sino científicos planetarios) comprobasen (Fig. 3) hasta qué punto la realidad era distinta de los sueños.

*Fig. 1. Ilustración de Saturno visto desde Titán, por Chesley Bonestell. En Miller et al. (2001).*

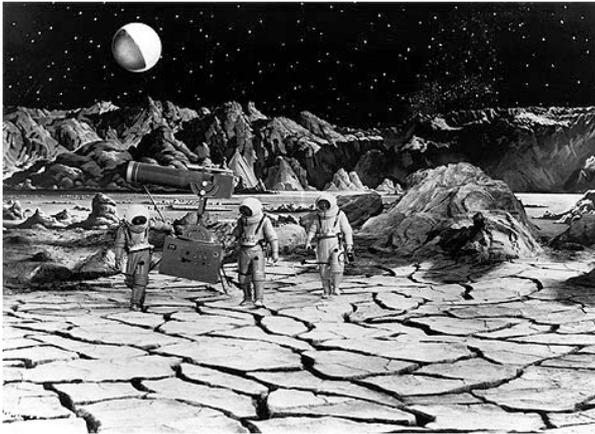


Fig. 2. Una escena de la película "Destination: Moon", de Irving Pichel (1950). Los decorados fueron asesorados por Chesley Bonestell. En Miller et al. (2001).



Fig. 3. El astronauta Harrison Schmitt (Apolo 17) se dispone a examinar un bloque expulsado en un impacto, en la región de Taurus-Littrow. El suave relieve y el regolito que lo cubre, efectos del bombardeo por micrometeoritos, contrastan con las montañas imaginadas en la figura anterior. Foto: NASA.

## LAS MONTAÑAS REALES

En la Tierra existen dos modos básicos de generar relieves puntuales: acumulación en superficie y traslación de materiales. El primero genera los volcanes, y el segundo, ayudado por la erosión, las montañas que jalonan las cadenas plegadas, pero también los relieves en zonas sometidas a extensión y adelgazamiento litosférico, caso de las dorsales oceánicas. El primer mecanismo se reconoció pronto en otros cuerpos del sistema, mientras que el segundo sólo ha comenzado a aparecer tímidamente en exploraciones recientes. Una característica que separa a los dos tipos de relieves es que el primero tiene una base física sencilla: (el magma es menos denso que las rocas y por tanto tenderá, ayudado por la convección que mueve el manto, a ascender y acumularse en superficie). Sin embargo, para generar una cadena plegada o una dorsal oceánica se requiere trasladar en la horizontal grandes masas de rocas, un proceso que ha sido el gran enigma de la Tierra durante un siglo. En la actualidad, el flujo del manto terrestre es el motor científicamente aceptado para estos desplazamientos; pero un mecanismo semejante nunca ha sido admitido, a pesar de repetidas propuestas, fuera de nuestro planeta. Lo cual nos deja en un interesante atolladero científico sobre el origen de algunas montañas extraterrestres.

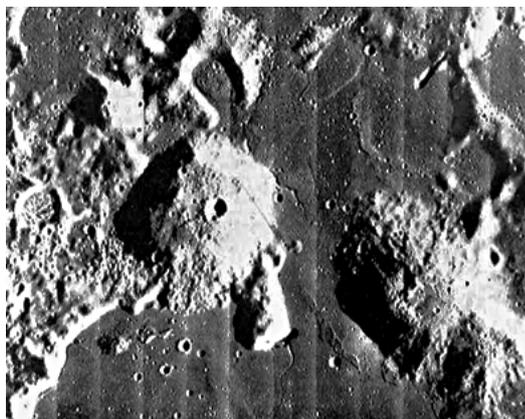
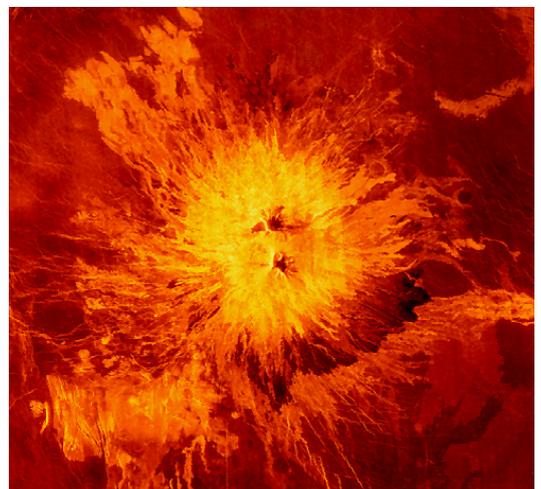


Fig. 4. Dos domos lunares alineados en dirección NO-SE en el borde occidental de Mare Imbrium. El de la izquierda, de 20 km de diámetro, presenta dos domos satélites, uno al NO y otro al SE. En Ivanov et al. (2016).

## Volcanes

Hoy es ya una polémica olvidada, pero merece la pena recordarla: el origen de las grandes estructuras circulares que adornan la cara visible de la Luna fue el objeto de un prolongado debate que duró buena parte del siglo XX: ¿Calderas volcánicas o cráteres de impacto? La hipótesis colisional predominó, incluso antes de que los astronautas del programa Apolo trajeran a la Tierra su cargamento de brechas de impacto. La paradoja es que los basaltos abundan en la superficie de nuestro satélite; pero no los volcanes, ya que casi todos aquéllos fueron emitidos en erupciones fisurales, en las que el magma era tan fluido que no formó edificios. La exploración más detallada (Ivanov *et al.*, 2016) ha permitido encontrar construcciones volcánicas (Fig. 4) asimilables a los domos traquíticos o andesíticos, que demuestran que algunos de los magmas basálticos lunares tuvieron la oportunidad de evolucionar, como sus análogos terrestres, a otros más viscosos.

Fig. 5. Sapas Mons es un volcán venusino de 1500 metros de altura y 400 kilómetros de diámetro basal. Como comparación: el Pico de Teide se alza a 3718 metros (aunque el pico en sí sólo mide unos 1500 m) pero su diámetro basal es de sólo 5 kilómetros. Es la diferencia entre escudos y estratovolcanes. Imagen JPL/NASA.



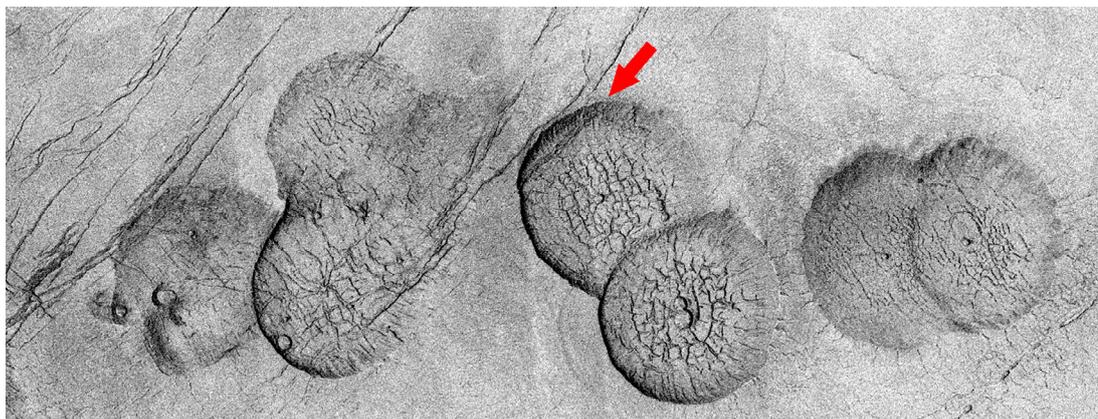
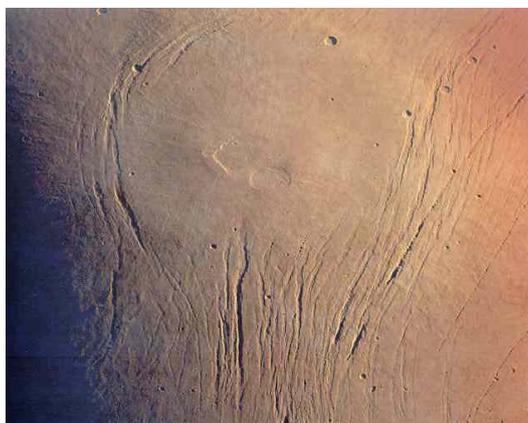


Fig. 6. Domos en Alpha Regio, Venus. Casi todos tienen cráteres, la mayoría excéntricos; pero su crecimiento ha debido tener lugar básicamente desde el interior. Su diámetro medio es de 25 kilómetros. La flecha señala una fractura que corta a uno de los domos. Imagen JPL/NASA.

Venus es un planeta totalmente cubierto por rocas volcánicas (Head *et al.*, 1992). Aunque también, como en la Luna, abunda el vulcanismo fisural, hay espléndidos ejemplos de edificios en escudo (Fig. 5). No se han encontrado sin embargo estratovolcanes, lo que es paradójico porque los domos (Fig. 6) sí son frecuentes. Por extraño que parezca, los magmas venusinos tienen una viscosidad bimodal, baja (escudos) o elevada (domos), pero no intermedia.

Marte es el paraíso de los vulcanólogos planetarios. En 1972 la sonda *Mariner 9* descubrió que el accidente que los astrónomos habían denominado Nix Olímpica era un enorme volcán en escudo, rebautizado Olympus Mons, que coronaba una cúpula topográfica acompañado por otros tres no mucho menores (Fig. 7). Desde entonces, la vulcanología del Domo de Tharsis (así se llamó la cúpula) es una de las líneas clásicas de la geología marciana (Carr, 1976). La altura de Olympus Mons estimada inicialmente (27 kilómetros) se ha rebajado a 21, pero ésta sigue siendo la montaña que casi triplica al Everest. Nada extraño, dado que la gravedad marciana es de sólo un tercio de la terrestre, lo que implica menos trabajo para la construcción de relieves. En el extremo norte del domo encontramos a Alba Patera (Fig. 8), un volcán mucho más extenso que los cuatro escudos (de hecho, el más extenso del Sistema Solar) pero de relieve tan bajo que a duras penas merece el nombre de montaña. ¿Es Alba una caldera volcánica de colapso? Ésta es, al menos, la forma terrestre más semejante.

Fig. 8. Alba Patera, una probable caldera volcánica en Marte. Imagen JPL/NASA.



En Marte, los volcanes coexisten con muchos otros rasgos geológicos. No ocurre lo mismo en Ío, el satélite galileano más próximo a Júpiter, un museo temático especializado en volcanes perpetuamente activos (Lopes, 2007), alimentados por la energía mareal que extraen del planeta gigante. Como los marcianos, los edificios se pueden clasificar en dos tipos principales: escudos (Fig. 9) y calderas. Las alturas de los edificios nunca son muy grandes debido al elevado gradiente térmico general, que aumenta la plasticidad de las rocas (y por ello dificulta su frac-

Fig. 7. Los cuatro volcanes gigantes de Tharsis: arriba, a la izquierda, Ascraeus Mons, 18.200 m; en el centro, Pavonis Mons, 14100 m; y a la derecha, Arsia Mons, 17800 m; debajo, Olympus Mons, 21300 m, con sus aureolas en primer plano y su escarpe basal, casi tan alto como el Himalaya. Todas las alturas están referidas a la llanura basal. En McFadden et al. (2007).

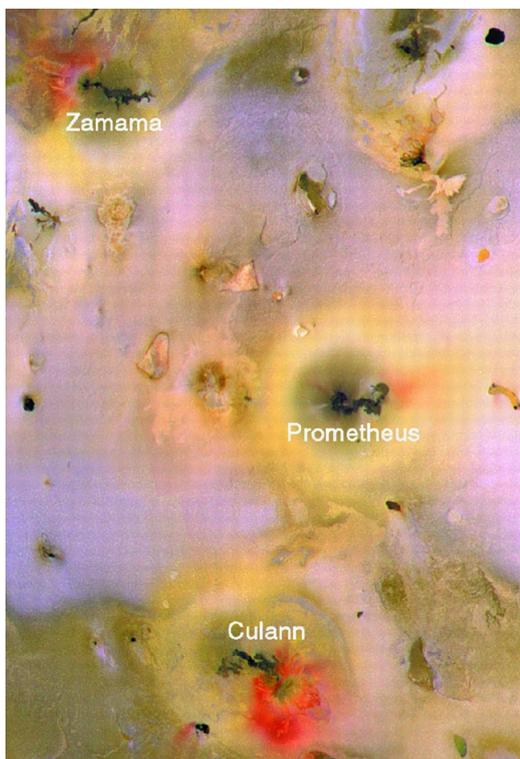


Fig. 9. Tres volcanes en escudo en Ío. Los colores son función de la temperatura de los piroclastos (fragmentos de magma de proyección aérea): rojo hacia los 200°C, y amarillo a los 127°C. Imagen JPL/NASA.

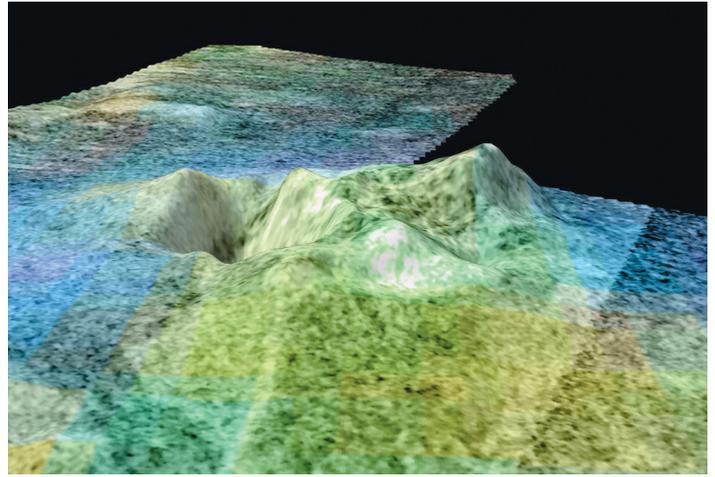
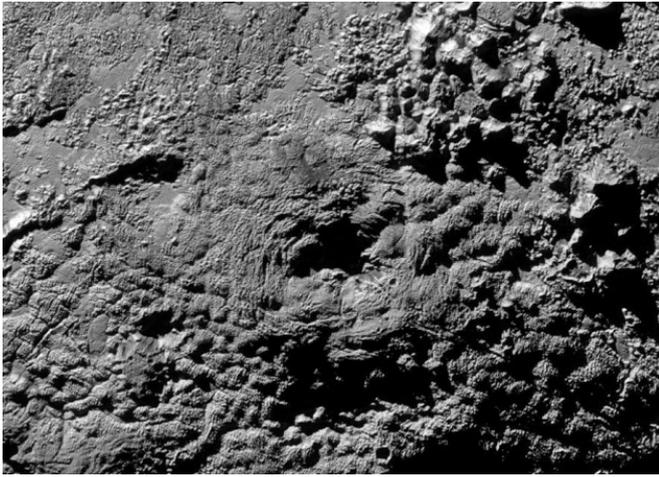


Fig. 10. En la imagen de la izquierda, *Sotra Facula*, un probable criovolcán de 1450 m de altura en Titán. A la derecha, *Wright Mons*, un criovolcán en Plutón, de 4 kilómetros de altura. Su diámetro basal supera los 150 kilómetros y muestra un profundo cráter central. Imágenes JPL/NASA.

tura), aunque en zonas próximas a los polos, donde el gradiente es menor, podemos encontrar relieves mayores, de origen tectónico, que estudiaremos en el apartado siguiente.

Más allá de Ío, los materiales que forman la corteza de los cuerpos sólidos son hielos de agua o de compuestos de puntos de fusión todavía más bajos. Si la energía interna (mareal o radiogénica) es suficiente para superar aquéllos, el hielo se funde igual que lo hacen las rocas de los planetas terrestres, y el agua (o el metano, o el nitrógeno) adopta el papel de la lava. Este fenómeno se denomina criovolcanismo y los edificios formados, criovolcanes (Sotin *et al.*, 2005; Fig. 10).

#### Relieves tectónicos

En el apartado anterior citamos la existencia de relieves tectónicos en Ío, a pesar del elevado gradiente térmico. La explicación reside en que la deformación mareal que sufre el satélite es

máxima en el ecuador, por lo que la corteza de las zonas polares es más fría y, ayudada por la baja gravedad, puede mantener fuertes pendientes: las abundantes montañas de este satélite (115 con denominación, según Bland y McKinnon, 2016) se encuentran entre los mayores relieves del Sistema Solar. Alguna de ellas alcanza los 18 kilómetros de altura (Fig. 11).

Plutón es otro caso de relieves accidentados que requieren una explicación especial. Por la escasez de cráteres de impacto, se sabe que las montañas de Norgay Montes (Fig. 12) se formaron hace menos de 100 millones de años, lo que indica que este planeta enano es geológicamente activo. Como Plutón, a diferencia de los satélites de los planetas gigantes, no puede obtener energía de las mareas, ésta tiene que ser de origen radiactivo. El gradiente térmico provocaría movimientos convectivos internos que fracturarían la corteza, explicando la topografía caótica (McKinnon *et al.*,

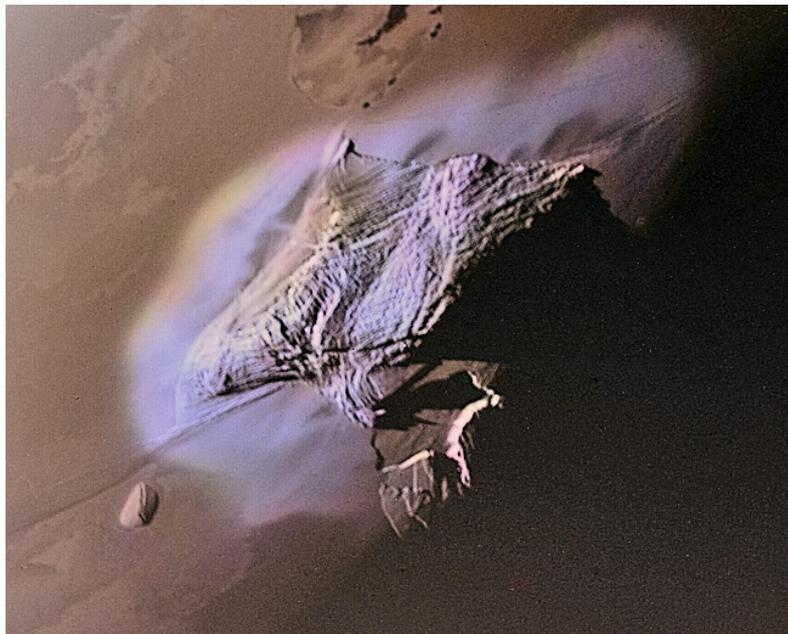


Fig. 11. *Haemus Mons*, Ío, tiene 10000 m de altura. Como la litosfera de este satélite se apoya sobre un océano de magma, las zonas volcánicas sufren una importante subsidencia. A su vez, ésta genera una tensión diferencial que se resuelve mediante fallas inversas: las montañas son el extremo del labio levantado de esas fallas. Imagen Calvin J. Hamilton, NASA.

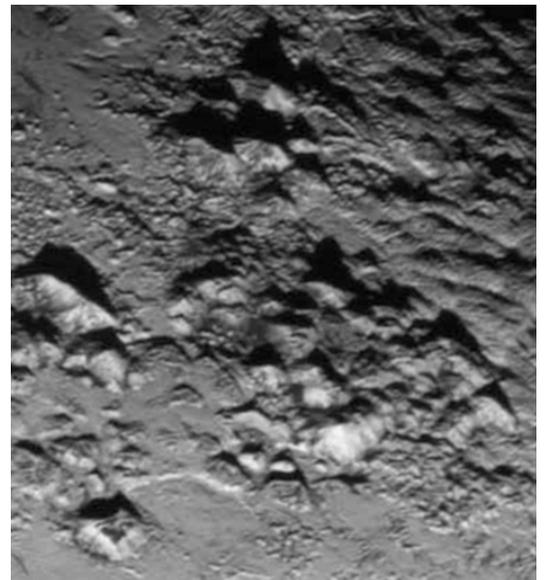


Fig. 12. Los *Montes Norgay*, en Plutón, alcanzan los 3500 m de altura. El material que forma estos relieves tiene que ser necesariamente hielo de agua, el único que a las temperaturas reinantes en la superficie de Plutón (-223°C) tiene una pendiente de reposo suficientemente elevada: a 123 grados bajo su punto de fusión, el hielo se comporta como una roca. Imagen JPL/NASA.

2016). Pero no es sencillo comprender cómo puede el calor mantenerse después de 4.600 millones de años de enfriamiento.

**¿Restos de antiguos orógenos?**

Las propuestas de exportación del movi­lismo terrestre a otros cuerpos del Sistema Solar han sido, como dijimos en la introducción, tan repetidas como inconcluyentes. Destacaremos los casos de Venus y Marte.

Los intentos de explicar bajo un prisma movi­lista la actividad geológica de Venus, y en espe­cial su intensa tectónica tanto frágil como dúctil (Solomon *et al.*, 1992; Fig. 13), tienen una larga tradición. Recién completada por la sonda Maga­llanes la primera cartografía del planeta, se pro­pusieron esquemas que incluían una convección atenuada bajo el actual manto venusino, convección que sería el residuo de una actividad mucho mayor en el pasado (Phillips y Hansen, 1998; Fig 14); pero estas ideas no consiguieron una acepta­ción mayoritaria. Más recientemente se ha sugeri­do (Davaille *et al.*, 2017) que las fosas (Fig. 15) del



Fig. 13. Un segmento de las cadenas de Vinmara Planitia, Venus. Cada cadena está separada una media de unos 200 kilómetros de las contiguas. Imagen JPL/NASA.

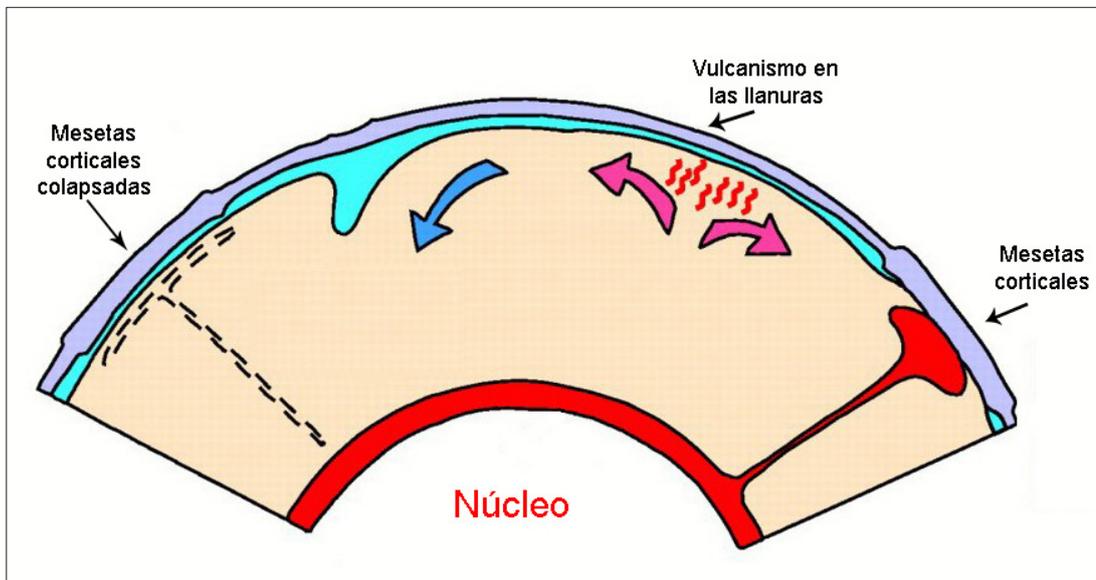


Fig. 14. La hipotética etapa de reciclaje litosférico en Venus. La subducción generaría cadenas de montañas, y el estiramiento de la litosfera causaría vulcanismo en las llanuras. En Phillips y Hansen (1998).

Fig. 15. El foso que rodea a Artemis, una corona venusina, ha sido considerado una zona de subducción. En Brown y Grimm (1999).

borde externo de los aparatos volcánicos denomi­nados coronas serían zonas de subducción como las que en la Tierra delimitan algunas placas lito­sféricas. De confirmarse esta idea, Venus estaría experimentando una renovación lenta y limitada de su litosfera.

El caso de Marte se ha limitado hasta ahora a propuestas regionales. En la zona de Thaumasia (Fig. 16) se elevan relieves de hasta 4.000 metros de altura, en rocas de ~3.800 millones de años cuyos pliegues y cabalgamientos no han recibido una explicación convincente. Según la última propuesta (Anguita *et al.*, 2006), se trataría de una cadena plega­da como las que en nuestro planeta se forman de-

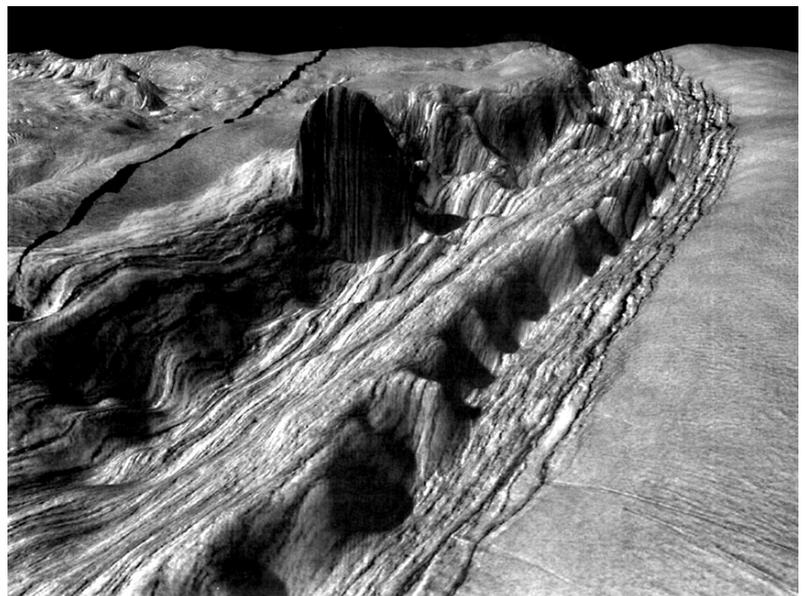


Fig. 16. Las montañas de Thaumasia (flechas). Sector del mapa topográfico elaborado por el altímetro de la sonda Mars Observer. Ancho de la figura, 4200 kilómetros. Imagen JPL/NASA.

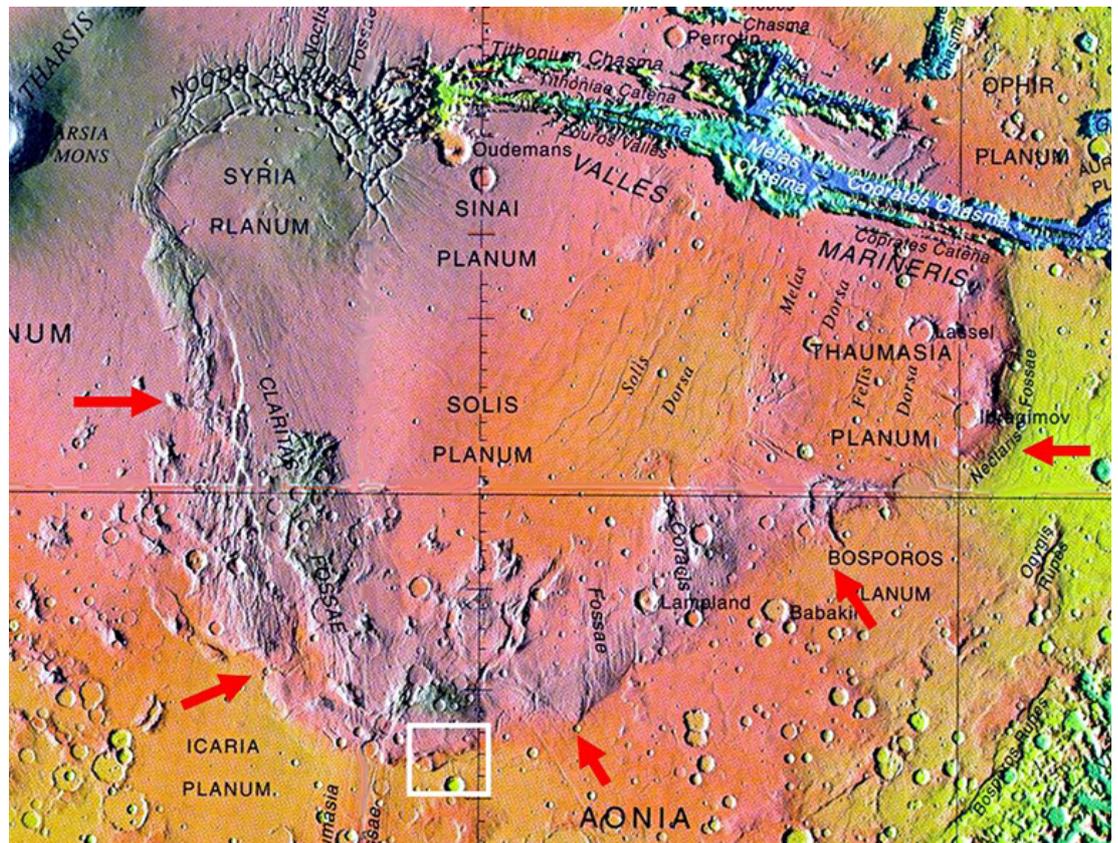


Fig. 17. En la imagen de la izquierda, vista general del cráter Tycho, en el hemisferio sur de la cara visible de la Luna. Tiene 82 kilómetros de diámetro, 4,7 de profundidad, y se formó hace 110 millones de años. A la derecha, detalle de los picos centrales, que alcanzan 21 kilómetros de altura. La aguja colocada delante es el edificio Empire State, que sirve de escala. En Krüger et al. (2016).

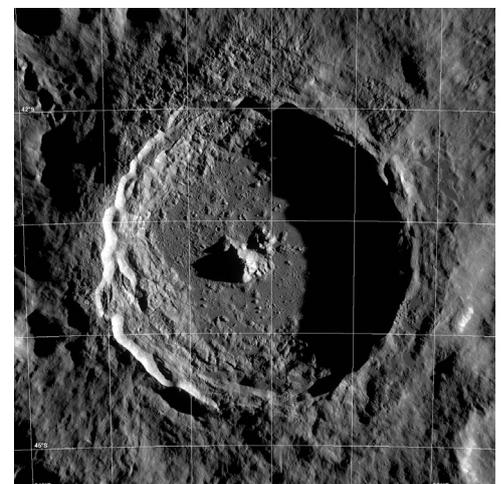
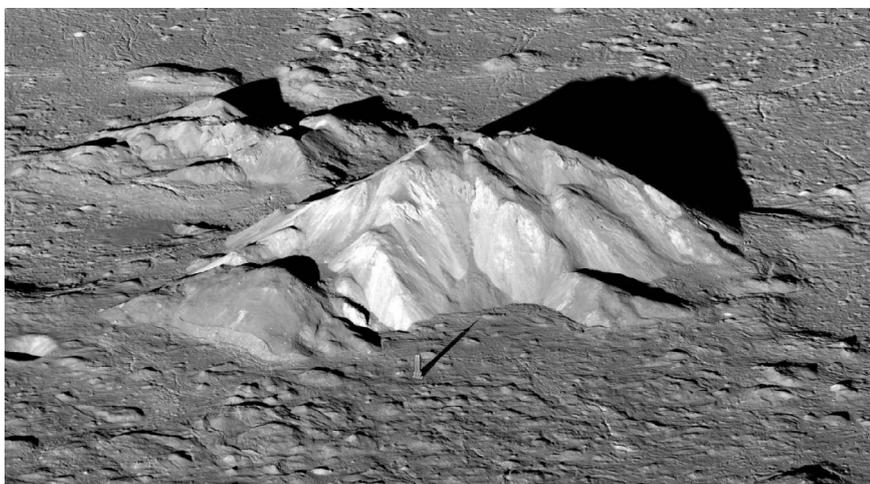
bido a los esfuerzos tangenciales (horizontales) que las placas litosféricas generan en sus movimientos. Las estructuras tectónicas son muy similares a las de los orógenos terrestres, aunque se ha puesto en duda que Marte poseyese hace 3,500 millones de años una litosfera móvil en su conjunto. No hay otras zonas del planeta que admitan este tipo de explicación.

#### Relieves generados (y destruidos) por impactos

La inmensa mayoría de los relieves lunares se deben a impactos asteroidales, que al colisionar crean una potente onda de choque, y ésta una cavidad de forma hemisférica. Cuando la energía decrece, el material empujado por la onda de choque forma una empalizada circular y, si el asteroide es lo bastante voluminoso, en el punto de im-

pacto el material comprimido rebota al reducirse la presión, formándose un pico central (Fig. 17). Los picos formados por rebote elástico en colisiones asteroidales son lo más parecido a montañas que encontraremos en la Luna (Krüger et al., 2016) o Mercurio. En el resto de los cuerpos del sistema son mucho más raros: en Venus por el vulcanismo reciente que los ha cubierto, en la Tierra y a causa de la erosión que los ha destruido, y en los satélites porque las cortezas de hielo se deforman plásticamente en los impactos, acumulando mucha menos tensión.

En el otro extremo de la escala de tamaños encontramos el proceso opuesto: la destrucción de relieves por impactos de micrometeoritos, cuyas colisiones pulverizan las rocas, generando el llamado regolito, visible en la figura 3.



## LAS MONTAÑAS INEXPLICABLES

Titán es un cuerpo geológicamente activo. No sólo, como ya hemos visto, alberga criovolcanes, sino también un sistema de crestas plegadas paralelas al ecuador (Radebaugh *et al.*, 2007; Fig. 18) especialmente concentradas en latitudes bajas. Para explicar estas deformaciones se han barajado, y combinado, varias hipótesis: contracción, expansión y frenado mareal (Yung-Chun Liu *et al.*, 2016). De ellas, la más convincente sigue siendo el conjunto de modelos propuesto por Beuthe (2010), que argumenta un frenado mareal (que adelgazaría la litosfera en el ecuador, la zona de máxima fuerza centrífuga) seguido por contracción global (debida a enfriamiento); sin embargo, estos modelos predicen el predominio de estructuras este-oeste en latitudes altas, mientras que los mapas tectónicos de Titán muestran su mayor abundancia cerca del ecuador. Así pues, las montañas de Titán siguen constituyendo un tema abierto.

Igualmente difícil de explicar es una gran cresta ecuatorial (Porco *et al.*, 2005; Fig. 19) de casi 20

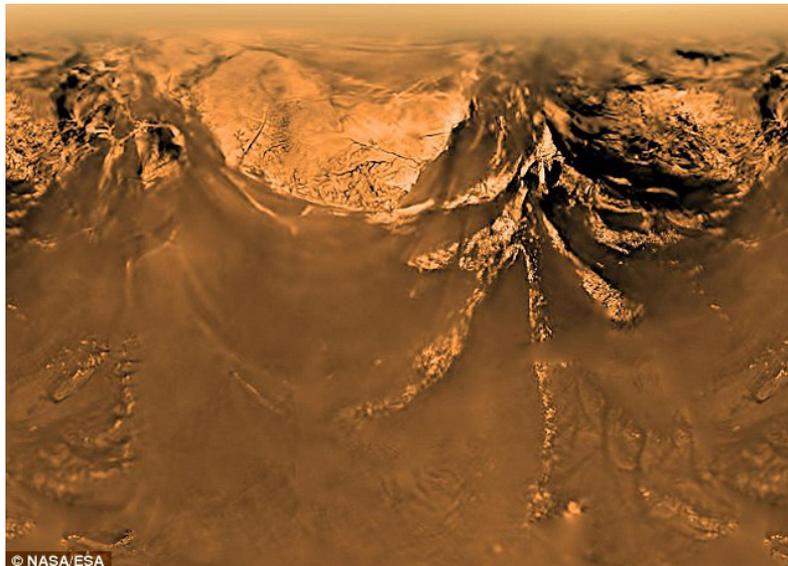


Fig. 18. En sección, las crestas de Titán forman una sucesión de anticlinales y sinclinales, como muchas cadenas plegadas de la Tierra. El origen de estas deformaciones no está resuelto. Imagen NASA/ESA.

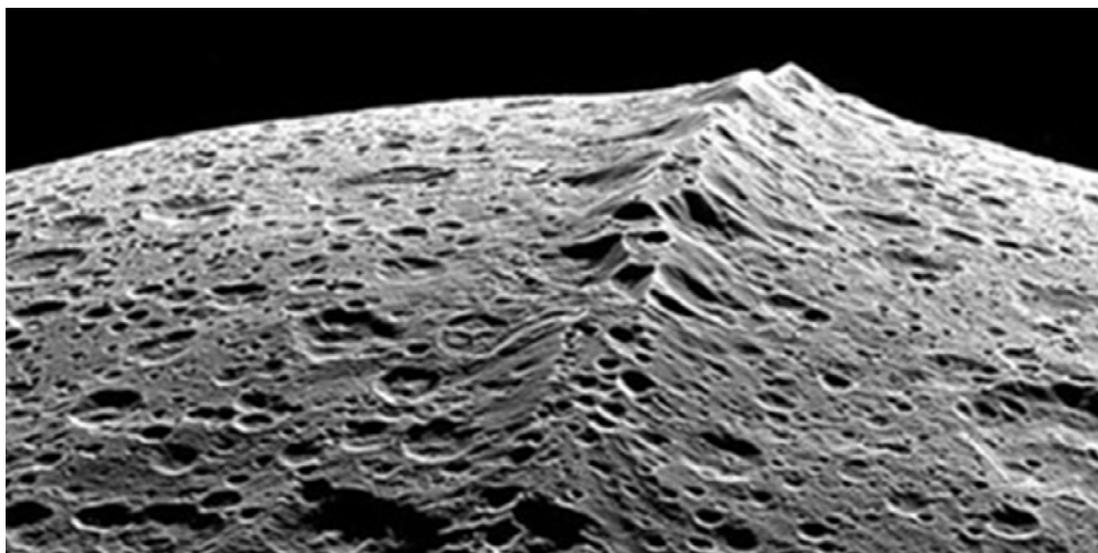


Fig. 19. La cresta ecuatorial de Japeto. Imagen JPL/NASA.

kilómetros de altura (que contiene por tanto las montañas más altas del Sistema Solar) que circunda Japeto, en el sistema de Saturno. Dada su posición, parecería formada por una fuerza de tipo centrífugo. Se han aducido para su origen fuerzas de frenado mareal, y también contracción del satélite y adaptación de la superficie con despegue en el ecuador. Los perfiles topográficos son muy variados y no apoyan ninguna hipótesis simple, así que por el momento esta estructura sigue siendo una incógnita.

## MÁS ALLÁ DEL SISTEMA SOLAR

¿Habrá montañas en los exoplanetas? Pocas dudas caben, teniendo en cuenta la variedad de mecanismos genéticos capaces de formar estos relieves. Un dato adicional que apoya esta idea es la abundancia de supertierras (planetas con masas entre 2 y 10 veces la terrestre), cuerpos que

la mayor parte de los científicos planetarios cree que albergará algún tipo de reciclaje litosférico, y probablemente más enérgico que el terrestre. Así pues, según todos los indicios, los futuros estudios de montañas tendrán trabajo garantizado a lo largo de milenios.

## BIBLIOGRAFÍA

Anguita, F., Fernández, C., Cordero, G., Carrasquilla, S., Anguita, J., Núñez, A., Rodríguez, S. y García, J. (2006). Evidences for a Noachian-Hesperian orogeny in Mars. *Icarus*, 185, 331-357.

Beuthe, M (2010). East-west faults due to planetary contraction. *Icarus*, 209, 795-817.

Bland, M.T. y McKinnon, W.B. (2016). Mountain building on Io driven by deep faulting. *Natural Geosciences*, 9, 429-433.

Brown, C.D. y Grimm, R.E. (1995). Tectonics of Artemis Chasma: A Venusian "plate" boundary. *Icarus*, 117, 219-249.

- Carr, M.H. (1976). The volcanoes of Mars. *Scientific American*, 275-1, 33-43.
- Davaille, A., Smrekar, S.E. y Tomlinson, S. (2017). Experimental and observational evidence for plume-induced subduction on Venus. *Natural Geoscience*, 10, 349-355.
- Head, J.L., Crumpler, S. y Aubele, J.C. (1992). Venus volcanism: classification of volcanic features and structures, associations, and global distribution from Magellan data. *Journal of Geophysical Research*, 97-E8, 13153-13197.
- Ivanov, M.A., Head, J.W. y Bystrov, A. (2016). The lunar Gruithuisen silicic extrusive domes: Topographic configuration, morphology, ages, and internal structure. *Icarus*, 273, 262-283.
- Krüger, T., van der Bogert, T.H. y Hiesinger, H. (2016). Geomorphologic mapping of the lunar crater Tycho and its impact melt deposits. *Icarus*, 273, 164-181.
- Lopes, R.M.C. (2007). Io: the volcanic moon. En: *Encyclopaedia of the Solar System*. Eds.: L.A. McFadden, P.R. Weissman y T.V. Johnson. Elsevier, 419-430.
- McFadden, L.A., Weissman, P.R. y Johnson, T.V. (2007). *Encyclopedia of the Solar System*. Academic Press, 966 p.
- McKinnon, W.B., Nimmo, F., Wong, T., Schenk, P.M., White, O.L., Roberts, J.H., Moore, J.M., Spencer, J.R., Howard, A.D., Umurhan, O.M., Stern, S.A., Weaver, H.A., Olkin, C.B., Young, L.A., Smith, K.E. y New horizons Team (2016). Convection in a volatile nitrogen-ice-rich layer drives Pluto geological vigour. *Nature*, 534, 82-85.
- Miller, R., Durant, F.C. y Durant III, F.C. (2001). *The art of Chesley Bonestell*. Ed. Paper Tiger, 256 p.
- Phillips, R.J. y Hansen, V.L. (1998). Geological evolution of Venus: Rises, plains, plumes and plateaus. *Science*, 279, 1492-1497.
- Porco, C.C. y 34 autores más (2005). Cassini imaging science: initial results on Phoebe and Iapetus. *Science*, 307, 1237-1242.
- Radebaugh, J., Lorenz, R.D., Kirk, R.L., Lunine, J.I., Stofan, E.R., Lopes, R.M.C. y Wall, S.D. (2007). Mountains on Titan observed by Cassini radar. *Icarus*, 192, 77-91.
- Solomon, S.C., Smrekar, S.E., Bindschadler, D.L., Grimm, R.E., Kaula, W.M., McGill, G.E., Phillips, R.J., Saunders, S., Schubert, G., Squyres, S.W. y Stofan, E.R. (1992). Venus tectonics: an overview of Magellan observations. *Journal of Geophysical Research*, 97-E8, 13199-13255.
- Sotin, C y 25 autores más (2005). Release of volatiles from a possible cryovolcano from near-infrared imaging of Titan. *Nature*, 435, 786-788.
- Yung-Chun Liu, Z., Radebaugh, J., Harris, R.A., Christiansen, E.H., Neish, C.D., Kirk, R.L., Lorenz, R.D. y the Cassini Radar Team (2016). The tectonics of Titan: global structural mapping from Cassini radar. *Icarus*, 220, 14-29. ■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 24 de mayo y aceptado definitivamente para su publicación el 4 de septiembre de 2017*

## APÉNDICE

### LAS MONTAÑAS DEL SISTEMA SOLAR, EN EL AULA

**Mariano León**

*IES Marqués de Santillana. Calle de la Isla del Rey, 5, 28770 Colmenar Viejo, Madrid.*

El artículo aporta abundante material para trabajar con los alumnos en el aula. Es evidente que el uso que podemos hacer de la información científica que aparece en él dependerá de la edad y nivel del alumnado.

Con los alumnos más pequeños, de 1º de ESO, puede ser muy motivadora la parte relativa a la ciencia ficción, ya que muchos de ellos sueñan con ser astronautas y viajar por el espacio. Se puede enlazar con el tema del trabajo científico que desarrollan los “científicos planetarios” y el desarrollo de la geoplanetología como un fascinante campo de investigación ligado al constante avance tecnológico.

Ya con alumnos más mayores, de 4º de la ESO o bachillerato, podemos llegar más lejos. Todos ellos estudian la tectónica de placas. El texto permite abrir un debate sobre si este modelo sería válido explicar algunos relieves que aparecen en otros cuerpos planetarios, como en la zona de Thaumasia, en Marte, y esa dudosa litosfera móvil con una edad tan antigua. Podríamos ir incluso más allá: ¿Sería posible detectar la existencia de tectónica de placas en exoplanetas? ¿Cómo? O también discutir las llamadas por el autor “montañas inexplicables” y la increíble cresta ecuatorial que presenta Japeto, cuya fotografía es asombrosa.

De igual forma, podemos sacar mucho partido a todo lo referente a los volcanes y las diversas fuentes de energía interna (mareal y radiogénica) que señala el autor como causa del magmatismo y del curioso fenómeno del criovulcanismo. O el impresionante Olympus Mons y sus 21 km de altura, favorecido por la relativa baja gravedad marciana. O el museo temático de volcanes de Io. Las posibilidades que ofrece el texto son muy grandes.

También gustará a los alumnos el apartado que hace referencia a los impactos asteroidales y las razones de por qué en algunos cuerpos planetarios los cráteres de impacto son frecuentes y en otros no. De aquí podría salir un interesante grupo de trabajo que investigaría en este campo y lo expondría a los demás compañeros. El tema de las catástrofes naturales, cuanto más espectaculares mejor, es algo que fascina a los alumnos.

Y por último, la bibliografía. Todos los alumnos de Ciencias tienen que hacer trabajos y proyectos de investigación en los diferentes cursos, ya desde 1º de la ESO. A partir del artículo se puede trabajar en todos los niveles sobre cómo recopilar y presentar una buena y correcta bibliografía.

En conclusión, el artículo tiene muchas posibilidades de trabajo con los alumnos en clase. Dependerá del enfoque que cada docente quiera dar a cada uno de los apartados que se detallan en el texto. En general, todo lo referente al espacio suele motivar mucho al alumnado, y gracias al repaso que hace el autor de todos los relieves que aparecen en los cuerpos planetarios vecinos a la Tierra, podemos acercarnos un poco más a la geoplanetología a los chicos con datos científicos en la mano y, a partir de estos datos, que elaboren sus hipótesis sobre las diferentes cuestiones que se planteen. La única pega es que el trabajo de campo, *in situ*, es un poco complicado, de momento...