

## RETRATO DE LA FAMILIA SOLAR: UNA UNIDAD DIDÁCTICA DE GEOLOGÍA PLANETARIA

*Solar System portrait: a planetary geology didactic unit*

*Concha López Llamas\*, Gabriel Castilla\*\*, Miguel Ángel de Pablo\*\**

### RESUMEN

¿Cómo pueden los alumnos de Secundaria aproximarse al conocimiento del comportamiento geológico de los cuerpos rocosos del Sistema Solar?

El método de trabajo para abordar esta investigación se basa en la definición de un modelo del funcionamiento geológico de la Tierra y en la búsqueda de datos sobre los demás cuerpos rocosos que permitan establecer la comparación con ella. Las formas y estructuras que reflejan las fotografías que nos llegan de los planetas y satélites junto con datos de tipo orbital, son las herramientas que utilizan los alumnos-as para elaborar hipótesis acerca de los procesos geológicos que en ellos acontecen y de las energías que poseen o reciben.

### ABSTRACT

How can the pupils of Secondary Education deal with to the knowledge of geological behavior of the rocky bodies in the Solar System?.

The work method to approach this investigation is based on the definition of a model of the geological operation of the Earth and on the search of data from other rocky bodies wich will permit to stablish a comparison between them an the former. The forms and structures that the photograps reflect and that are furnished us from the planets and satellites, together with data of an orbital type, are the tools that the pupils use to elaborate hypothesis about the kind of geological processes that are at work in them and about the energies they possess or receive.

**Palabras clave:** Ciencias Planetarias, Geología Planetaria, Planetología Comparada, Sistema Solar.

**Keywords:** Planetary Sciences, Planetary Geology, Compared Planetology, Solar System.

### INTRODUCCIÓN

Desde finales de los años 50 hasta el momento presente los científicos del espacio han podido ir poco a poco configurándose imágenes cada vez más aproximadas de las superficies de los planetas y satélites del sistema solar al que pertenecemos. La curiosidad comenzó a satisfacerse durante los años 60 con la llegada de las primeras imágenes de la Luna aportadas por el programa Apolo, y así ha seguido ocurriendo con las fotografías que han ido aportando las numerosas sondas automáticas enviadas al espacio en la última década. Ahora nuestros vecinos y hermanos de "estrella" empiezan a tener para nosotros una fisonomía cada vez más clara.

Esta enorme cascada de datos científicos de extraordinaria relevancia ha permitido, al mundo de la Ciencia, configurar un nuevo ámbito de investigación, las Ciencias Planetarias y llevar a cabo el tan esperado estudio de Planetología Comparada, aportando respuestas a preguntas como, ¿quién se parece a la Tierra?, ¿cuál es el más "extraño"?... estrategia

imprescindible de parentesco en toda familia que se precie y, si de "rango" se habla, la familia del Sol no tiene quien la haga sombra.

Conforme los científicos han ido reconstruyendo la faz de los planetas y satélites, los sistemas de enseñanza han ido incorporando ese conocimiento en los niveles previos a estudios especializados, reconociéndolos como contenidos básicos que todos los ciudadanos deberían tener en su memoria de datos.

En el Estado español, el nuevo Currículo Oficial de Secundaria incluye este tipo de conocimientos en los cursos de 1º de E.S.O. y en el de 2º del Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud dentro de las materias de Ciencias de la Naturaleza y Geología respectivamente.

### La enseñanza de lo pionero, o la aventura de la geología planetaria.

Si hay una frase que se repite hasta la saciedad en un grupo de profesores que hablen entre sí de sus

(\*) I.E.S. María Zambrano. C/ Alpujarras 52. 28915 Leganés. Madrid. (lmartínalonso@hotmail.com)

(\*\*) Seminario de Ciencias Planetarias. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid.

dichas y desdichas en el aula, es aquella que hace referencia a la falta de interés que muestran los alumnos-as por lo que se les enseña y que a nuestro entender es una de las principales causas del fracaso escolar.

Pues bien, indaguemos acerca de ello e intentemos conocer lo que interesa a los estudiantes.

En lo que concierne al mundo de la Ciencia, parece que todo aquello que encierre misterio, logre abstraer a los jóvenes de su realidad más inmediata y les abra nuevos mundos para imaginar o recrear situaciones es un marco aceptable para comenzar la andadura del aprendizaje.

¿Responde la Geología Planetaria a estos criterios? Es evidente que sí. Las fotografías que nos llegan de los planetas y satélites más próximos al nuestro, además de resultar especialmente atractivas desde el punto de vista plástico, y por tanto gratas a la vista, ofrecen múltiples interpretaciones que, por otra parte, aumentan cuanto menos familiarizado esté con ellas el observador, hecho que les sucede a nuestros alumnos y que por una vez, nos favorece por lo que puede suponer de estímulo para sus mentes imaginativas. Las hipótesis que barajan los alumnos-as sobre cómo se han originado las formas que definen los relieves manifiestan la incertidumbre y la curiosidad sobre cómo y cuáles serán los factores modeladores; en definitiva, si habrá agua líquida, hielo, viento o fuerzas internas capaces de abrir la superficie y cubrirla de rocas volcánicas como mascarilla rejuvenecedora de las superficies planetarias. Incertidumbre, por cierto, que al saber que la comparten con los científicos planetarios, les hace sentirse co-protagonistas de las investigaciones realizadas dentro de una Ciencia joven, estimulando así, aún más, su yo investigador e inquieto.

Pero no nos durmamos en los laureles, porque ya comienzan a ser muchas las imágenes que nos llegan de nuestros vecinos solares y dentro de muy poco las caras de Venus, Marte, Europa... serán tan familiares para todos que seguiremos cenando como si tal cosa mientras aparecen en la pantalla de nuestros televisores.

Al día de hoy, todavía podemos jugar con la imaginación y lo que es mejor comparar nuestra Tierra con ellos. Vendría a ser como cuando conocemos a un familiar que ha estado toda la vida en la Argentina y cuando llega descubrimos entre sus rasgos algunos en común con los nuestros y otros que no tienen nada que ver y la curiosidad nos lleva a querer saber más cosas de esa persona por si descubrimos algo que nos permita conocernos mejor a nosotros mismos y a la familia de la que formamos parte. ¿Qué ese tipo de indagaciones llevan implícito un riesgo? Es evidente, siempre puede aparecer un gen molesto del que no nos gustaría ser depositario, pero saciar la curiosidad lleva implícito aceptar los resultados. Pero ¿por qué decimos esto?, ¿es que acaso nuestros parientes planetarios pueden esconder algún secreto que revuelva los paradigmas de las Ciencias Geológicas? Si así ocurriera, de valientes sería encajar el golpe, y los científicos por definición

se caracterizan por ello, por tener una actitud crítica con las teorías y modelos que se permiten la interpretación de la “realidad” terrestre; por estar abiertos a las nuevas propuestas que intenten dar luz a la multitud de cuestiones que nos formulamos los humanos.

¿Es esta revisión continua de lo establecido un factor interesante para favorecer los aprendizajes? Saber que el pensamiento humano es inestable no es bueno ni malo, simplemente es así. Aceptar que todo lo que conocemos está sometido a cambios es necesario. Si admitimos que la corteza terrestre cambia constantemente, que la energía terrestre va mermando con la edad como las de los seres vivos, que las especies evolucionan, desapareciendo unas y apareciendo otras, por qué no van a poder nuestros alumnos-as escuchar las incertidumbres que se puedan formular sobre las teorías que rigen el funcionamiento de nuestro Planeta, si llegara el caso. Todo lo contrario, saberse conocedores de momentos de crisis de la Ciencia establecida va con el carácter rebelde de la adolescencia, de manera que podemos atrevernos a decir que esta Ciencia joven aporta al aprendizaje la rebeldía que otorga atreverse a contrariar pero con “causa”, siempre con causa, que es lo importante en el entorno científico.

### **Contemplar la globalidad, un placer para la mente.**

Desde que en los años 60 se aceptó como modelo para la interpretación global de los fenómenos geológicos la teoría de la Tectónica de Placas, la Geología alcanzó un estado de plenitud y serenidad que todavía perdura cuarenta años después. No importa que, conforme avancen las investigaciones, algunos procesos no encuentren explicación bajo sus claves, ni que una capa como la astenosfera, pieza esencial en la admisión del modelo, esté en crisis respecto a su configuración y papel de esfera que permite el desplazamiento de las placas. Por el momento parece que siempre se pueden dar respuestas que permiten a la Teoría seguir a flote. Lo cierto es que contemplar la globalidad da placer a la mente.

A los profesores de Secundaria nos gusta explicar la Teoría de la Tectónica de Placas en las aulas, a los alumnos-as les gusta estudiarla, a ella recurren los periodistas para explicar los terremotos que nos afectan... Parece que a todos nos hace felices controlar las fichas que recomponen el puzzle de la dinámica terrestre. Dicho de otra manera, bajo su manto protector creemos tener el mundo en nuestras manos. Caiga quien caiga años después podríamos siempre decir aquello de que “nos quiten lo bailao”.

Y no queremos que piensen con esta reflexión que estamos denunciando una forma de proceder de los científicos (de esconder la cabeza bajo el ala, de someterse a lo establecido), nada más lejos de la realidad. La sensación de satisfacción que otorgan las interpretaciones globales de la realidad (cualquiera que esta sea), y a sabiendas de que con el tiempo pueden sufrir modificaciones, lejos de frenar la inquietud en la investigación, la promueven.

## ¿Gozan las Ciencias Planetarias de esta virtud globalizadora?

Pensemos, para comenzar la reflexión, en el tipo de datos que nos llegan de los cuerpos rocosos del Sistema Solar. Como cabría esperar, son datos de carácter muy general y para la mayoría de los cuerpos, aún muy escasos. Datos en relación a su posición en el espacio: sobre su masa, velocidad de giro orbital o sobre si mismo...; datos sobre la composición química de la atmósfera y alguno que otro sobre su dinámica de vientos; datos que nos aportan luz sobre la dinámica de posibles agentes modeladores del relieve: existencia de agua líquida, hielo, vientos superficiales, impactos meteoríticos...; datos que nos hablan del grado y tipo de actividad tectónica e ígnea... Información, en su mayoría, recogida por las sondas automáticas sin llegar a tomar contacto con la superficie de estos entornos.

¿Acaso esta contemplación a vista de pájaro no podría permitir divisar el bosque sin que nos estorben los árboles? De hecho los científicos del espacio relacionando ese puñado de datos, son capaces de elaborar hipótesis que explican, de forma global, la naturaleza y la dinámica de los planetas y satélites de la familia del Sol. El tiempo y las investigaciones posteriores se encargarán de realizar sucesivas aproximaciones a la realidad y comprobar si las hipótesis formuladas, en términos globales, siguen vigentes o necesitan renovarse.

De momento en las aulas de Secundaria el traslado de este proceder hipotético va a permitir al alumnado el aprendizaje no sólo de datos sino, lo más importante, de procedimientos que van a permitir el desarrollo de capacidades ligadas al método científico, tan importantes como: la observación, el análisis, el establecimiento de relaciones, la elaboración de conclusiones de síntesis...y por tanto aproximarse a un conocimiento holístico o global que les va a proporcionar confianza en sí mismos y potenciar la necesidad de seguir conociendo.

### Las Ciencias Planetarias. Un recurso para la consolidación de los aprendizajes.

El conocimiento de las formas de la Tierra y de los procesos geológicos que las generan han sido y son el punto de partida que ha permitido a los científicos aventurarse a interpretar las imágenes que nos llegan de otros cuerpos rocosos del Sistema Solar. Aquello que le es familiar a nuestros sentidos y a nuestro intelecto por vivencias y experiencias (incluidas las que no son de carácter científico) es, en principio, una de las herramientas más valiosas con la que podemos contar para permitirnos reconocer en otros mundos diferentes al nuestro los mismos procesos que en la Tierra, o al menos similares. De manera que si pretendemos aproximar al alumnado al conocimiento de la geología de otros cuerpos rocosos, éstos deberán conocer aquellos procesos geológicos que caracterizan, en esencia, la dinámica global de la Tierra.

Con ese equipaje de conocimientos el alumnado podrá comprobar si existe o no correspondencia entre lo que sucede en cada uno de los cuerpos vecinos y el nuestro. Esta aplicación de los conocimientos adquiridos sobre la Tierra a otros marcos conduce, sin duda, a la consolidación de lo aprendido y, en algunos casos, a cuestionarse la interpretación que ofrece la Ciencia ante determinados hechos. Pongamos un ejemplo. Cuando el alumno conoce que en Marte no existe campo magnético pero Mercurio si lo tiene además de tener un núcleo más frío y girar sobre su eje cincuenta veces más lento; comienzan a preguntarse si realmente la velocidad de rotación tendrá o no que ver con las corrientes de convección del núcleo y con la creación del campo magnético. Este viaje de ida y vuelta por el Sistema Solar resulta, por todo lo expuesto, especialmente interesante desde el punto de vista didáctico.

### OBJETIVOS DEL TALLER

- Tomar conciencia de las grandes aportaciones que hacen las Ciencias Planetarias al aprendizaje global de la Geología así como al desarrollo de capacidades como: la observación, el análisis, la relación y la síntesis.

- Mostrar una metodología de trabajo para trabajar las Ciencias Planetarias.

- Trabajar la interpretación de fotografías espaciales

- Comparar con la Tierra diferentes cuerpos rocosos del Sistema Solar.

### “RETRATO DE LA FAMILIA SOLAR”. UNA UNIDAD DIDACTICA DE GEOLOGÍA PLANETARIA.

En el taller se presenta al profesorado la unidad didáctica: “Retrato de la familia Solar”. Esta unidad está pensada para llevarla a cabo con alumnos y alumnas de 2º de Bachillerato dentro de la materia de Geología. Su existencia responde a la presencia en el Currículum de dicha materia de los siguientes contenidos:

*Las manifestaciones de los procesos geológicos internos y externos en otros cuerpos del Sistema Solar.*

La unidad se desarrolla en las siguientes fases:

#### Fase I:

Planteamiento del problema: ¿Pueden las formas de la Tierra y sus procesos generadores ayudarnos a entender el funcionamiento geológico de otros cuerpos del Sistema Solar ?.

#### Fase II:

Definición de un modelo del comportamiento geológico de la Tierra.

#### Fase III:

Aplicación del modelo terrestre a otros cuerpos del Sistema solar (planetas y satélites).

#### Fase IV:

Conclusiones sobre la validez del modelo geológico terrestre como instrumento comparativo.

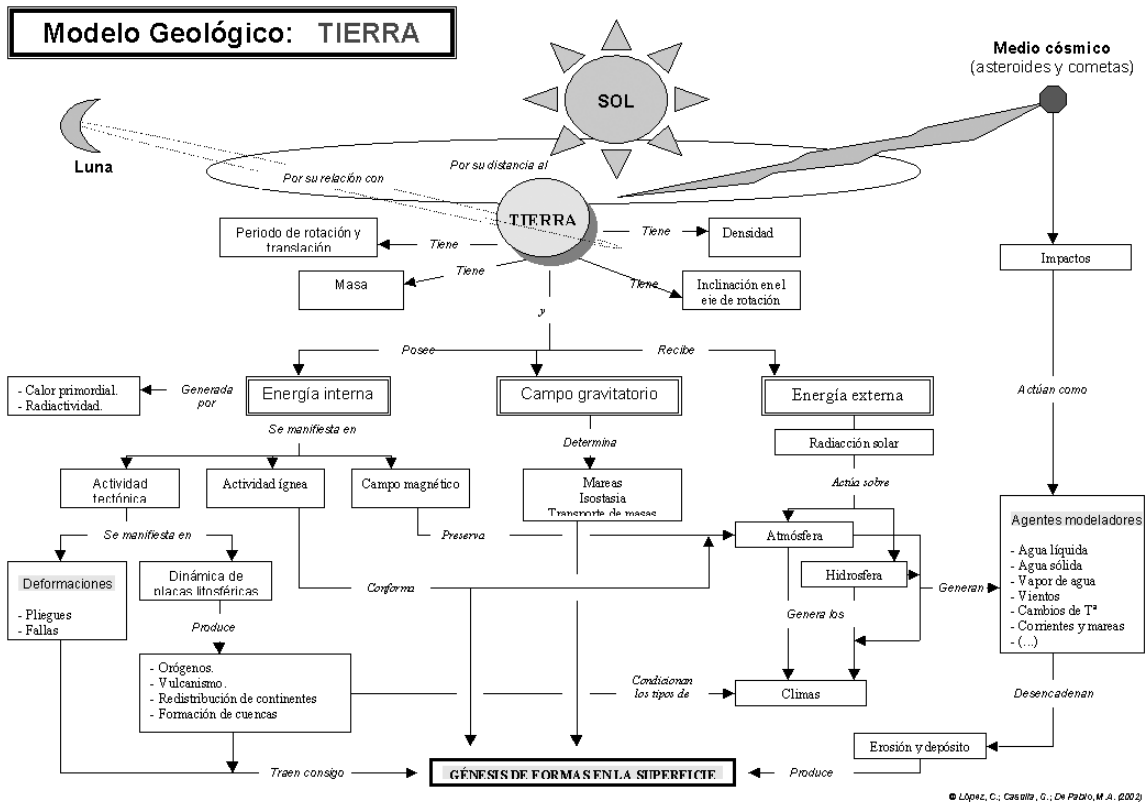


Fig. 1: Modelo geológico del planeta Tierra.

**PLAN DE TRABAJO EN EL TALLER.**

Tras la justificación de la unidad y después de plantear el problema geológico que se pretende resolver, se presenta a los profesores-as la secuencia didáctica que guía todo el proceso de aprendizaje y se comienza el desarrollo de las actividades más representativas de cada una de las fases de la unidad. Para ello se reparte a los compañeros-profesores en pequeños grupos de trabajo, finalizando las actividades con momentos de puestas en común de los resultados que implicarían a todo el grupo.

**Fase I. Planteamiento del problema.**

Esta fase trata sobre el planteamiento del problema geológico que da sentido a la unidad, pero no se trabaja en el taller por falta de tiempo.

**Fase II. Definición de un modelo del comportamiento geológico de la Tierra.**

En esta fase al profesorado se le presenta:

1. Un modelo del comportamiento geológico de la Tierra. (Fig. 1)
2. Una plantilla de Planetología Comparada, elaborada para la ocasión, como instrumento de rec-

ogida de datos, que ayudará al análisis del problema planteado y a su resolución. (Fig. 2)

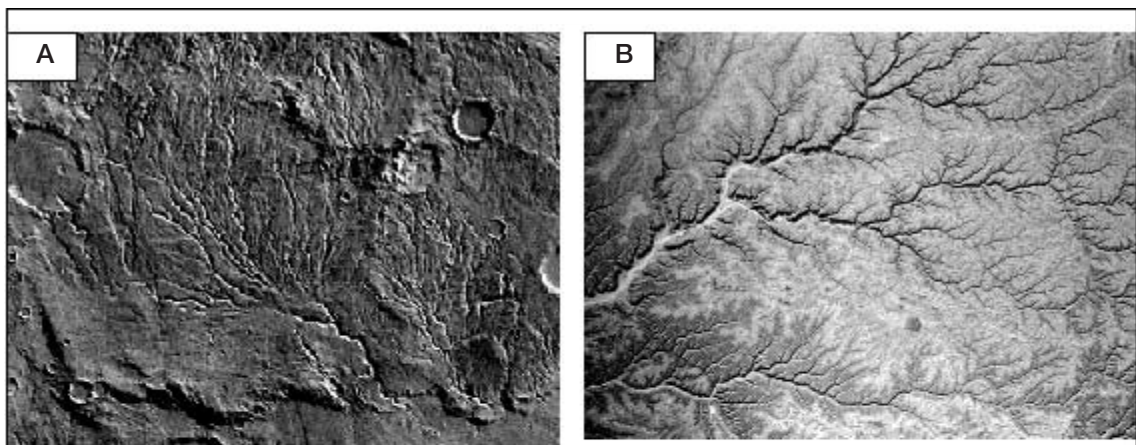
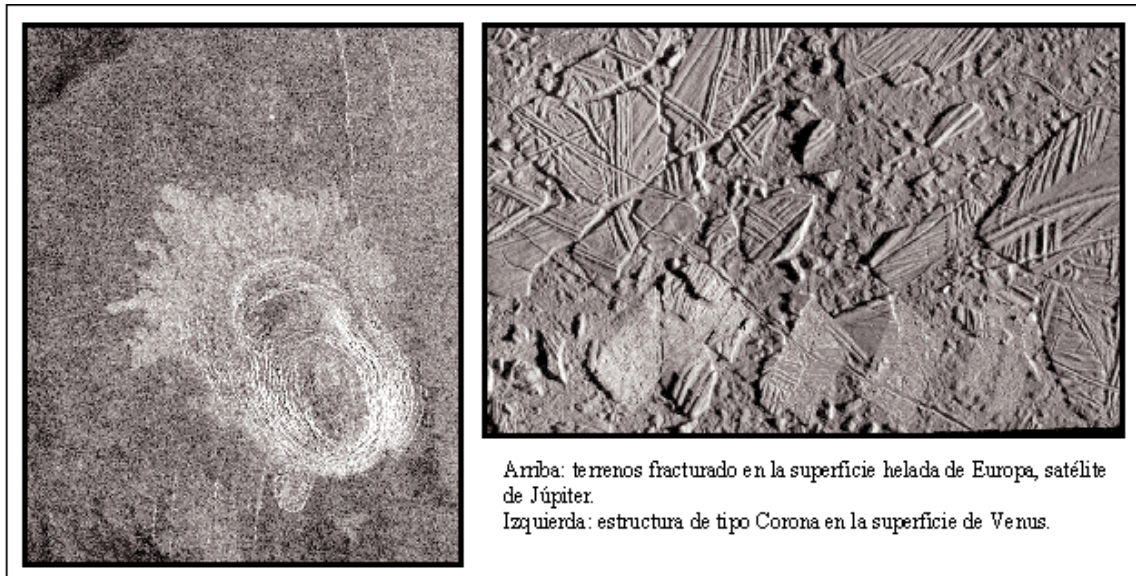
Formas y procesos geológicos	MERCURIO	VENUS	TIERRA	LUNA	MARTE	IO
Pliegues y crestas						
Fallas						
Relieves montañosos y accidentados						
Edificios volcánicos						
Coladas y llanuras volcánicas						
Tubos de lava						
Geysers y fumarolas						
Dunas y otros rasgos eólicos						
Acumulaciones de hielo y casquetes glaciares						
modelados glaciares						
Canales, valles, cañones						
Terrenos acarcavados						
Terrenos poligonales						
Estructuras de flujo						

Fig. 2: Plantilla de Geología Comparada.

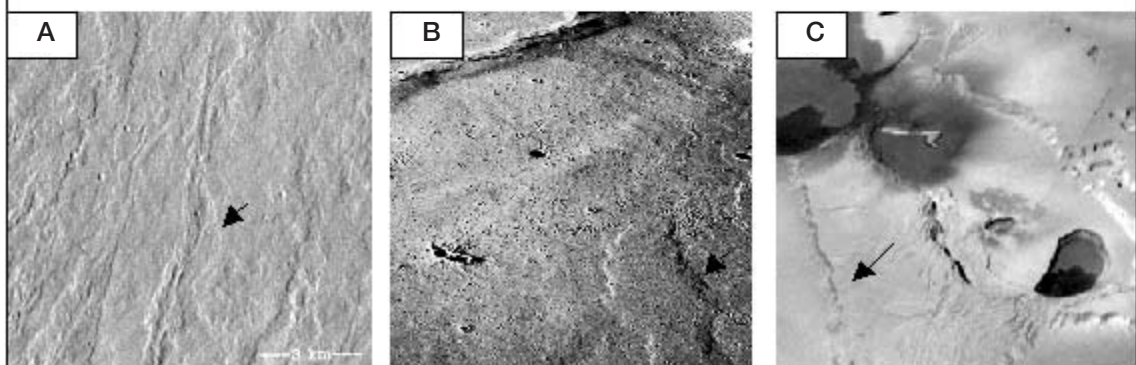
**Fase III. Aplicación del modelo terrestre a otros cuerpos del Sistema solar (planetas y satélites).**

En esta fase el profesorado lleva a cabo la obser-

vación y análisis de fotografías espaciales de cinco cuerpos rocosos del Sistema Solar: Mercurio, Venus, Marte, Io y Europa, identificando rasgos morfológicos y estructurales de estos cuerpos (Fig. 3).



**Paisaje de canales dendríticos en Marte (B) y en la Tierra (A)**



**Coladas en Marte (A), Luna (B) e Io (C)**

Fig. 3: Ejemplos de imágenes utilizadas en el taller.

Conviene señalar que, en esta fase, los participantes hacen también uso de datos bibliográficos de cada cuerpo rocoso trabajado: orbitales, atmosféricos... que amplían notablemente los conocimientos sobre los planetas y satélites estudiados, y que favorecen, por tanto, la investigación planteada.

**Fase IV. Conclusiones sobre la validez del modelo geológico terrestre como instrumento comparativo.**

En esta fase el profesorado somete a prueba el modelo geológico terrestre definido en la Fase II, contrastando los procesos geológicos y las fuentes de energía de nuestro planeta con los procesos y fuentes de energía que caracterizan a los otros cuerpos del Sistema Solar sometidos a análisis (fig 4).

Formas del relieve: <b>Canales (redes dendríticas)</b>		
Cuerpos que las presentan	Procesos generadores	Fuente de energía
Marte	Erosión por escorrentía	E. Solar
Tierra	Erosión por escorrentía	E. Solar

Formas del relieve: <b>Coladas y llanuras volcánicas</b>		
Cuerpos que las presentan	Procesos generadores	Fuente de energía
Marte	Vulcanismo puntual y fisural	E. Interna - E. de impacto
Luna	Vulcanismo fisural	E. de impacto
Io	Vulcanismo fisural y puntual	E. mareal (Campo gravitatorio)
Tierra	Vulcanismo fisural y puntual	E. interna

Fig. 4: ejemplos de tablas sintéticas para alguno de los rasgos que se pueden observar en la superficie de algunos planetas y satélites del Sistema Solar.

Este ejercicio de Planetología Comparada permite dar respuesta a la pregunta planteada en el comienzo del Proyecto.

Las conclusiones obtenidas en la investigación sirven, en este último momento del taller, para que los participantes, partiendo del trabajo realizado, reflexionen y constaten, el valor didáctico de las Ciencias Planetarias, como marco ideal para ejercitar el pensamiento holístico que permite sucesivas aproximaciones al conocimiento de cómo son y cómo funcionan los planetas y satélites del Sistema Solar.

**BIBLIOGRAFÍA.**

Anguita, F. (1993). Geología Planetaria. Mare Nostrum. Madrid.

Greeley, R.; Batson, R. (2001) . The compact NASA Atlas of the Solar System. Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido) .

Hartmann, W.K. (1993). Moons and Planets. Wardsworth Publishing Company. Belmont (California, EE.UU.).

Kelly, J. ; Collins, C.; Chaiking, A. (1999). The New Solar System. Cambridge (Reino Unido).

De Pater., I; J.-Lissauer, J. (2001). Planetary Sciences. Cambridge University Press. (Reino Unido). ■