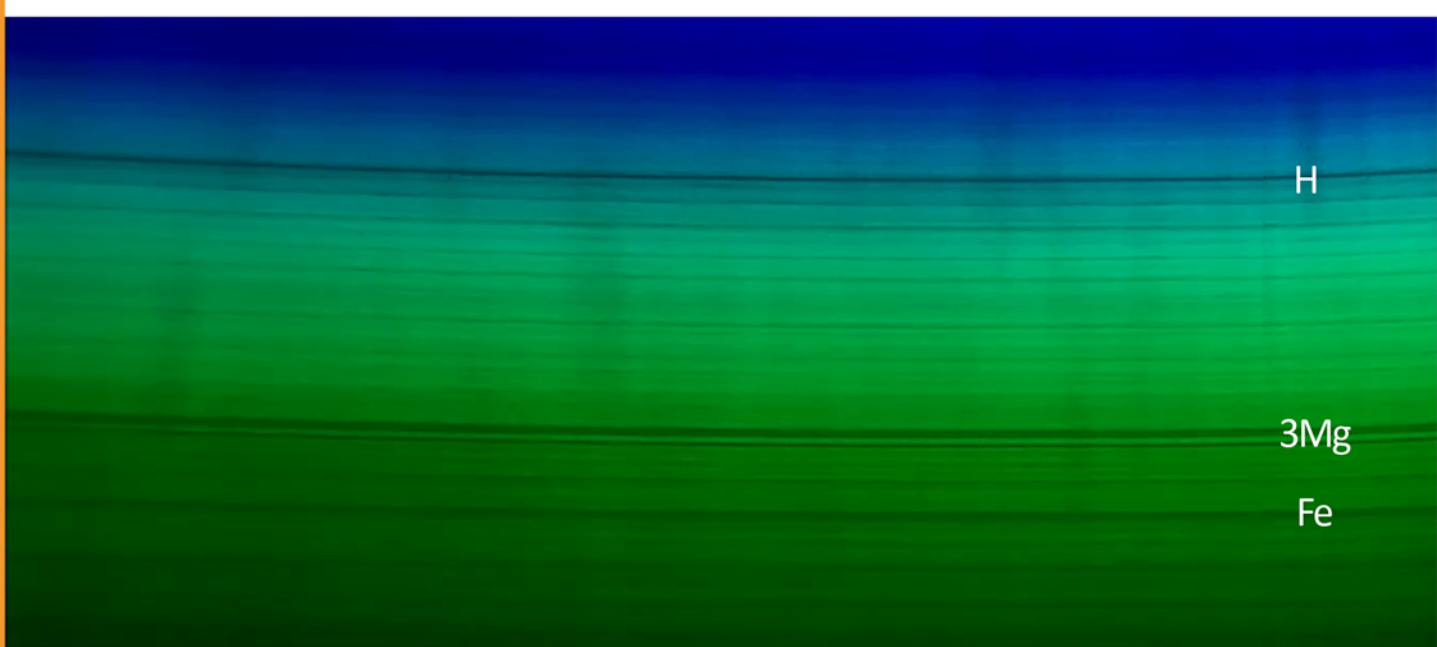
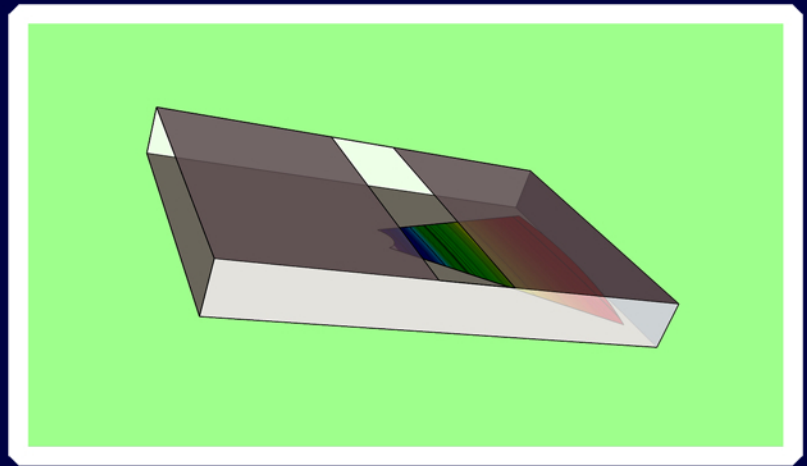


Más actividades sencillas de Astrofísica

Ricardo Moreno Luquero



MÁS ACTIVIDADES SENCILLAS DE ASTROFÍSICA

Ricardo Moreno Luquero

Publicaciones de ApEA

Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

Nº 45 - Mayo 2024

Publicaciones de ApEA nº 45
Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

© Texto: Ricardo Moreno Luquero
© Dibujos e imágenes: Ricardo Moreno Luquero.
Dibujo de Portada: Tanguy
Foto de Portada: Líneas de Fraunhofer con un DVD. RML

Comité de Redacción:
Ederlinda Viñuales, Antonio Arribas y Ricardo Moreno

Dirección:
Ricardo Moreno (Vocal Editor de Publicaciones de ApEA)
rmluquero@gmail.com

ISBN: 978-84-942304-5-5



Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

EL AUTOR

Ricardo Moreno Luquero



Ingeniero de Caminos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor en el Colegio Retamar desde 1978 a 2018. Ha impartido la asignatura de Taller de Astronomía en la ESO. Es autor de libros de ciencia y divulgación, como Taller de Astronomía (Akal), Historia breve del Universo (Rialp), El origen del Universo (Digital Reasons), Diccionario Esencial de las Ciencias (Espasa Calpe), Experimentos para todas las edades (Rialp), Dibujo Técnico (SM), 14 pasos hacia el Universo (Albedo).

Además de esta Publicación monográfica de ApEA, también es autor de otras en la misma colección: "5. Actividades sencillas de Astrofísica", "11. Cálculo de la distancia a las estrellas", "33. Un fotómetro y un espectrómetro en clase", "37. Órbitas y cohetes: Viajando al espacio" y "42. Nueva geografía planetaria".

Es miembro de la ApEA desde 1998. Perteneció a la Unión Astronómica Internacional (IAU) desde 2015 y es socio fundador y secretario de NASE (Network for Astronomy School Education) desde 2009.

Ha participado varios años en la Feria de la Ciencia de Madrid, en Ciencia en Acción y ha dirigido Talleres y Cursos de Astronomía para profesores en América, España, Lituania y Marruecos.

Desde 2013 a la actualidad, es Vocal de Publicaciones y de la Revista Nadir de ApEA.

ÍNDICE

Presentación.....	7
Ver las líneas de Fraunhofer del Sol con un DVD.....	9
Actividades con la linterna del móvil.....	15
1ª Colores de las estrellas.....	15
2ª Atardeceres rojos.....	16
3ª Uso del infrarrojo en astronomía.....	17
4ª Planetario con cajas de cerillas.....	18
Buscando micrometeoritos.....	21
Mirando los micrometeoritos más de cerca.....	27
¿Cómo de fuerte es el campo magnético terrestre?.....	31
Explorando Marte desde casa.....	35
Modelo escolar del efecto invernadero	43
Cómo hacer una nube en casa	49
Galaxias de bicarbonato.....	53
Modelo de los mares y cráteres de la Luna.....	57
Reloj de Sol de reflexión con un DVD	61
El Big Bang y la creación	69
El ajuste fino del Universo	73

PRESENTACIÓN

Esta Publicación recoge en buena parte artículos que han salido en la revista Nadir, desde marzo de 2020 hasta marzo de 2024, aunque hay varios que ven la luz por primera vez en esta Publicación.

Son actividades que se pueden hacer en casa o en clase, con material sencillo. Unas permiten observar aspectos científicos de la realidad, como ver las líneas de Fraunhofer del Sol o recolectar micrometeoritos caídos del espacio interplanetario. Otras son modelos de lo que sucede, como una nube, el efecto invernadero o la forma de las galaxias. Algunas sirven para explicar aspectos de astrofísica, como los colores de las estrellas o el poder del infrarrojo. También hay propuestas para construir un reloj de sol con un DVD, o un planetario con cajas de cerillas. Los dos últimos artículos son unas reflexiones más teóricas, pero no por eso menos interesantes, sobre el Big Bang y la creación.

A la hora de poner un título, pensé que hiciera referencia a actividades científicas o astronómicas, pero no me convencía. Al final opté por el que tiene, porque esta Publicación es de alguna forma continuación de otra anterior en esta misma colección, la nº 5, que se titula "Actividades sencillas de Astrofísica". Esa es la razón del título.

Espero que sirvan de ideas para los docentes, y también para cualquier interesado en la Astronomía y la ciencia en general.

VER LAS LÍNEAS DE FRAUNHOFER DEL SOL CON UN DVD



No es muy conocido que las líneas de Fraunhofer se pueden ver a simple vista, y en muy alta definición, simplemente con un DVD. En este artículo se explica cómo hacerlo. Las imágenes que se adjuntan son de bastante peor calidad que la visión en directo. La dificultad de enfocar la cámara a una imagen reflejada y que está muy cerca, y la respuesta de los chips de las cámaras a los colores, mucho peor que la del ojo humano, hace que las imágenes aquí presentadas sean un pálido reflejo de la visión en directo.

La mayor parte de lo que sabemos de las estrellas y de nuestro Sol procede del análisis de la luz que nos llega desde esos objetos. Un instrumento clave para ello es el espectroscopio, que con un prisma o una red de difracción, separa la luz en las distintas longitudes de onda.

Si un sólido se calienta, empieza a emitir radiación electromagnética. Si la temperatura

es suficientemente alta, emite luz visible, con un espectro continuo. Sin embargo, si es un gas el que emite luz (excitado de alguna forma, bien por temperatura o por campos electromagnéticos elevados), su espectro es discontinuo, con una serie de rayas o bandas que dependen de la composición del gas. Por último, si una luz con espectro continuo atraviesa un gas frío, este atrapa la misma radiación que emite cuando está excitado, y el

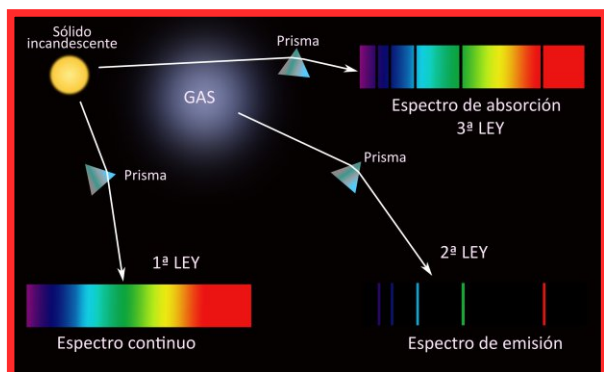


Fig. 1. Las tres leyes de Bunsen de la espectroscopía.

resultado es un espectro de absorción, continuo con rayas negras (Fig. 1).

El interior del Sol o de una estrella tiene tanta presión y temperatura que emite como un sólido, es decir, con un espectro continuo. Sin embargo, las capas superficiales de la estrella, que son de gas, absorben frecuencias que corresponden a los elementos que forman esas capas. En el Sol, esas líneas se llaman líneas de Fraunhofer (Fig 2), en honor de este científico alemán que las describió en 1814. El nombre Helio, que significa Sol en griego, tiene su origen en el Sol, pues fue en el espectro de su luz donde se descubrió por primera vez este elemento químico, antes de encontrarlo en la Tierra.

El espectro de la luz de las estrellas sirve también para detectar exoplanetas por el método de la velocidad radial. Estudiando el desplazamiento periódico al rojo y al azul de las líneas del espectro de la luz de una

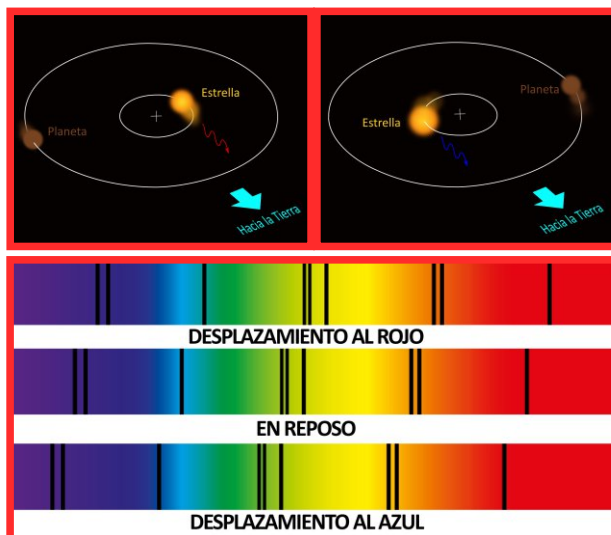


Fig. 3. Detección de exoplanetas por el método de la velocidad radial, por el efecto Doppler.

estrella, debido al efecto Doppler (Fig. 3), se puede detectar que hay un planeta grande en sus cercanías.

Por otra parte, si un planeta pasa por delante de la estrella, su atmósfera añade nuevas líneas al espectro de absorción que nos llega, y se pueden analizar los elementos que hay en la atmósfera (Fig. 4).

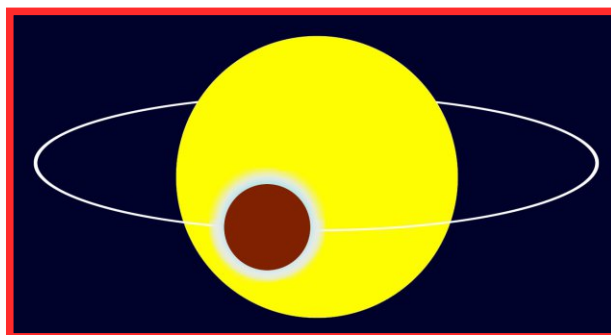
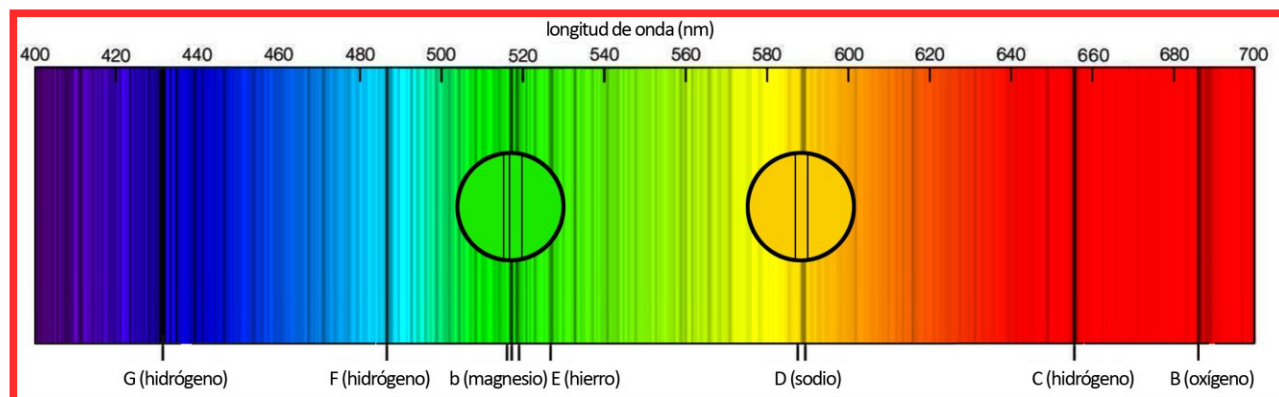


Fig. 4. La atmósfera del planeta influye en el espectro de absorción de la luz de la estrella

Fig. 2. Espectro de absorción del Sol, con el triplete del Mg y el doblete del Na.



Cómo observar las líneas de Fraunhofer con un DVD

No es muy conocido que las líneas de Fraunhofer se pueden ver a simple vista en la reflexión de la luz solar en un DVD, gracias a las 1300 líneas/mm que tiene.

Si nos ponemos frente al Sol, con una DVD en la mano y con la parte reflectante hacia arriba, veremos enseguida un reflejo intenso y coloreado de forma radial (Fig 5.).



Fig. 5. Reflejo del Sol.

Si nos fijamos con detenimiento, vemos que contiene dos espectros, el de primer orden de reflexión, cerca del centro, y otro más externo, debido al segundo orden de reflexión. Este segundo es menos brillante, y es el que usaremos, sin peligro para la vista (Fig. 6).

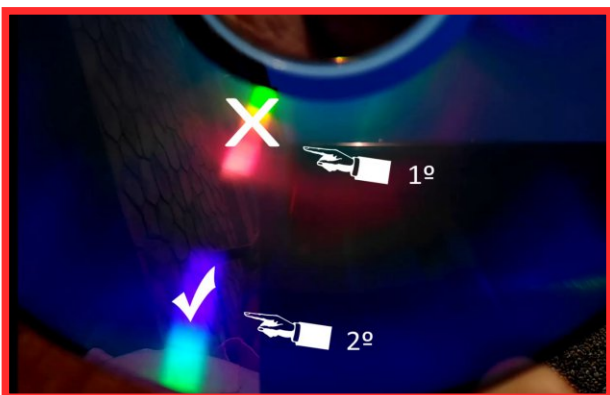


Fig. 6. Usaremos el reflejo de 2º orden, que es menos brillante que el de 1º orden.

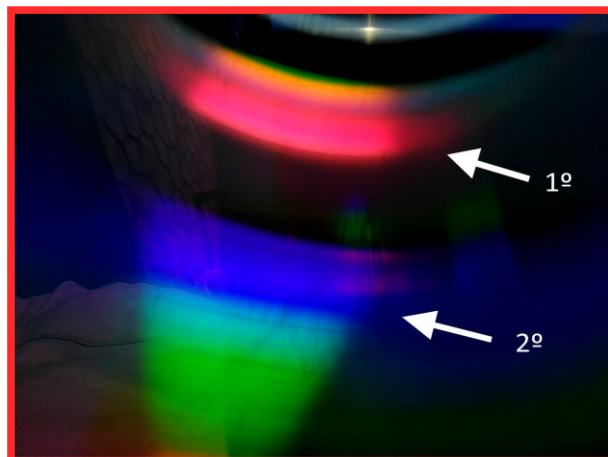


Fig. 7. Al acercarnos, el reflejo se ensancha y se ven las líneas de Fraunhofer.

Si nos vamos acercando a ese reflejo, se va ensanchando (Fig. 7), y podemos ver que contiene unas líneas negras que se ven muy nítidas. Variando la posición del ojo (en general, a muy pocos cm del DVD), podemos recorrer todo el espectro visible, lleno de

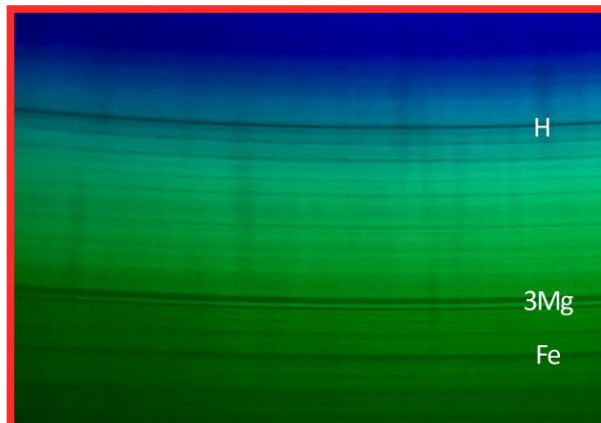


Fig. 8. En la zona azul se distingue la línea G del hidrógeno, en la azul clara, la línea F del hidrógeno, en la zona verde el triplete del magnesio, y la línea E del hierro., y en la zona anaranjada, la línea D del sodio. En el rojo también se pueden ver las líneas C y B, del hidrógeno y del oxígeno respectivamente.

líneas negras de distinta intensidad (Fig. 8), que son las líneas de Fraunhofer. Son fáciles de ver en la zona verde el triplete del magnesio, y en la zona amarilla, el doblete del sodio. Se ven todas las líneas de Fraunhofer, algunas de las cuales son la serie de Balmer del Hidrógeno (Fig. 9).

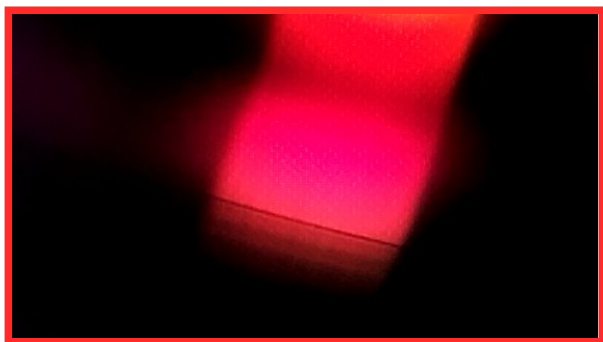


Fig. 9. Líneas de Fraunhofer en la zona roja.

El reflejo de primer orden se debe observar sólo al atardecer, cuando la luz solar que nos llega tiene menos intensidad. Comparándolo con el de segundo orden, presenta un espectro más brillante pero con las líneas menos separadas. También es interesante observar que aparecen algunas líneas nuevas, correspondientes a la atmósfera terrestre, más notables cuanto más atmósfera atraviesa la luz solar.

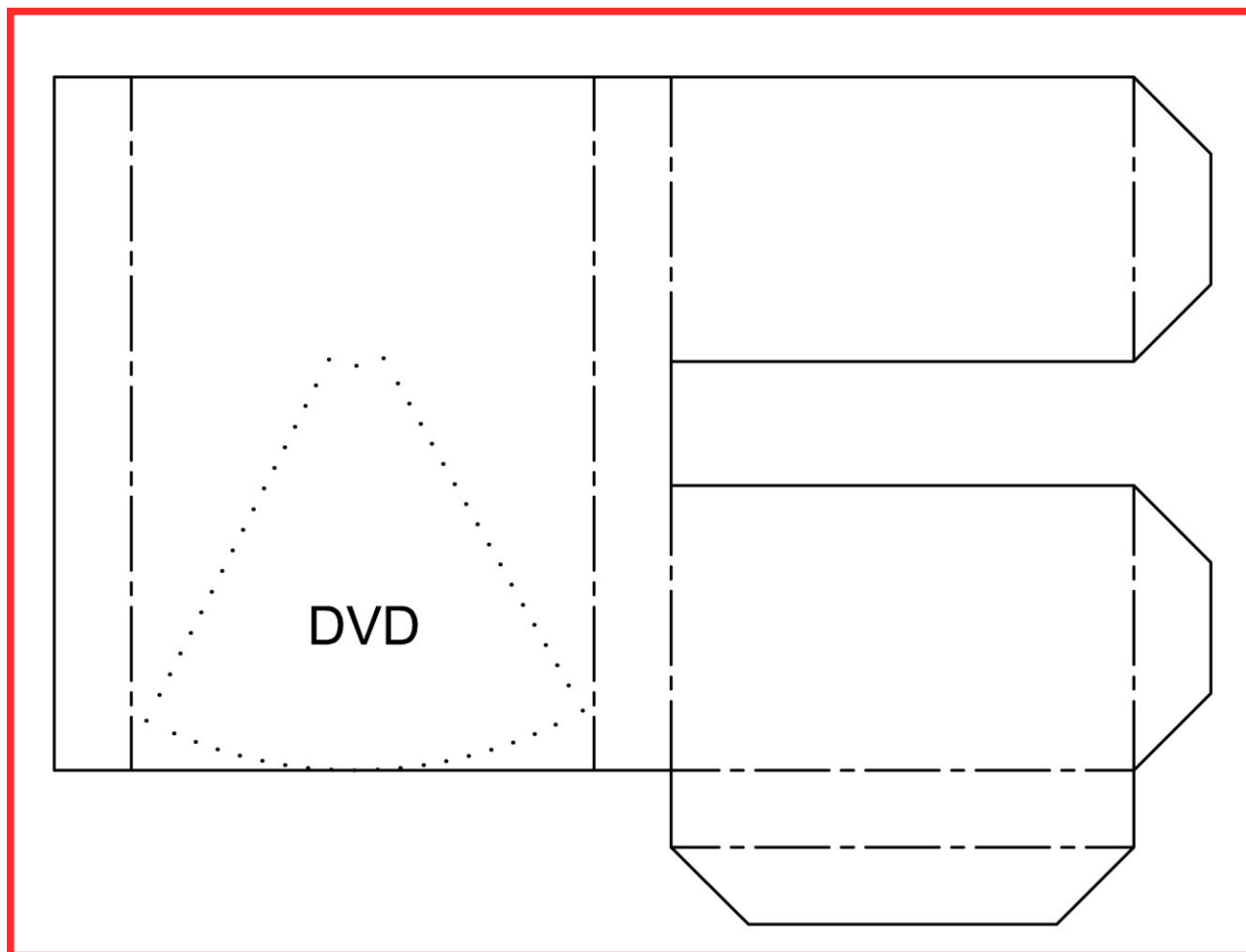
Observación segura con cajita

Mirar al reflejo de primer orden deslumbra bastante, y puede ser peligroso. Para "obligar" a mirar sólo al reflejo de segundo orden, se puede usar la cajita cuya plantilla está en la Fig. 10, que impide ver el reflejo de primer orden.

Necesitaremos un trozo de un DVD, aproximadamente $1/8$ del disco. Recortamos la plantilla, pegamos ese trozo de DVD en la zona marcada, y armamos la cajita con el DVD dentro.

Salimos al exterior en un día soleado y nos ponemos de frente al Sol. Ponemos la cajita frente a nuestra cara, con el borde superior a la altura de los ojos, como se ve en la Fig. 11. Mirando hacia el DVD que hay dentro, nos movemos despacio hasta que se ve en el DVD un reflejo radial multicolor y brillante del Sol.

Fig 10. Plantilla de la cajita para la observación segura.



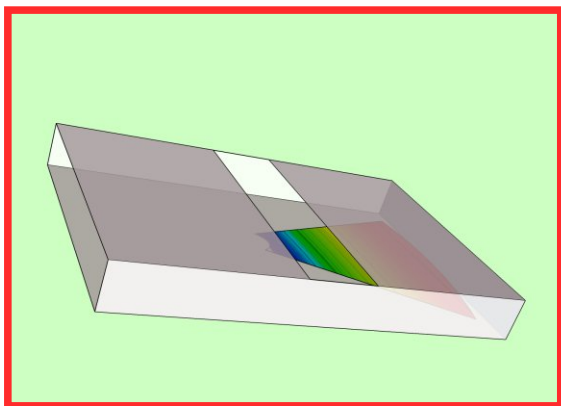
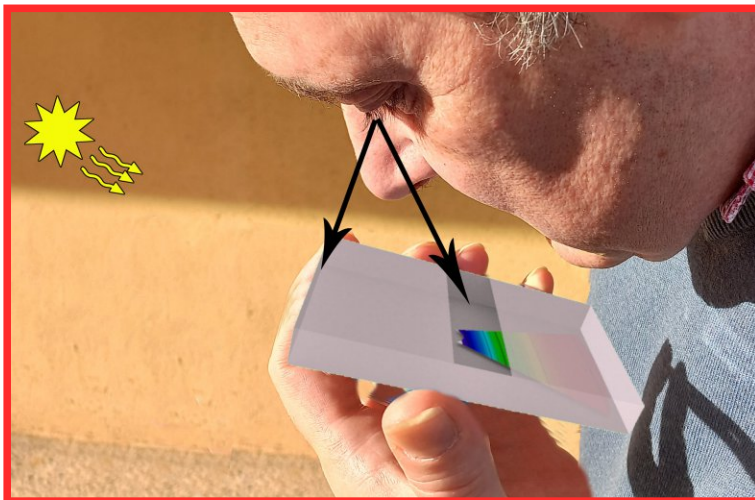


Fig 11. Cajita montada con el trozo de DVD dentro. Se pone el borde superior frente a los ojos y se mira al DVD.



Acercamos la cara a la cajita, mirando siempre al reflejo, que se irá viendo más ancho. Cuando estemos con el ojo casi tocando la ventana, veremos en la zona de los colores unas líneas negras finas y nítidas, que son las líneas espectrales de los elementos químicos que hay en el Sol.

La principal línea que se ve en el azul proviene del Hidrógeno, en el verde se ven muy bien tres rayas muy juntas, que es el triplete del Magnesio, y otra separada que procede del Hierro. En la parte del amarillo se ve una raya doble, que es del Helio y del Sodio. En la parte roja se ve una intensa, del Hidrógeno

Ver otros espectros

El DVD completo podemos usarlo también para observar la luz de farolas de la calle (Fig. 12) que usen bombillas de descarga, o tubos fluorescentes, que contienen gases. Las líneas de emisión son notables (Fig. 13). En este caso no hay peligro de usar el reflejo de primer orden, pues no deslumbra.

Para que las líneas sean nítidas, basta con que la bombilla esté a varios metros de distancia, para que el foco sea casi puntual (Fig. 12). Se pueden diferenciar de las bombillas led, que dan un espectro prácticamente continuo.



Fig. 12. Farola con bombilla de descarga (naranja). Al verla desde lejos, es casi un foco puntual y no se necesita rendija.

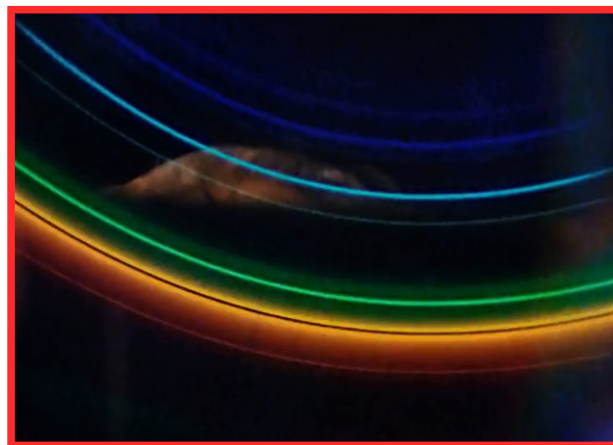
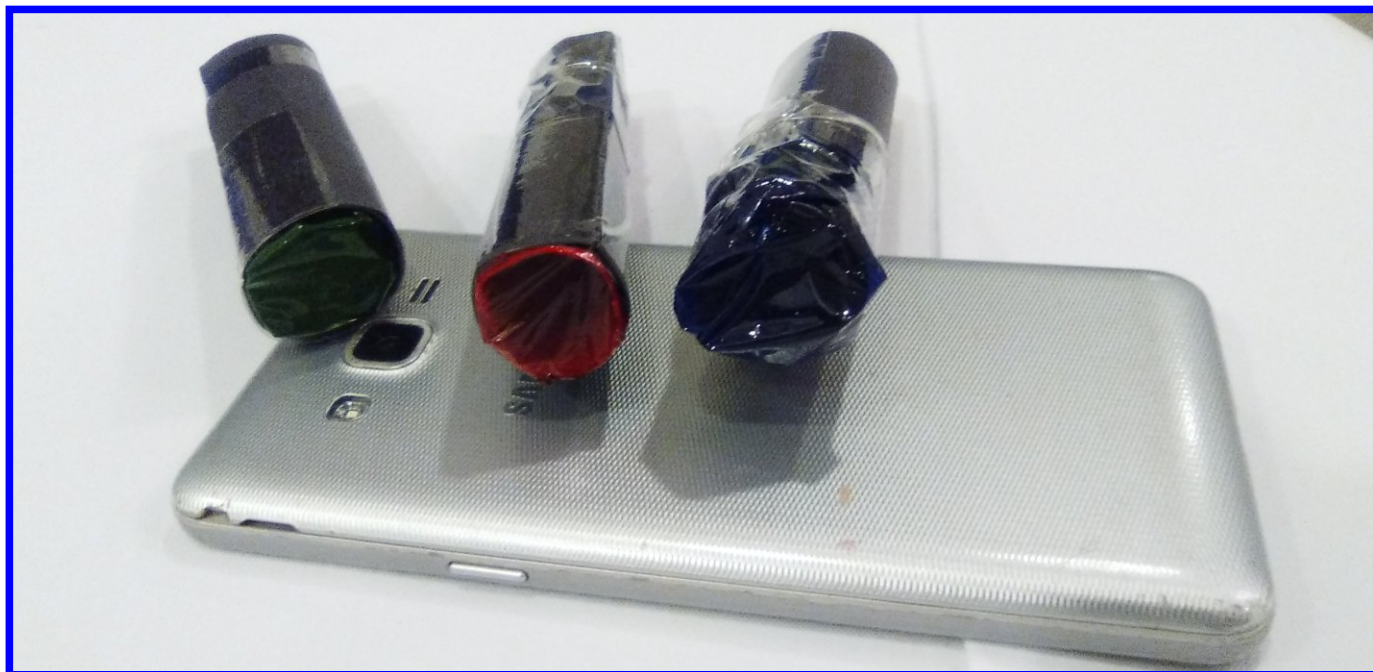


Fig 13. Espectro de la luz de la farola con un DVD.

ACTIVIDADES CON LA LINTERNA DEL MÓVIL



En los Encuentros de Úbeda hicimos un Taller con estas cuatro actividades. Algunas se pueden hacer en Primaria y otras en Secundaria. Tienen en común la linterna del teléfono móvil: se aprovecha que es una luz casi puntual, de color blanco y además es led.

1ª Actividad: Colores de las estrellas

La gráfica de la radiación de un cuerpo negro nos muestra la radiación del cuerpo (los colores) en función de la temperatura. El máximo se va desplazando con la temperatura (Ley de Wien) (Fig. 1). Así, cuando la temperatura de una estrella es baja, por ejemplo 3.000K, hay mucha

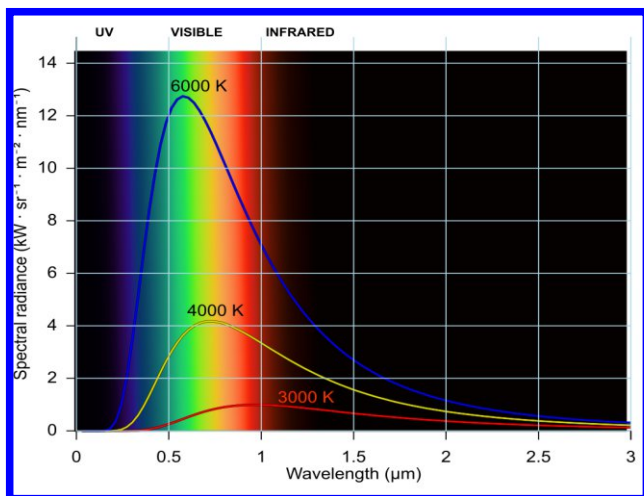


Fig 1. Radiación de un cuerpo negro, según la temperatura

radiación roja y poca del resto. Cuando la temperatura es más alta, 5.000K, hay radiación roja, amarilla y verde, apenas azul. Cuando es muy alta, p.ej. 10.000K, hay mucha azul y poco rojo. Y así salen los colores de las estrellas, que nos hablan de su temperatura superficial (Fig. 2).



Fig 2. Colores de las estrellas y temperatura superficial.

Para simular esto, haremos tres tubos de cartulina negra, de unos 3 cm de diámetro y 5 cm de largo. También valdrían los tubos de cartón de papel de baño. Ponemos en el extremo de uno de los tubos un papel de celofán rojo, en otro tubo verde y en el tercero azul. Usando la luz blanca de la linterna de tres móviles, juntamos los colores para simular los colores de las estrellas.

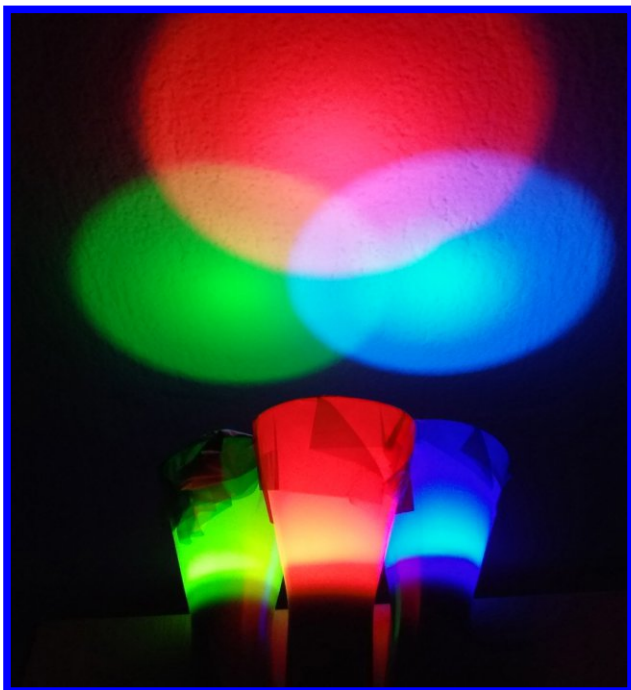


Fig 3. Mezcla de colores

Con la luz roja, tenemos estrellas frías. Si son más calientes, tendrían fotones amarillos, que nos da una luz anaranjada. Al aumentar la temperatura, entran los verdes, que con la luz roja da amarillo, y la estrella se vería amarilla. Por cierto, se podría fabricar un cuarto tubo con celofán amarillo, pero no compensa porque es más luz amarilla. Por último, cuando entran los fotones azules, la luz de la estrella es blanca, o incluso blanca-azulada si hay pocos rojos y muchos azules (Fig. 3).

2ª Actividad: Atardeceres rojos

La luz del Sol es prácticamente blanca, porque contiene fotones de todos los colores: azules, verdes, amarillos, rojos... En la Luna, cuando es de día el cielo es negro, y en las puestas de Sol no hay cambios de color. Pero en la Tierra es distinto porque sí que hay atmósfera, compuesta fundamentalmente de nitrógeno y oxígeno. Estas moléculas producen una dispersión de los fotones, llamada de Rayleigh, que depende mucho de la relación entre el tamaño de la longitud de onda y el tamaño de la partícula o molécula. En nuestra atmósfera, los fotones azules se dispersan

mucho más que los demás. Esos fotones azules se siguen dispersando con nuevas moléculas, y hace que nuestros ojos los reciban procedentes de todas direcciones, y que el cielo nos parezca azul claro.

Cuando el Sol está sobre el horizonte, sus rayos atraviesan más atmósfera, y se dispersan más fotones azules, incluso algunos verdes. El resultado es que la luz del atardecer y el propio Sol son mucho más amarillos, o incluso rojizos (Fig. 4). Pensemos en la actividad anterior, cuando quitamos la luz azul.



Fig 4. Atardeceres rojos.

Es conocido un modelo de todo esto con un retroproyector, un vaso con agua y unas gotas de leche. Pero hoy es difícil encontrar un retroproyector. Por eso usaremos en esta actividad la linterna del móvil, que es muy blanca, y un repuesto de silicona de una “pistola de termofusión”, que aunque suene a Star Trek, la podemos encontrar en cualquier tienda de bricolaje (Fig. 5).



Fig 5. La barra de silicona de una pistola de termofusión dispersa los azules y deja la luz amarillo-rojiza.

Las mejores barritas son las casi transparentes, de 10 cm de longitud. La colocamos junto a la linterna del móvil, y vemos cómo se dispersan enseguida los fotones azules, y la luz que queda es amarilla (recuerda la actividad anterior cuando no teníamos azules, solo rojos y verdes), y más adelante incluso roja (Fig. 5).

3ª Actividad: Uso del infrarrojo en Astronomía

En Astronomía se observa el firmamento en el infrarrojo porque esta radiación atraviesa nubes oscuras que la luz visible no puede hacerlo. Por ejemplo en nebulosas donde se están formando planetas, en el centro o en los brazos de las galaxias. Observadas con detectores infrarrojos nos muestran estructuras y objetos que no se ven si se observan en el rango de la luz visible normal (Fig. 6).

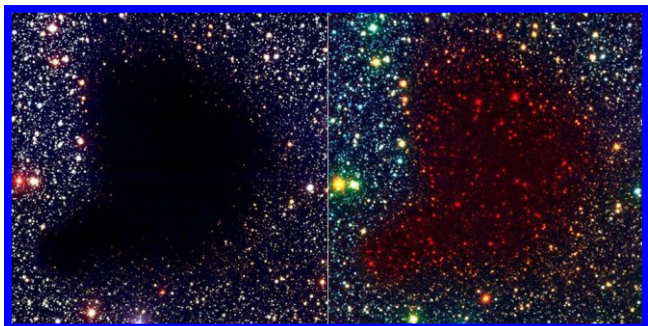


Fig 6. Globulo de Bok en el visible y con infrarrojos.

Las bombillas de filamento emiten mucha energía en el infrarrojo, se calientan mucho y son muy ineficientes para el alumbrado, pues se desperdicia mucha energía infrarroja. Con las bombillas de led es al contrario: están diseñadas para que casi toda la energía que emite sea con longitudes de onda en el rango visible, por lo que son mucho más eficientes para iluminar, y se necesita consumir mucho menos energía para iluminar con la misma intensidad. En el dibujo se puede comparar el espectro de la luz de una bombilla de filamento y de dos bombillas led, una cool (azulada) y otra warm (amarilla).

Es conocido que las cámaras de fotos de la mayoría de los teléfonos móviles, detectan el infrarrojo cercano. Vamos a usar ese “detector” de infrarrojos que llevamos en el bolsillo.

Fig 7. Una bombilla de incandescencia emite mucho infrarrojo..

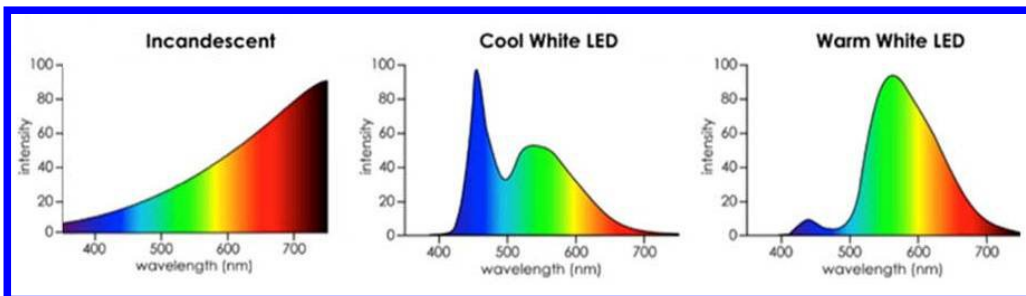


Fig 8. Una bombilla de incandescencia emite mucho más infrarrojo que una de led.

Tomemos dos casquillos, uno con una bombilla de filamento (por ejemplo una halógena) y otro con una bombilla led, las dos de similar luminosidad. Tapamos las dos bombillas con una tela oscura que no deje pasar la luz visible, y las observamos con la cámara de fotos del móvil: se ve la luz infrarroja de la bombilla de filamento, y no la de led, que no emite esa radiación (Fig 7 y 8).

Se puede hacer también en lugar de con casquillos y bombillas, con la linterna led del móvil y otra linterna con bombilla de filamento, tapando ambas con un

pañó de cocina (si se ve algo de luz a simple vista, se puede doblar el paño hasta que no veamos la luz visible. Si observamos las dos linternas tapadas, con la cámara de fotos del móvil, conseguiremos ver la emisión de infrarrojos de la linterna de filamento.

4ª Actividad: Planetario con cajas de cerillas

Para enseñar la forma de las constelaciones, puede ser útil fabricarse este pequeño aparato con el que proyectar las constelaciones en una pared o en el techo del aula. Necesitaremos dos cajas grandes (gruesas más que grandes) de cerillas. Recortamos la parte exterior de las dos cajas, y la interior de una de ellas, como se ve en la imagen. En el interior de la cajita no recortada, dibujamos una constelación, por ejemplo Casiopea. Y con un alfiler perforaremos las estrellas que la forman (Fig. 9).

Fig 9. Proyector de estrellas con cajas de cerillas.

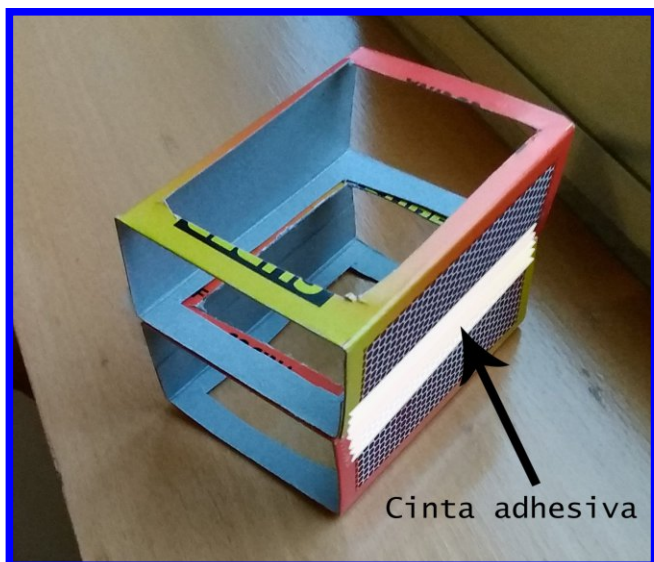


Fig 10. La linterna del móvil sirve de luz del proyector.

Pegamos las dos cajas con papel adhesivo. El motivo de que haya dos es alargar la focal de la proyección. Sujetamos con gomas las cajas a la linterna del móvil, lo encendemos y podremos proyectar la constelación en la pared de una habitación oscura (Fig. 10).

Si la linterna tiene doble bombillita, cada estrella saldrá doble. Para evitarlo hay que tapar uno de los dos focos con cinta aislante.

Podemos hacer con más cajitas toda una colección de constelaciones, y proyectarlas quitando una cajita y poniendo otra (Fig. 11). Se pueden asociar la posición de dos o tres constelaciones con varios proyectores, por ejemplo la Osa Mayor y la Menor, Orión con Tauro y las Pléyades, etc. También se puede simular el movimiento diurno de las constelaciones, etc.

En la página siguiente (Fig. 12) hay una plantilla con muchas constelaciones, que se puede fotocopiar.

Fig 11. Varias constelaciones preparadas en otras cajas.



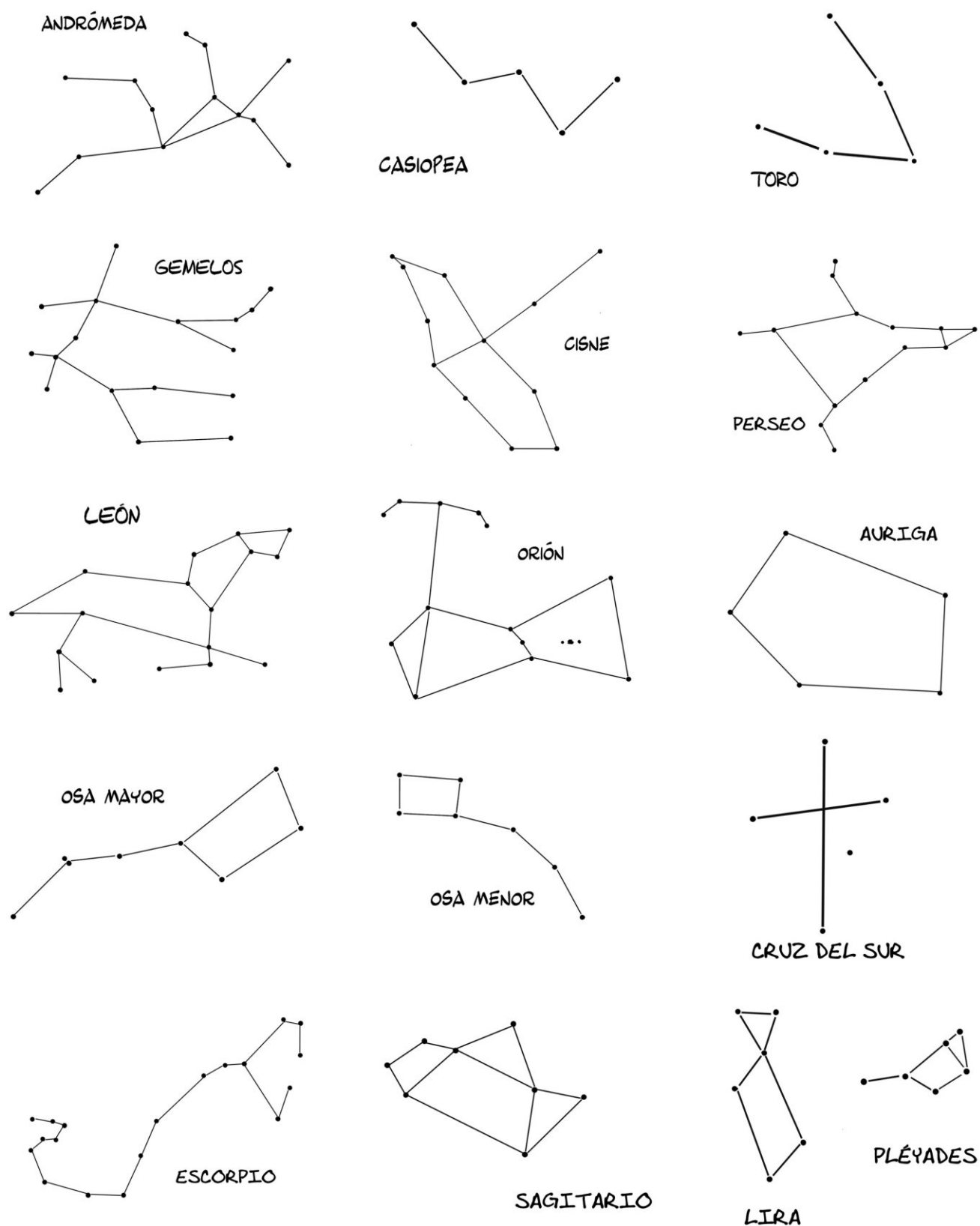


Fig 12. Plantilla de constelaciones del tamaño de las cajas de cerillas. Para recortar y perforar la caja con un alfiler.

BUSCANDO MICROMETEORITOS



Fig. 1. Recolectando micrometeoritos en una cuneta.

La propuesta de NASE del año 2023, dentro del Día Internacional de la Luz, consistió en llevar la Astrobiología a las Escuelas de muchas partes del mundo, con el apoyo de una actividad basada en la búsqueda de micrometeoritos cualquier día entre el 20 de marzo al 23 de septiembre de 2023. Se dan algunos consejos, tomados de los cursos NASE y de las instrucciones que están en su [web](#) para este proyecto IAU/UNESCO.

Micrometeoritos: material extraterrestre fácil de conseguir

Es sencillo recolectar micrometeoritos, muchas veces suspendidos en la atmósfera por mucho tiempo y que caen junto con distintos tipos de precipitación (como lluvia o nieve). Este tipo de objetos proceden directamente de la materia que dio origen al sistema solar, y por tanto tienen una edad de unos 4.500 millones de años. Lo sorprendente es que se pueden recolectar de forma sencilla.

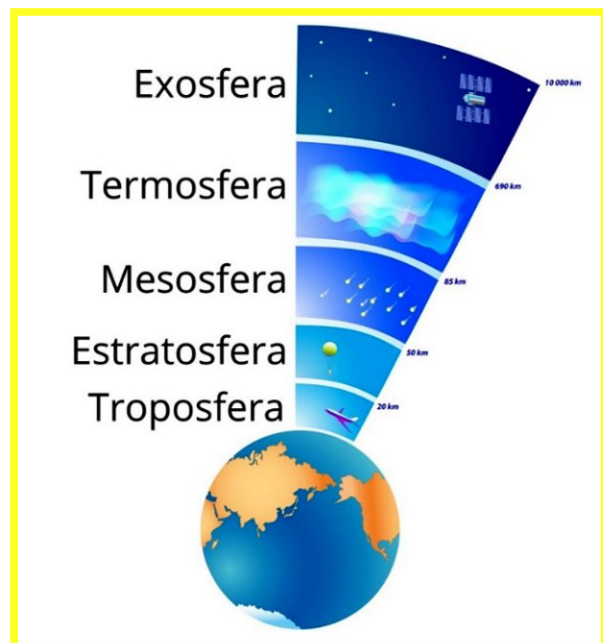


Fig. 2. Capas de la atmósfera (no a escala)

Los meteoros atraviesan la exosfera y la termosfera sin dificultad porque esas capas son poco densas. Pero cuando llegan a la mesosfera, la densidad es mayor y se produce fricción con el aire. El material se funde, a la vez que se va frenando y disipando el calor. Se vuelve a solidificar en la estratosfera y troposfera, de forma que al final presenta con frecuencia una forma esférica, a veces con estrías o pequeñas burbujas, efecto de una solidificación rápida.

Ya en la superficie de la Tierra, los que son de hierro y níquel se pueden separar de otros objetos y rocas de la superficie con ayuda de un imán. Otros materiales ferromagnéticos de origen humano, como limaduras o restos de cortes metálicos suelen ser más grandes y tiene formas con puntas, mientras que los micrometeoritos tiene un tamaño pequeño y con una característica que permite identificarlos: ¡son esféricos!

Simulación de micrometeoritos esféricos.

Para simular los micrometeoritos esféricos, podemos llenar de aceite de girasol un envase alto y cilíndrico transparente a



Fig. 3. Dejando caer gotas de agua en aceite.

modo de columna. Con una jeringuilla (Fig. 3), se dejan caer unas gotas de agua o de refresco de cola (porque así su color se ve mejor). El estado físico inicial del agua o del refresco hacen que se formen pequeñas esferas de forma inmediata, que se ven caer lentamente por la columna de aceite.

Recolección de micrometeoritos

1er método

El método más fácil y recomendado para obtener micrometeoritos, consiste en recuperar el material que se deposita continuamente en tejados, carreteras, etc. Cuando llueve, el agua los arrastra, por lo que un buen sitio para recoger micrometeoritos es en las canaletas de desagüe de los tejados y en las cunetas de las calles o carreteras (Fig. 4), una vez que están secas. Simplemente, recoge con un pincel un poco de arena que encuentres en esos sitios. Luego veremos cómo analizarlo.

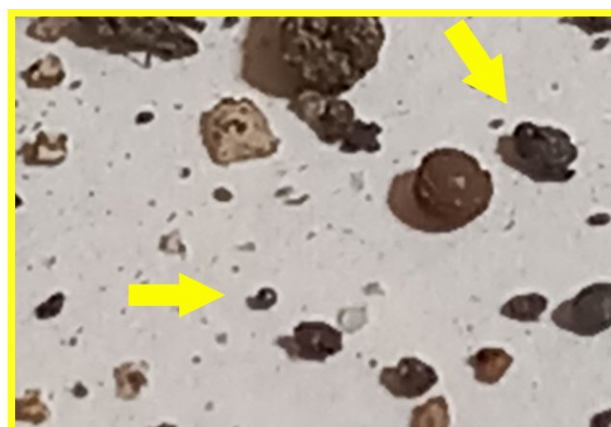


Fig. 4. Primer método: en el material de cunetas.



Fig. 5. Segundo método: con una bandeja al aire libre.

2º método

También puedes construir (Fig. 5) sencillas “trampas”. Para ello se necesita una bandeja de cocina y papel celofán transparente (o papel film de cocina).

Cubre la bandeja con el papel celofán doblando las orillas o pegando el celofán por debajo.

Fig. 6. Tercer método: con un vaso y un imán.



Fig. 7. Tercer método: paseando el "recogemeteoritos" por el patio.

Pon la bandeja un poco separada del suelo, para evitar que el polvo circundante o la presencia de animales contaminen la muestra (Fig. 5), en un lugar donde no haya mucho viento y donde nada tape el cielo. Deja esta instalación al aire libre al menos una semana. El papel empezará a verse “sucio”. Al terminar la semana, traslada todo el material acumulado sobre el papel de celofán o film a una hoja de papel.

3er método

Es posible que cada alumno prepare su propia trampa individual. Necesita un vaso de papel, una cuerda y un pequeño imán (Fig. 6).

Atamos el vaso con un hilo y metemos un pequeño imán dentro del vaso. Los estudiantes se mueven por el área del patio de la escuela con los vasos magnéticos (Fig. 7). Luego retiran el imán, y si hay partículas de hierro (posibles micrometeoritos), caerán sobre la hoja de papel blanca.

Fig. 8a, 8b y 8c. Separamos las partículas metálicas con un imán bajo el papel. Tiramos el resto.



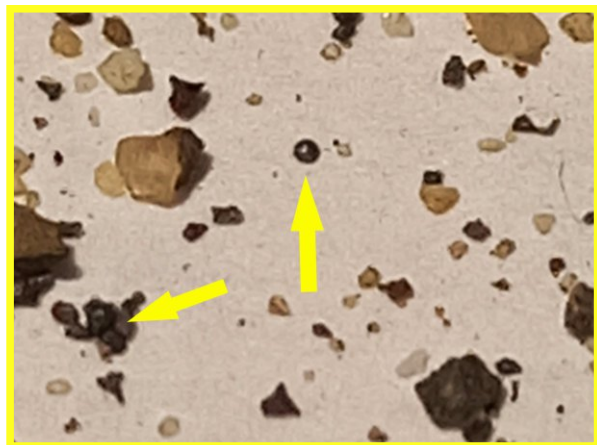


Fig. 9. Observamos con la cámara del móvil, con el máximo zoom posible. Se ven partículas esféricas.

2) Separación e identificación.

En los dos primeros métodos, hay que separar las partículas metálicas. Para ello, se pasa un imán por debajo de la hoja de papel con el material (Fig. 8a): se verá claramente como pequeñas partículas de material ferroso es atraído por el imán (Fig. 8b). Sin separar el imán, volcamos el papel, y toda la arena se caerá (Fig. 8c), excepto esas partículas finas oscuras, que quedarán atraídas por el campo magnético del imán. Da media vuelta al papel y retira el imán. Ahí puede haber posibles micrometeoritos.

En los tres métodos, miramos las partículas metálicas con la cámara del teléfono móvil, usando el máximo zoom. Los micrometeoritos tienen formas esféricas y

brillantes, como pequeñas canicas, señales de su fusión al pasar por la atmósfera (Fig. 9, 10 y 11).

Si se desea incrementar los aumentos de la cámara del móvil, es posible poner una gota de gel desinfectante (del usado durante el periodo COVID) sobre el objetivo de la cámara del móvil, que hace de lupa. Pero para verlos, no es necesario, con la cámara del móvil se distingue perfectamente si son esféricos o no.

3) Trabajo de investigación

Tras la separación e identificación de los distintos micrometeoritos en la muestra, el registro se logra mediante la adquisición de fotos con el celular, utilizando el máximo aumento posible. Esta actividad, ya es un paso importante en el marco de la propuesta, porque los participantes están verificando los conceptos compartidos al inicio de la misma.

Por otra parte, se puede completar el trabajo de investigación, tratando de clasificar los micrometeoritos por su morfología, diferenciando su forma (no todos son perfectamente esféricos, algunos están fusionados con otros, etc. y producir una “galería” de micrometeoritos detectados por el grupo que participe del proyecto.

Se propone compartir estos descubrimientos, enviando las fotografías de distintos micrometeoritos detectados, tanto indivi-

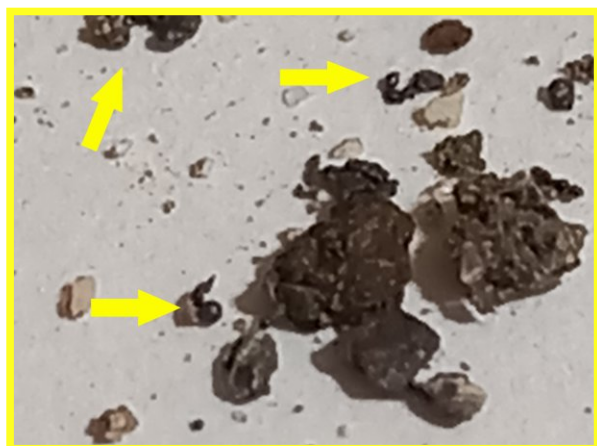


Fig. 10. Esas partículas oscuras y esféricas, como perlas, son micrometeoritos

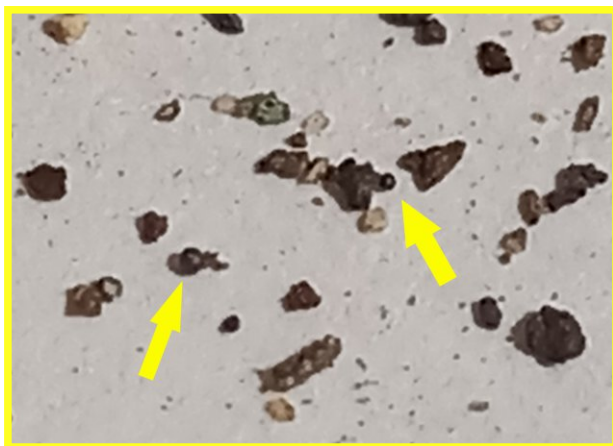


Fig. 11. Más micrometeoritos. La forma nos habla de la fusión del material metálico al atravesar la atmósfera.

duales como los que fue posible clasificar de acuerdo con su morfología.

Además de la galería de micrometeoritos obtenidos, es bueno enviar también algunas fotografías de los estudiantes realizando la recolección de los micrometeoritos.

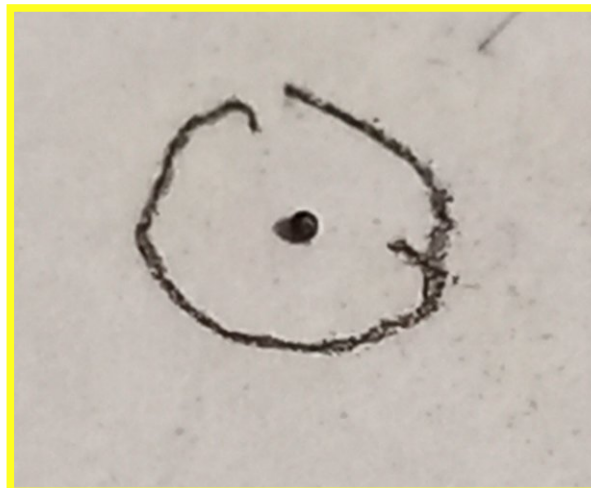
Conclusiones

Esta experiencia da la posibilidad de conseguir material extraterrestre que siempre resulta atractivo a los estudiantes. El procedimiento es sencillo y se puede conseguir un número importante de micrometeoritos en una sola intervención.

Puede ser interesante, para ampliar el conocimiento sobre el tema, motivar a los estudiantes para que investiguen si en su zona se ha encontrado algún meteorito más grande, y conocer su historia, que en ocasiones puede ser bastante curiosa, sobre todo en los casos de meteoritos encontrados hace muchos años. Si es posible bien vale la pena hacer una visita a algún museo o universidad que dispongan de algunos meteoritos en exhibición. A buen seguro que todo ello incrementará el interés por el tema.

Invitamos a investigar y discutir entre profesores y alumnos esta experiencia y a enviar los resultados y conclusiones a: newsletter.nase@gmail.com

Fig. 12. Micrometeorito, a través de la cámara del móvil.



Bibliografía

- On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Jon Larsen, Voyageur Press, Beverly, MA (USA), 2019.
- Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. R, Moreno, Editorial Rialp, Madrid (España) 2022.
- 14 pasos hacia el Universo, 2ª. Edición. Ed. Rosa M. Ros & Beatriz García, Editorial Antares, Barcelona, 2018
- <https://inta.es/descubre-y-aprende/es/3-2-1-Accion/Astronomia/micrometeoritos/>
- <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
- <https://micro-meteorites.com/>
- <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
- <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>

MIRANDO A LOS MICROMETEORITOS MÁS DE CERCA



En el artículo precedente se muestra cómo recolectar micrometeoritos con materiales al alcance de cualquiera. Nos podemos preguntar si en la escuela, en los institutos o en los colegios podemos hacer algo más. No es fácil, con los medios materiales disponibles en la enseñanza secundaria, pues se requerirían potentes microscopios. Aquí se sugieren algunas actividades con materiales no caros y software libre.

Cómo son los micrometeoritos que buscamos

Se estima que 5 Toneladas de material extraterrestre cae cada día sobre la Tierra. Son partículas muy pequeñas, de aproximadamente 0,1 mm, y su forma esférica nos habla de su viaje a través de la atmósfera. La fuerza del rozamiento con el aire es proporcional al cuadrado de la velocidad. Con

velocidades de entrada del orden de 20.000 km/h, su energía cinética se convierte rápidamente en calor, que funde el material del micrometeorito. El rozamiento lo va frenando, a menor velocidad el material se enfría y se solidifica en pequeñas esferas. Esas esferas metálicas finalmente caen lentamente, con una distribución más o menos uniforme sobre la superficie terrestre.

Una vez en el suelo, la lluvia los arrastra y se concentran en cunetas, sumideros de calles, plazas, patios o caminos. Esos lugares son los mejores para buscarlos. Con un imán se pueden separar los que son metálicos, e identificarlos con la cámara del móvil, como se explica en otro lugar.

Algunos consejos

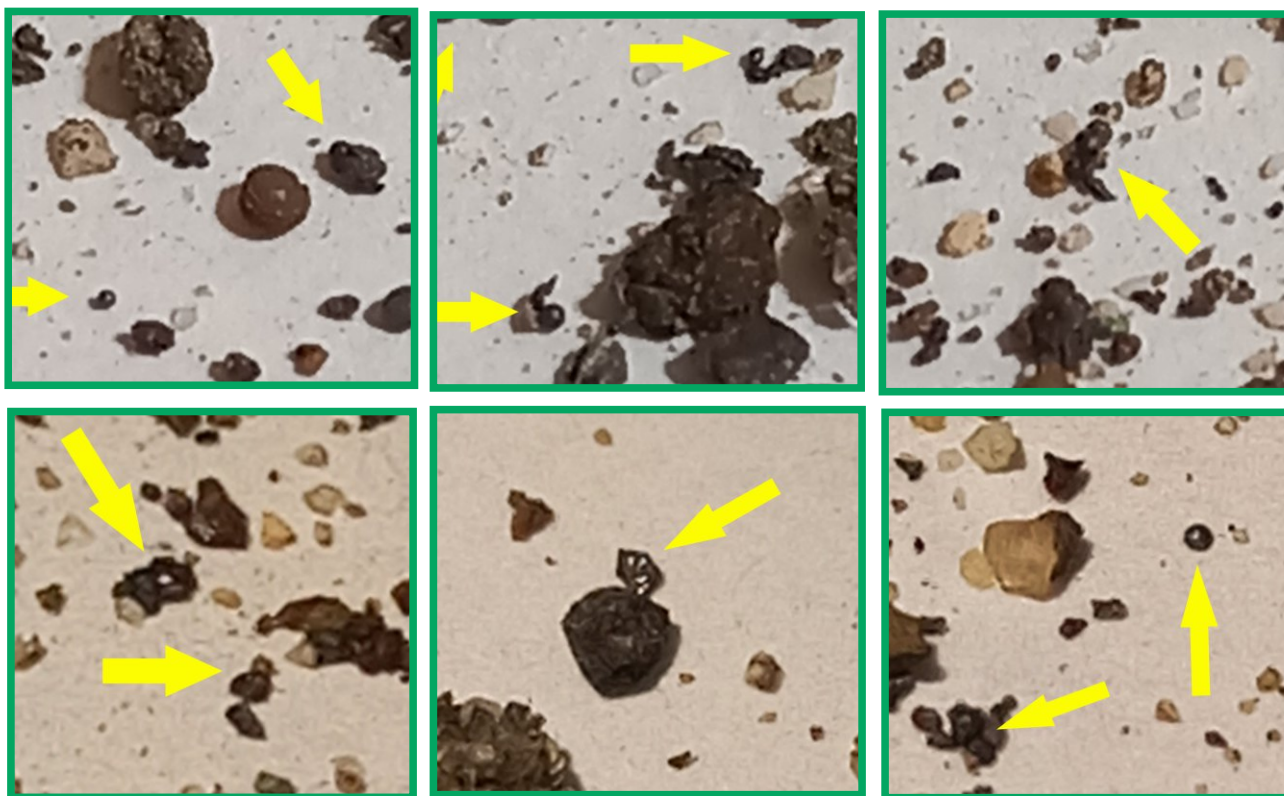
Puede ocurrir que no encontremos ningún micrometeorito. Las razones pueden ser variadas: ser una plaza pública muy barrida y limpiada con frecuencia por el hombre, haber llovido demasiado frecuentemente, lo que ha producido un lavado del suelo, puede haber una zona techada o con mucho arbolado, etc. No hay que desanimarse y escoger más material en otro lugar o en otras fechas con menos lluvias.

Una vez recogido el material, el proceso de separación magnética con un imán por debajo de un papel es lento. Hay que echar cada vez poco material, para que las pequeñas partículas metálicas se puedan desplazar con la fuerza del imán. Si hubiera

mucha arena, los posibles micrometeoritos quedarían sepultados debajo, sin poder moverse. Hay que pasar varias veces el imán por debajo, procurando ir recogiendo las partículas y llevándolas a una zona del papel sin arena. Sin quitar el imán de debajo del papel, se da la vuelta a la hoja y nos quedamos sólo con las partículas atraídas por el imán. Se separa el imán, se depositan las partículas en otra hoja y se repite la operación con más material. Cuando ya se tienen suficientes partículas, las observamos con la cámara del móvil con el máximo aumento (p.ej., 10x), para descubrir posibles micrometeoritos.

En la observación, puede ser una buena idea mantener fijo el móvil en una posición estable, e ir desplazando por debajo el papel con las partículas. Una buena iluminación también es importante, normalmente de forma muy lateral, ya que el móvil hay que acercarlo mucho y puede hacer sombra. Cambiando la dirección de la iluminación a veces se ven cosas que anteriormente no se distinguían.

Fig. 1 a 6. Ejemplos de micrometeoritos redondeados por la fricción en la atmósfera, vistos con la cámara del móvil al máximo zoom.



Lo que estamos buscando son esferas metálicas oscuras y brillantes, a veces individuales, a veces unidas a otras, formando pequeños racimos, o también incrustadas en otro material (Fig. 1 a 6). Si tuviéramos la suerte de encontrar uno más grande, podría no ser esférico, pero sí debería tener los bordes y las aristas redondeadas por la fricción.

Cómo ver más detalles

Para ver más detalles hay que acudir a microscopios con más aumentos, bien del tipo clásico, bien del tipo digital. Estos últimos se conectan al puerto USB del ordenador o del móvil, y cuestan a partir de 30 € (Fig. 7). En los dos casos, como los micrometeoritos tienen volumen, hay que ir variando la distancia del enfoque para observar la superficie del micrometeorito. Se observan más detalles (Fig. 8 y 9).

Fig. 7. Un ejemplo de Microscopio Digital USB: Bysameeye 40-1.000X, con precios a partir de 30 €.



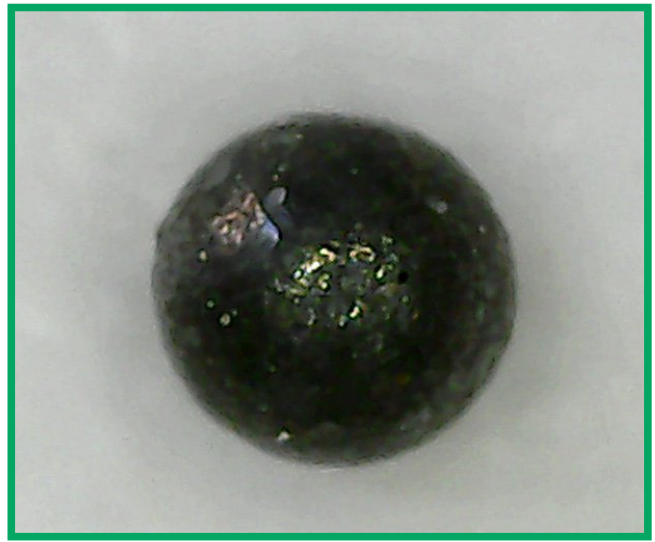


Fig 8 y 9: Micrometeoritos vistos a través de un microscopio digital.

En el mundo de fotografía astronómica con cámaras web, se usan programas de apilamiento de imágenes (p.ej, Registax, PIPP, WinJupos, etc.) que a partir de un video de un minuto, consiguen excelentes fotos de la superficie de la Luna o de los planetas. El programa descompone el video en fotogramas, los centra, selecciona los mejor enfocados y los apila. En el procesado final, se pueden conseguir detalles aparentemente invisibles en el video.

Esos programas se pueden usar para observar micrometeoritos y descubrir detalles en ellos. Con el microscopio digital se graba un video de aproximadamente 1 minuto, y si es posible variando la distancia del enfoque. Posteriormente, usando ese software de apilamiento de imágenes, se pueden descubrir más detalles, incluso estrías (Fig 10 y 11).

En la Publicación monográfica de ApEA nº 29, disponible en la web, José Manuel Pérez Redondo enseña cómo manejar el Registax.

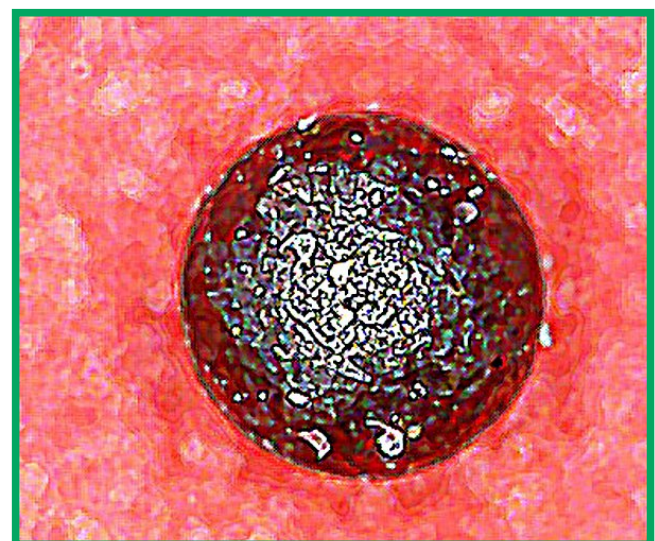
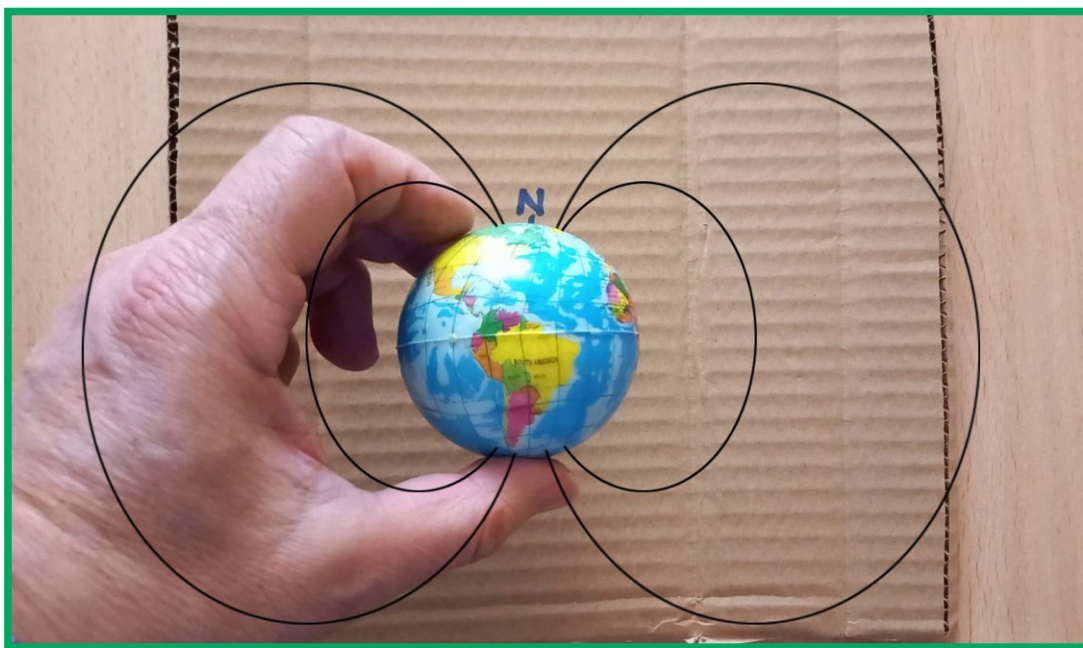


Fig. 10 y 11: Imágenes de dos micrometeoritos a partir de un video, tras el procesamiento con el programa Registax de apilamiento de imágenes.

¿CÓMO DE FUERTE ES EL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE?



El hombre no supo que existía el campo magnético terrestre hasta que descubrió la brújula. Todavía hoy, si le preguntamos a cualquier persona cómo puede detectarlo fácilmente en su casa, sin un aparato medidor de campo magnético, probablemente nos hablará solo de la brújula. Y la idea que nos transmite este artilugio es que el campo magnético terrestre debe ser muy débil, ya que necesitamos algo muy sensible, como es una aguja muy ligera, apoyada en un punto en tembloroso equilibrio para que haya el menor rozamiento posible, y encerrada en una cajita para protegerla del viento. Y la realidad es que no es así, como veremos en este artículo.

¿PUEDE MOVER EL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE OBJETOS PESADOS?

Un día pensé si el campo magnético terrestre podría mover objetos más pesados que la ligera aguja de la brújula. Estaría muy bien experimentar que estamos inmersos en el campo magnético que influye y mueve cosas a nuestro alrededor.

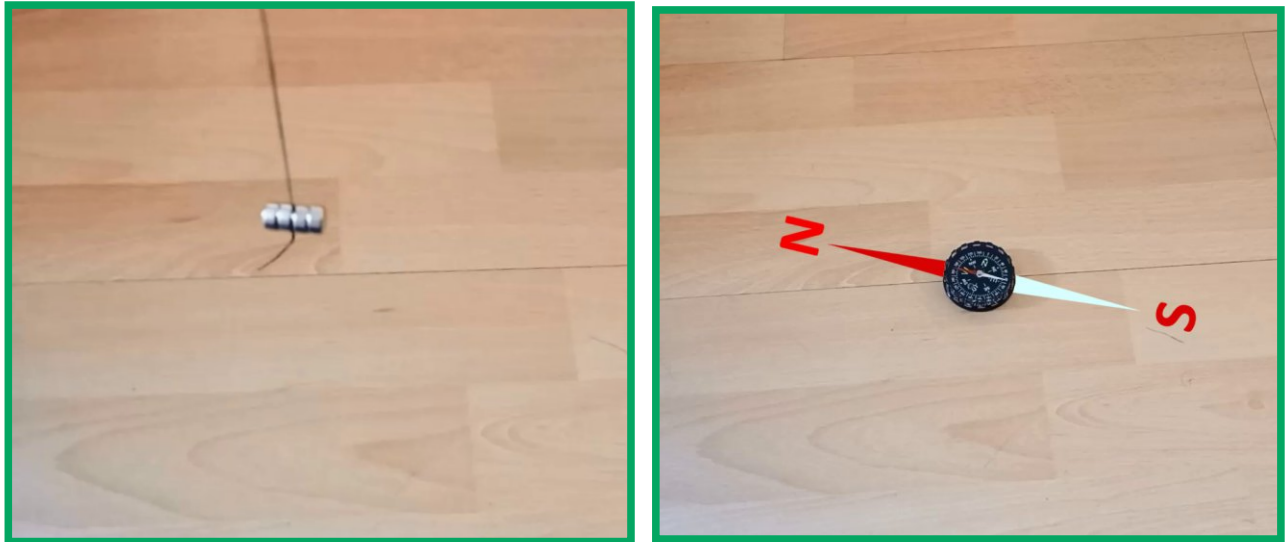


Fig. 1. Conjunto de 4 imanes pequeños de neodimio, colgados de un hilo, quedan atrapados en las líneas del campo magnético terrestre, y no giran aunque nosotros giremos el hilo del que cuelgan.

En un Taller de ApEA ví cómo un grupo de 4 pequeños imanes de neodimio circulares, colgados de un hilo, quedaban atrapados en las líneas magnéticas terrestres y no giraban aunque yo girara el hilo (Fig. 1). Me resultó sorprendente. Desde luego, el campo magnético terrestre movía algo más pesado que la aguja de la brújula.

Otro día, trabajando en mi mesa con un imán circular más grande, del tamaño de una moneda de euro, observé con sorpresa que, al ponerlo de canto, si se ponía en cualquier posición, se giraba sólo hasta orientarse con las caras en dirección N-S (Fig. 2). Como el rozamiento en el apoyo con la mesa es pequeño, el campo magnético terrestre conseguía moverlo. De hecho, si lo haces rodar sobre la mesa o en el suelo, en una dirección cualquiera, no va en línea recta, la trayectoria cambia enseguida hasta moverse en dirección E-O, para alinear sus caras N-S con el campo magnético terrestre.

Eso ocurre tanto con imanes circulares de ferrita como con los de neodimio. Si son muy finos, conviene hacerlo con 2 imanes juntos.

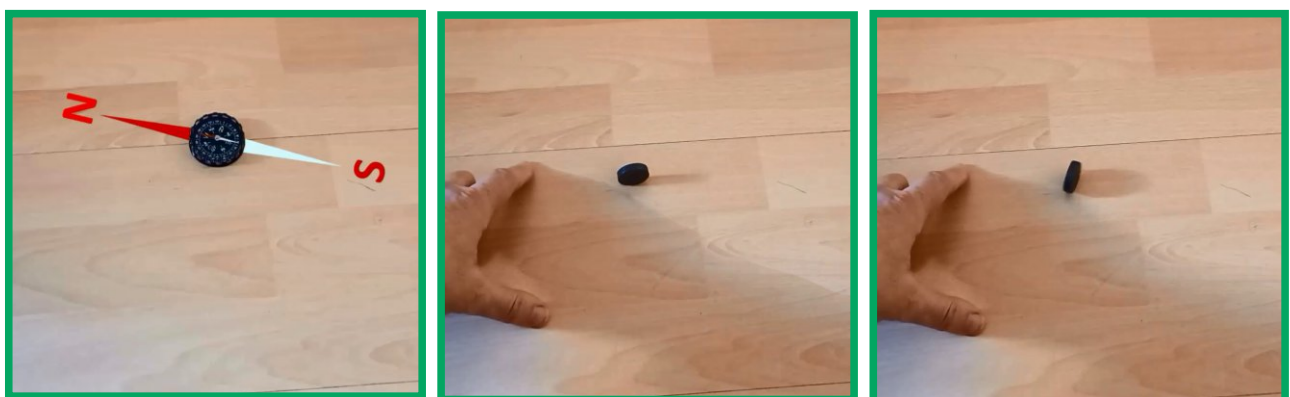


Fig. 2. Un imán de canto se gira espontáneamente, hasta alinear sus caras con la dirección N-S del campo magnético terrestre.

MODELO DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

Primero podemos hacer un modelo del campo que tiene la Tierra. Lo ideal sería un imán esférico, pero no los hay en los proveedores habituales. Tendremos que hacerlo entonces con un imán cilíndrico formado a su vez de varios imanes más pequeños (Fig. 3). Lo situamos dentro de una esfera de plástico, de las que se venden en los bazares. Para que no se mueva el imán, y para que se parezca más a la Tierra, podemos poner dentro una servilleta de papel arrugada, envolviendo al imán.

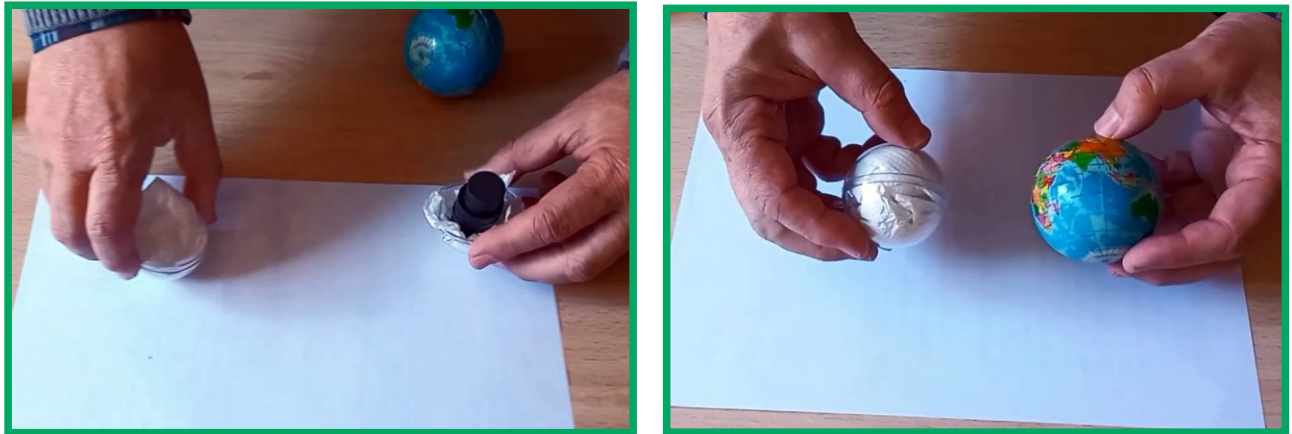


Fig. 3. Imán cilíndrico, envuelto en un papel, dentro de la esfera de plástico, como modelo del campo magnético terrestre.

Con la ayuda de una brújula, podemos recorrer los alrededores, y veremos cómo la aguja siempre es tangente a las llamadas líneas de campo (Fig. 4).

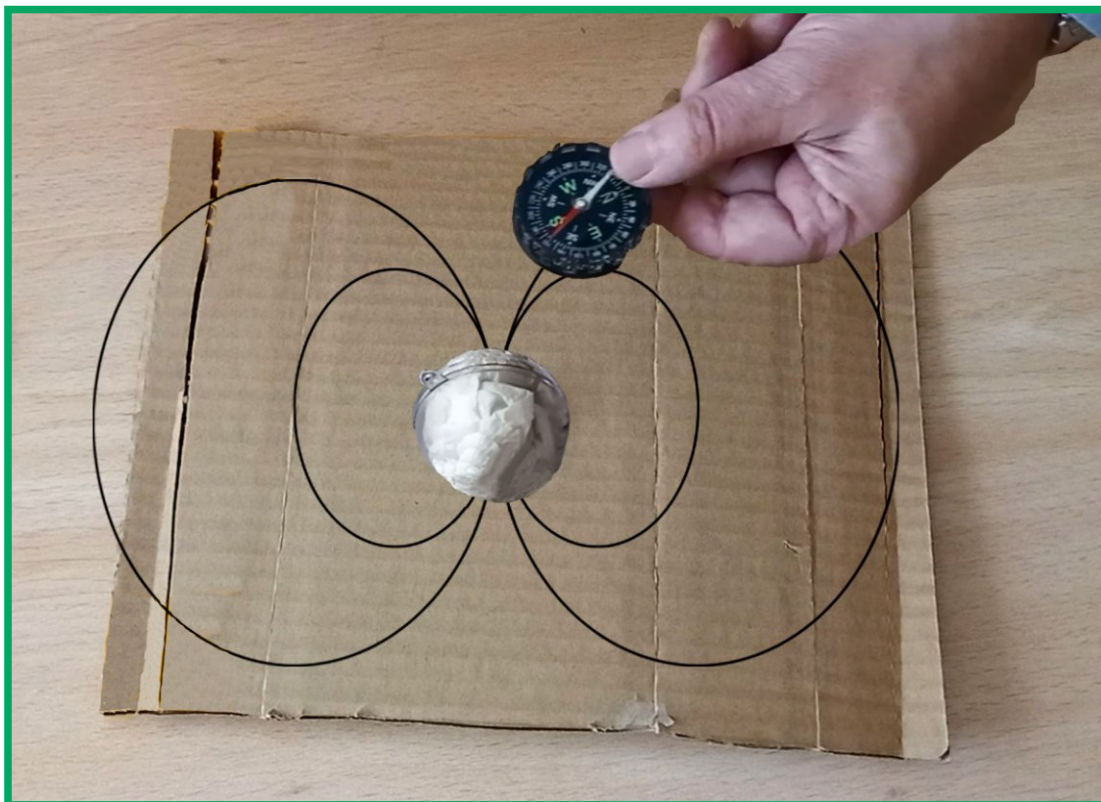


Fig. 4. Recorriendo las líneas de campo con una brújula.

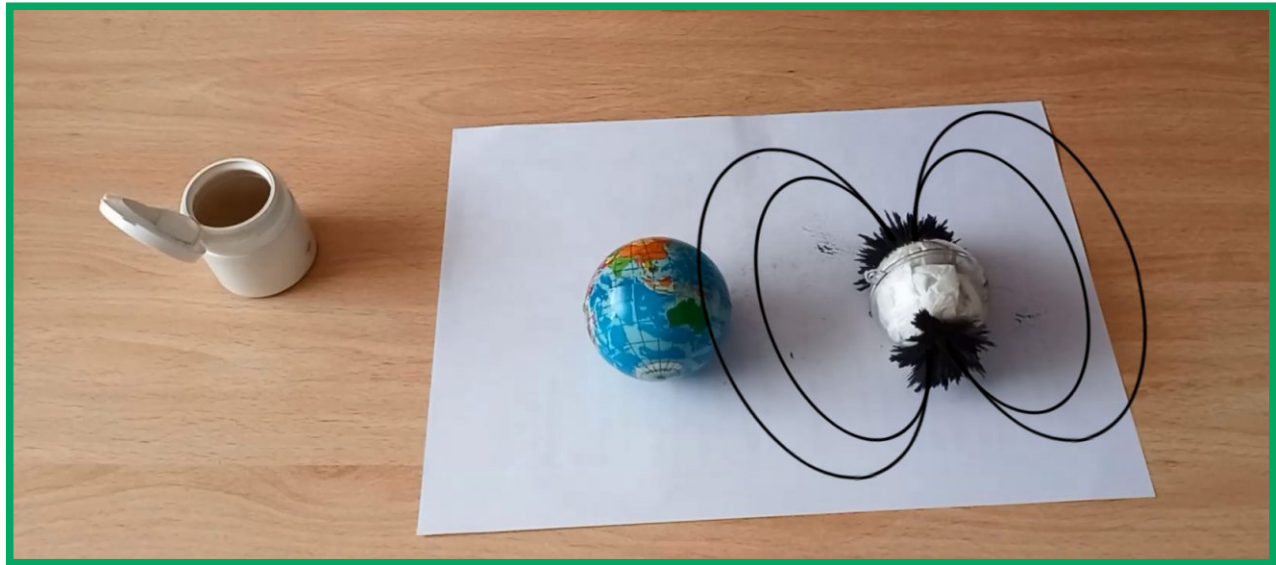


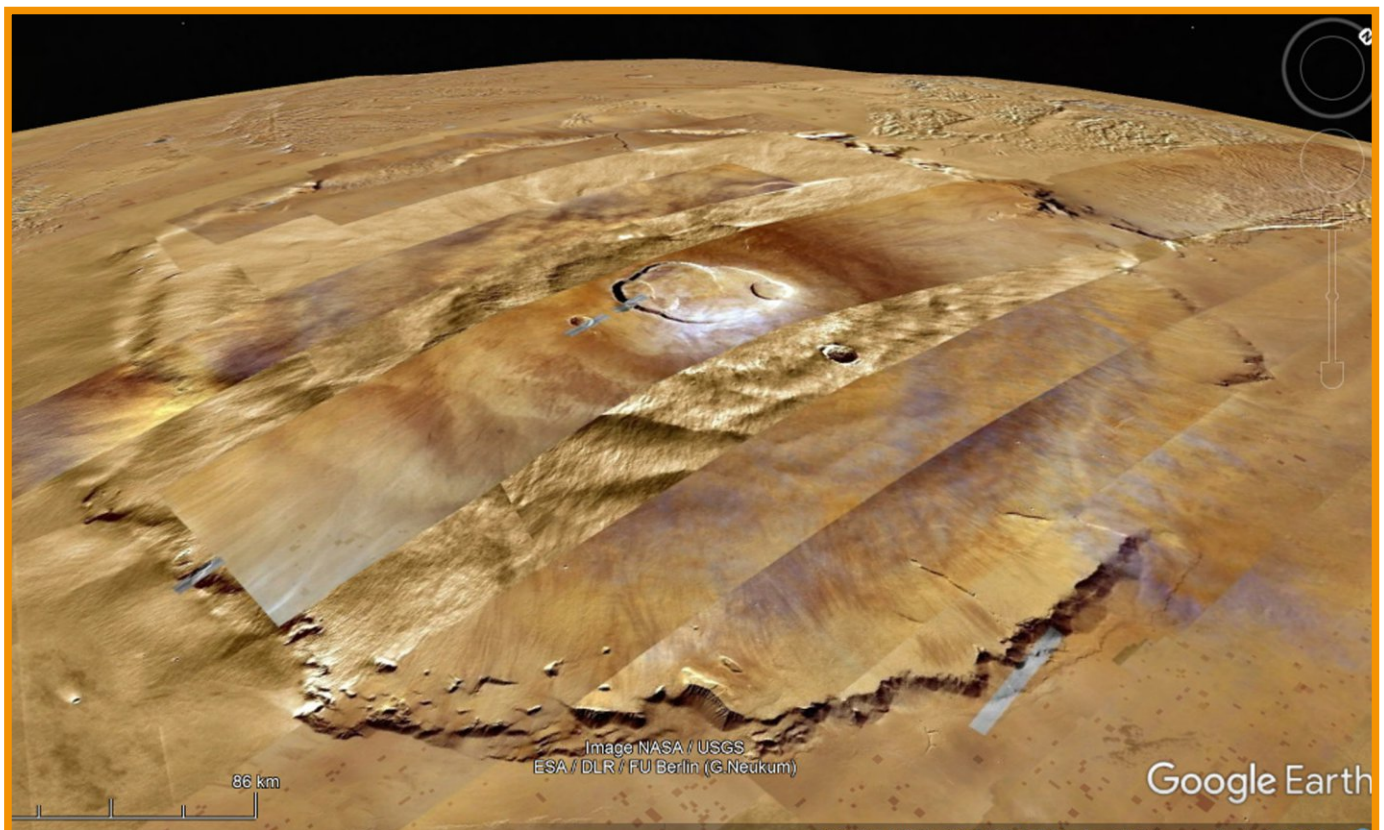
Fig. 5. Usando limaduras de hierro, se visualizan especialmente los polos, donde se forman las auroras.

También podemos usar limaduras de hierro, que se concentrarán en los polos, visualizando de alguna forma las auroras polares (Fig. 5). Pero debemos tener cuidado para que las limaduras nunca entren en contacto directamente con los imanes, pues es casi imposible despegarlas después.

CONCLUSIÓN

El campo magnético terrestre en la superficie terrestre tiene un valor que varía según la posición en la que estemos, entre 25 y 65 μT (microteslas). ¿Es mucho o es poco? Depende de con qué lo comparemos, pero desde luego es más fuerte de lo que nos puede parecer al observar una brújula, que nos parece tan sensible. Lo que realmente es muy débil es el campo magnético de la aguja de la brújula. Si trabajamos con imanes más potentes, como hemos hecho en este artículo, el campo magnético terrestre les puede afectar lo suficiente como para influir en su movimiento.

EXPLORANDO MARTE DESDE CASA



Marte está de moda, y hay un puñado de naves recorriendo su superficie. El 18 de febrero de 2021 llegó el Perseverance (Percy le llaman familiarmente en la NASA), con el pequeño helicóptero Ingenuity.

Los astronautas que pisarán su superficie por primera vez tienen ahora aproximadamente la edad de nuestros alumnos, así que no les vendría mal ir conociendo su superficie, para estar preparados.

INTRODUCCIÓN

Es conocido el programa Google Earth, que nos permite explorar nuestro planeta usando fotos aéreas tomadas desde satélites. Podemos acercarnos, alejarnos y navegar como si fuéramos en un avión. Si usamos la versión Pro, que a pesar de su nombre, es de descarga

gratuita, tendremos la posibilidad de elegir la Luna o Marte en lugar de la Tierra, y usa las fotos que tiene la NASA de esos cuerpos, en algunas zonas con gran detalle. Vamos a llamar a esta opción GEM (Google Earth Mars). Se puede activar el relieve, y “viajar” como si fuéramos en una nave, por todo el planeta, usando los botones y la rueda del ratón, o los

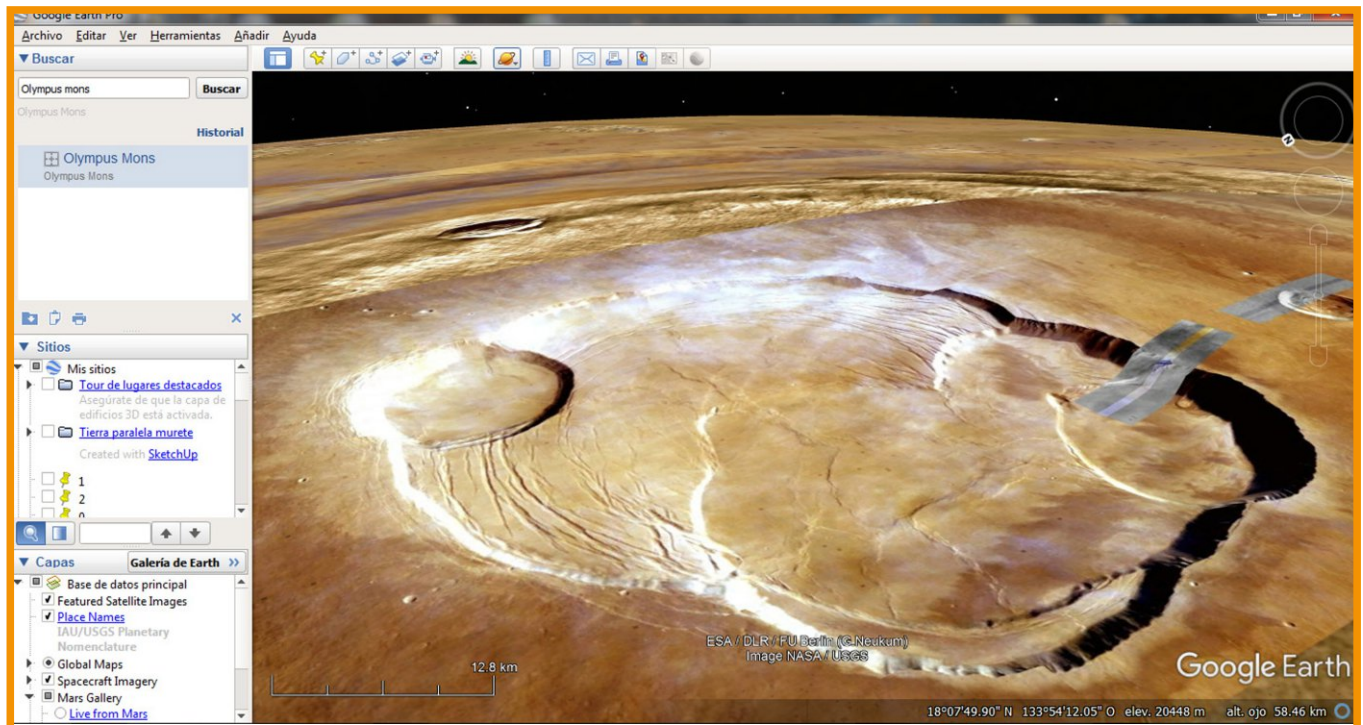


Fig. 1 Caldera del Olympus Mons

controles que aparecen a la derecha de la pantalla. Incluso se pueden generar videos con los viajes y vistas que se hayan preparado previamente. Incluye una herramienta llamada “regla”, para medir longitudes y tamaños, que puede ser interesante.

Recomendamos primero aprender a navegar, acercarse y jugar con las perspectivas. Visitar el Monte Olimpo o el Valle Marineris merece la pena. Son espectaculares las fotografías en alta definición, que aparecen como rectángulos grises. Acercarse y ver esas zonas en perspectiva, con el relieve, es impresionante.

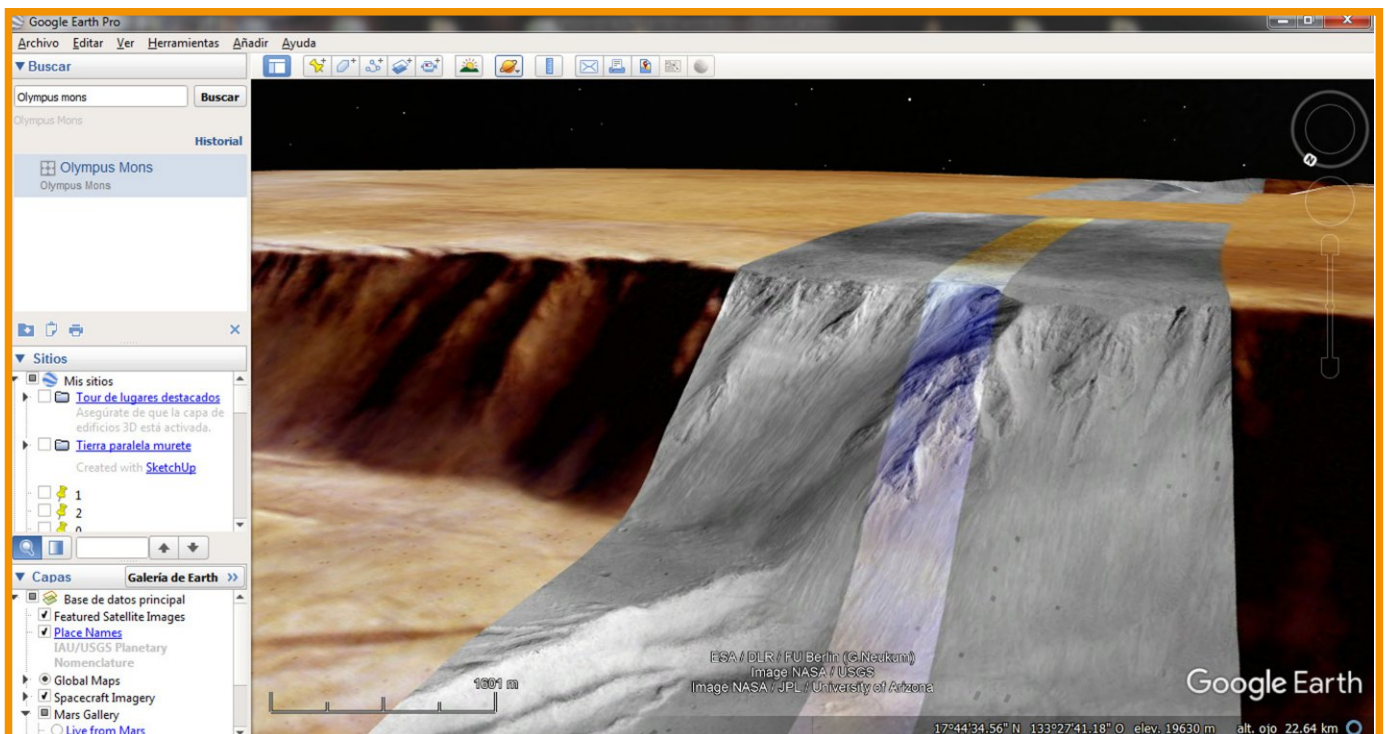


Fig. 2 Las zonas grises son imágenes con gran definición.

En el menú Herramientas>Opciones, se pueden ajustar muchas cosas: la cantidad de memoria caché que se va a usar (cuanto más memoria, más rápido), la velocidad de la rueda de ratón, del vuelo entre escenas, la calidad de los gráficos, etc.

Una vez que tenemos cierta soltura en la navegación, vamos a ver algunas actividades didácticas que pueden hacer los alumnos desde casa.

ACTIVIDAD 1: MEDIR ALTURAS DE CRÁTERES Y VALLES

En la parte inferior derecha de la pantalla se indica la elevación del punto de la superficie de Marte donde está el cursor (Fig. 3). Como no

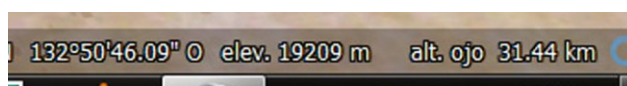


Fig 3. La elevación es la del punto donde está el cursor

hay nivel del mar en Marte, el Datum marciano o nivel 0 de referencia se ha establecido por convenio, pero no nos influye en la actividad. Esta información nos sirve por ejemplo para comparar la elevación del Monte Olimpo (20.000 m) sobre el terreno que lo circunda (2.000 m), o la elevación del fondo del valle Marineris (-4.700 m) respecto a la elevación del terreno de sus bordes (4.600m), lo que resulta una profundidad de más de 9.000 m (Fig. 4).

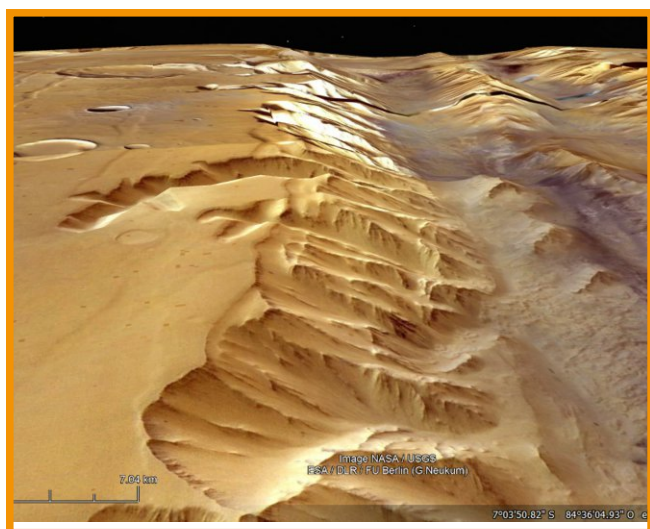


Fig 4. Se pueden calcular alturas y profundidades de los terrenos

Así se pueden estudiar alturas de cráteres, posibles flujos de la antigua agua marciana (de zonas más altas a territorios más profundos), etc.

ACTIVIDAD 2. MEDIDAS Y LINEAS DE CORTE

GEM tiene una herramienta de “regla”, que dibuja una línea sobre el terreno, con información de su longitud. Puede servir para medir anchuras de cráteres, anchuras de valles, etc. (Fig. 5). Como la línea se adapta bastante al terreno, puede servir también como línea de corte para visualizar el relieve (Fig. 6 y 7).

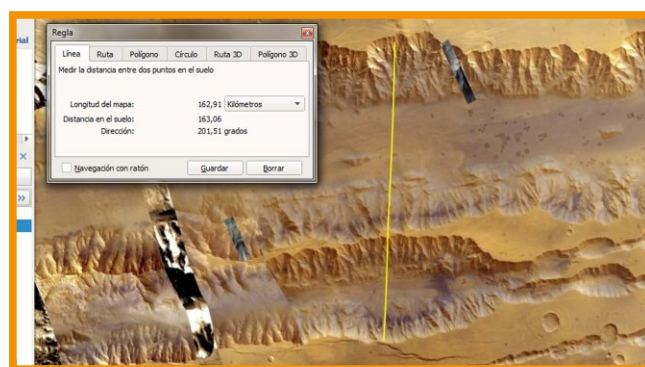


Fig 5. Midiendo la anchura del valle con la herramienta regla

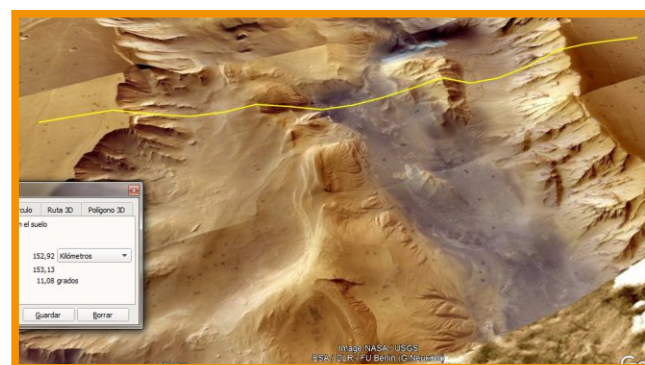


Fig 6. Usando la regla para hacer un corte topográfico con la herramienta regla.



Fig 7. Corte topográfico de un cráter.

Albedo	Zona extensa que presenta un contraste de sombra o brillo con las zonas de su alrededor.
Catena	Cadena de cráteres a lo largo de la superficie de un cuerpo celeste.
Cavus	Depresión hueca o irregular en la superficie de un planeta.
Chaos	Áreas perfectamente delimitadas cuya superficie es escarpada,
Chasma	Depresión caracterizada por empinadas paredes con profundidad y longitud.
Collis	Colección de pequeñas colinas.
Cráter	Depresión circular que deja un meteorito cuando impacta en la superficie de un planeta.
Dorsum	Cresta, a veces llamada cresta arrugada.
Fluctus	Terreno cubierto por materiales que arroja un volcán.
Fossa	Depresión poco profunda, larga y estrecha.
Labes	Escombros de deslizamiento.
Labyrinthus	Complejo de intersección, el cual está presente en valles, cordilleras o crestas.
Lingula	Extensión de una meseta con límites redondeados.
Macula	Mancha oscura que puede ser irregular.
Mensa	Una prominencia coronada plana con bordes acantilados.
Mons	Montaña.
Palus	Pequeña llanura.
Patera	Cráter irregular o complejo de bordes ondulados.
Planitia	Llanura baja.
Planum	Meseta.
Rupes	Escarpes.
Scopulus	Escarpe irregular.
Serpens	Risco.
Sulcus	Surcos y crestas subparalelas.
Terra	Extensa masa de tierra.
Tholus	Colina.
Unda	Mar de dunas.
Vallis	Valle.
Vastitas	Llanura grande.

Formas geológicas y accidentes en Marte (se usan en latín)

Formas de Albedo	Nombres de la mitología clásica asignados por Schiaparelli y Antoniadi
Cráteres grandes >50 km	Nombres de científicos, especialmente aquellos que han contribuido significativamente al estudio de Marte; escritores y otros que han contribuido a la tradición de Marte
Cráteres pequeños <50 km	Pequeños pueblos y aldeas del mundo con poblaciones de menos de 100.000 habitantes. Esta categoría es simplemente una gran fuente de nombres de cráteres. No se pretende conmemorar ciudades o pueblos específicos.
Valles grandes	Nombre de Marte en varios idiomas
Valles pequeños	Nombres clásicos o modernos de ríos.
Formas más pequeñas dentro de una forma con nombre, más grande	Se suspenderá la convención de nomenclatura normal y, en su lugar, se elegirán sus nombres de modo que tengan una relación nemotécnica con el nombre de la forma más grande, seguido del término descriptor apropiado (cráter, cavus, patera, etc.).
Otras formas	De una característica de albedo cercana con nombre en los mapas de Schiaparelli o Antoniadi. Si no hay disponible un nombre de forma del albedo cercano, entonces de un cráter cercano con nombre.

Criterios que utiliza la IAU para nombrar los accidentes geológicos en Marte.

ACTIVIDAD 3. COORDENADAS Y NOMBRES

En la parte inferior derecha de la pantalla, además de la elevación, se muestran las coordenadas del punto donde está el cursor. En este ejemplo, la posición del cursor corresponde a 18° N, $132^{\circ}50'$ O.



Fig 8. Coordenadas donde está el cursor .

En el buscador de GEM (arriba a la izquierda) se puede buscar una posición por coordenadas, p. ej. (10, 20) significa el punto 10° N y 20° E; y (-10, -20) significa 10° S y 20° O. En este último caso, daría el mismo punto que (-10, 340)= 10° S y 340° E.

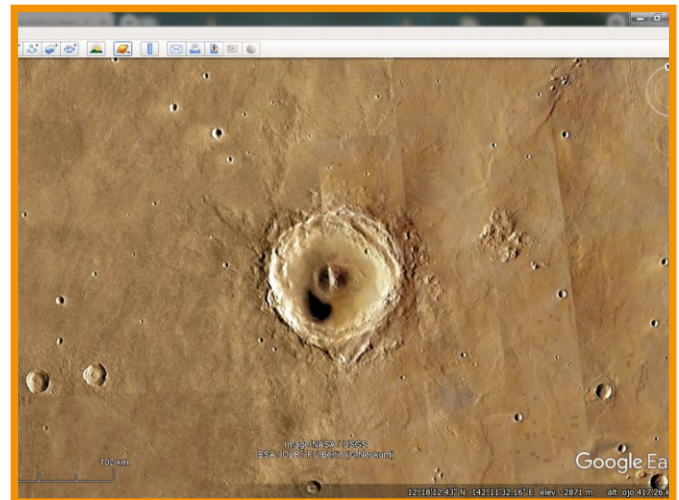
Por otra parte, la NASA tiene un excelente mapa de todo Marte, el mapa “1:5 millon-scale THEMIS Images” que se puede ver en:

<https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/mars1to5mTHEMIS>

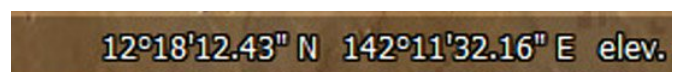
Un ejercicio de utilización de coordenadas geográficas es intentar hallar cómo se llama un cráter o accidente, que aparece sin nombre en GEM. Para ello, se miran las coordenadas del cráter en el GEM (abajo a la derecha de la pantalla), y lo buscas en el mapa de la NASA, como se describe a continuación.

Según las coordenadas del cráter, hay que descargar la parte adecuada del mapa de la NASA, que se llaman MC-1... hasta MC-30 (Fig 9).

Una vez descargado, se sitúan las coordenadas del GEM en el mapa. Por ejemplo, queremos saber el nombre de este cráter mostrado en GEM:

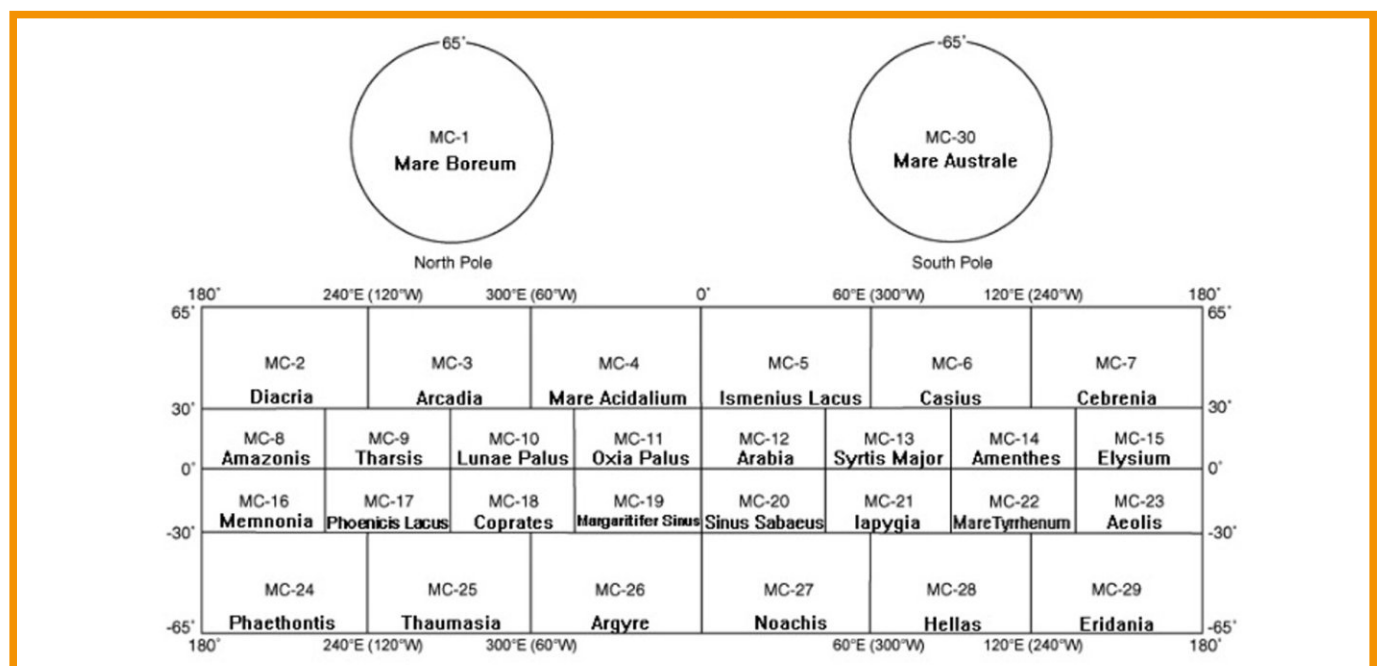


Colocando el cursor encima, las coordenadas que se ven abajo a la derecha son:



Vamos al plano de la NASA. Esas coordenadas están en la zona MC-15, hacemos clic en ese mapa, y buscamos las coordenadas: 142° E y 12° N (Fig. 10). Vemos que se trata del cráter Eddie.

Fig 9. Partes del Mapa de la NASA, según las coordenadas.



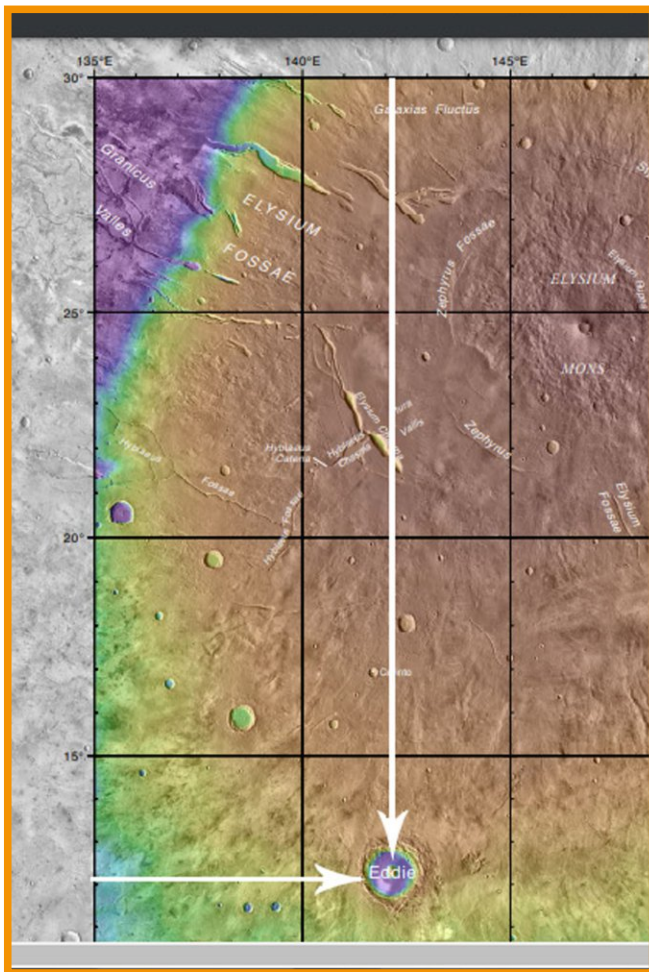


Fig. 10. Las coordenadas 12° N, 142° E son del cráter Eddie

Otro ejemplo. En GEM vemos este extraño cráter doble, de forma hexagonal y con un mar de dunas en su interior (Fig. 11).



Fig. 11. ¿Cómo se llama este cráter?

El rectángulo gris es una fotografía con especial resolución, que podremos explorar con gran detalle (Fig. 12).

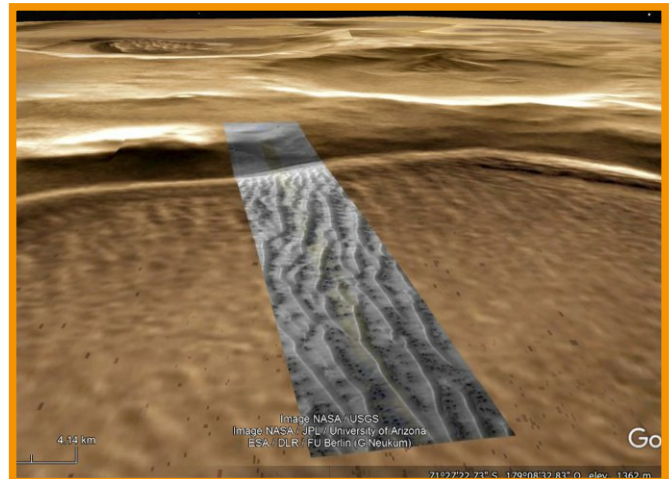


Fig. 12. La zona gris tiene más detalle.

Pero, ¿cómo se llama el cráter? Sus coordenadas son:

72°25'30.54" S 179°57'13.89" E elev. 1308 m

En el mapa de la NASA, esas coordenadas corresponden a la zona del polo sur MC-30. Lo descargamos y buscamos esas coordenadas. Vemos que se trata del cráter Richardson (Fig. 13).

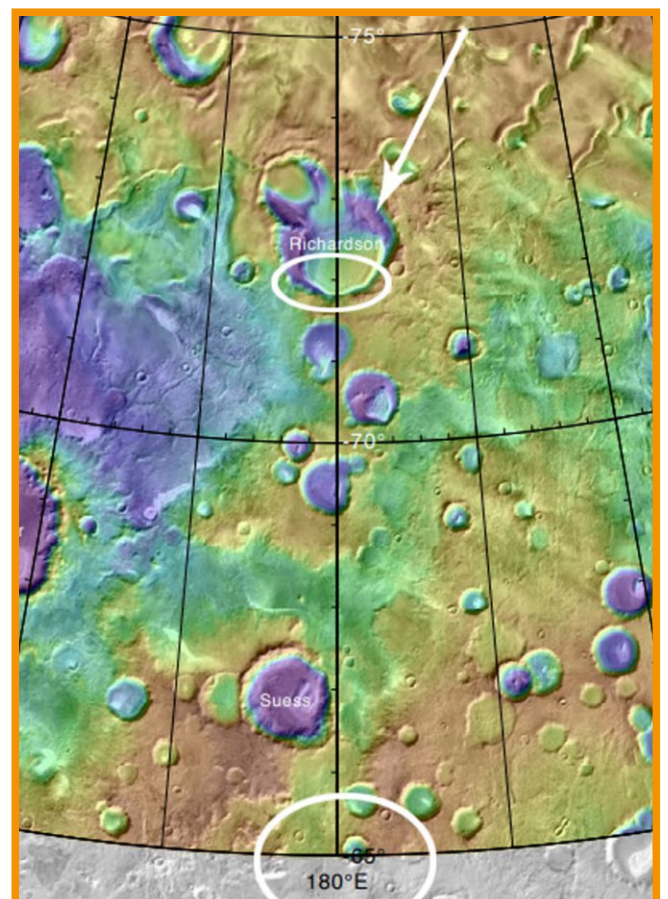
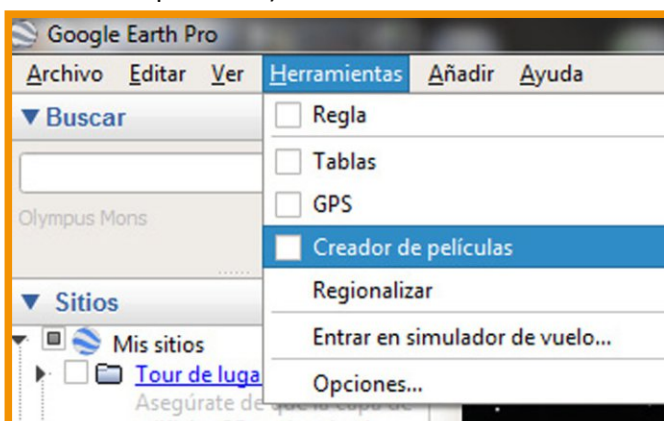


Fig. 13. Las coordenadas 72° S, 180° E son del cráter Richardson.

ACTIVIDAD 4: GRABACIÓN DE VIDEOS

Para grabar el video de un hipotético viaje de exploración por una zona de Marte, se activa el icono  y aparece el típico botón rojo de grabación. Se da a ese botón y a partir de ese momento se guardará el viaje que hagamos, hasta que volvamos a dar al botón grabar. En el menú del reproductor  hay un botón para guardar el itinerario con un nombre, p.ej. viaje1. Eso guarda las referencias del viaje, pero NO guarda el video. Para generar el video, cerramos el menú de guardar el itinerario y desde el menú principal>Herramientas, activamos el “Creador de películas” (si no se ha cerrado el menú de guardar el itinerario, no se activa el Creador de películas).



En el menú que aparece a continuación, hay que indicar que grabamos desde un viaje guardado, e indicamos cómo se llama ese viaje (en nuestro caso, viaje1). Se puede elegir la calidad, el tipo de archivo, etc. Y se crea el fichero de la película, en la ubicación elegida.

Con un poco de práctica, os aseguro muy buenos ratos descubriendo Marte con Google Earth Mars (GEM).

Referencias bibliográficas

- Webs de la IAU:

<https://planetarynames.wr.usgs.gov/DescriptorTerms>

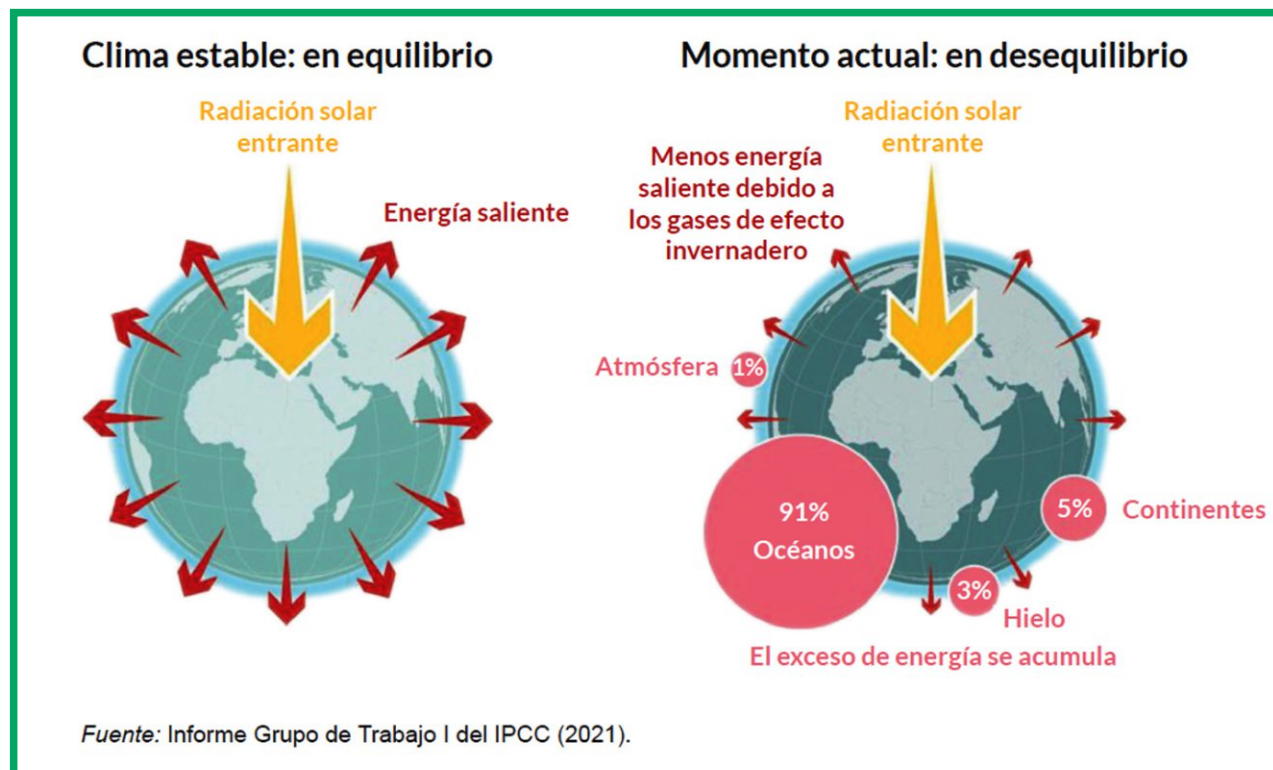
<https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/Categories>

<https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/mars1to5mTHEMIS>

- Programa Google Earth Pro

<https://earth.google.es/>

MODELO ESCOLAR DEL EFECTO INVERNADERO



La radiación que nos llega del Sol atraviesa sin mucho problema la atmósfera, llega al suelo y lo calienta, emitiendo radiación infrarroja. La atmósfera es opaca a las longitudes de onda del infrarrojo, y buena parte del calor queda atrapado. Es el llamado efecto invernadero. Si aumenta por los gases de efecto invernadero, la Tierra recibe más energía de la que emite, y se va almacenando en océanos, hielos, continentes y atmósfera, cada vez más calientes.

GASES DE EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero natural es beneficioso para la vida; sin él, la temperatura de equilibrio de la Tierra sería muy fría, de unos -18°C . Gracias a él, la temperatura media de la superficie terrestre es templada, con unos 15°C de media, y hace posible la vida como la conocemos.

Este efecto se potencia con las nubes y los llamados gases de efecto invernadero contenidos en la atmósfera, como el vapor de agua, el CO_2 , el metano CH_4 , etc., que absorben y vuelven a emitir la radiación infrarroja.

Algunas actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la defores-

tación, han hecho que esté aumentando cada año la concentración de esos gases en la atmósfera. Por ejemplo, según los informes del IPCC ^{[1],[2]}, desde la época preindustrial hasta nuestros días, las concentraciones de CO₂ (en partes por millón), CH₄ (en partes por mil millones) y N₂O (también en partes por mil millones), han sido:

Año	CO ₂ (ppm)	CH ₄ (ppmm)	N ₂ O (ppmm)
1750	≈280	≈700	≈270
1998	365	1745	314
2019	410	1866	332

Eso hace que la temperatura de la atmósfera, de los océanos, etc., esté aumentando, y se produzca el perjudicial calentamiento global.

Un caso extremo lo vemos en Venus, con una permanente capa de nubes, una atmósfera llena de CO₂ y una temperatura infernal de unos 400° C.

Este tema se puede tratar de forma transversal en varias asignaturas, en los últimos cursos de la enseñanza primaria y en secundaria. ¿Es posible hacer un modelo escolar, fácilmente realizable con los alumnos, en el que se visualice el efecto invernadero? Aquí propongo uno, y un análisis de los datos obtenidos.

CONSTRUCCIÓN

Necesitamos cuatro botellas grandes de plástico, tierra oscura y unos termómetros.

Agujereamos los tapones de las cuatro botellas, y ponemos un termómetro en cada uno. Conviene sellar lo mejor posible la unión con plastilina, para aislar el contenido. En las cuatro botellas echamos una cantidad similar

de tierra oscura, p. ej., la que se vende para decoración. La tierra vegetal para macetas es demasiado húmeda.

Una de las botellas la cortamos longitudinalmente (Fig 1), y nos quedamos con la mitad que contenga la parte del tapón. En posición horizontal, echamos tierra: simulará el planeta sin atmósfera (ver la Fig. 5).

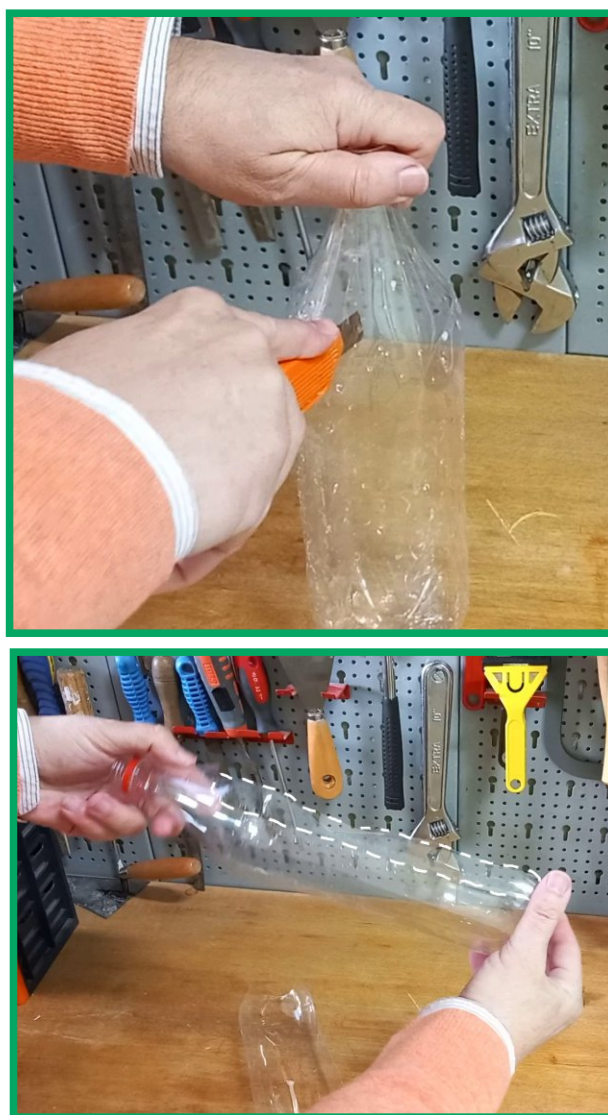


Fig. 1. Cortamos una botella a lo largo. Cuando echemos tierra, simulará el planeta sin atmósfera.

En otra botella ponemos un poco de tierra oscura y la cerramos con el tapón, que tiene también un termómetro incorporado. Simulará el planeta con atmósfera (ver Fig. 5).

[1] http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit_2004_sp.pdf, pg 62.

[2] 6º informe del IPCC de 2021, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf

Hacemos lo mismo en una tercera botella, pero antes de cerrarla, introducimos con un pulverizador un poco de agua. Con el calor se evaporará, y reproducirá una atmósfera con más vapor de agua.

En la cuarta botella introduciremos CO_2 , para ver cómo afecta este gas al efecto invernadero. Veamos cómo obtener fácilmente CO_2 y cómo manipularlo sin problemas.

OBTENCIÓN DEL CO_2

Este gas es transparente y más pesado que el aire. Su densidad en condiciones normales es 1,4 veces la del aire. No es venenoso (lo inhalamos y espiramos en cada respiración), pero, al desplazar el oxígeno, puede apagar el fuego, y se usa en algunos extintores. Por otra parte, se diluye en muchas bebidas (refrescos, vinos espumosos), cuyas burbujas son de CO_2 .

Tomamos una botella grande de refresco. Al abrirla por primera vez, se forman burbujas que son de CO_2 . Su gas llena el poco espacio libre que queda en la botella. Para comprobarlo, vertemos un poco de ese gas sobre la llama de una vela. Aunque el gas es transparente, al ser más pesado que el aire, podemos imaginárnoslo como un líquido que cae hacia abajo, y vemos que la llama se apaga (Fig. 2). Vamos bien.



Fig. 2. El CO_2 , más pesado que el aire, apaga la vela.

Vaciamos el líquido de la botella hasta la mitad. Echamos un poco de sal o de azúcar (basta media cucharilla de café), y se forma una gran cantidad de espuma (Fig. 3), que rebosa la botella, expulsando todo el aire que había en su interior. Al poco tiempo, las burbujas van explotando, y la espuma se deshace, dejando el interior de la botella lleno de CO_2 , que no sale porque es más pesado que el aire.

Vertemos despacio ese CO_2 en la cuarta botella preparada. Hace falta un embudo, y es importante que no tape la salida del aire que hay en el interior de la botella. Para ello podemos poner junto al embudo una pajita, una cuña o algo similar, para que esté libre la salida del aire del interior, cuando el CO_2 vaya cayendo y llenando la botella (Fig. 4).



Fig. 3. Al echar sal o azúcar, el CO_2 rebosa, dejando la botella llena de ese gas, que, al ser más pesado que el aire, no se escapa.



Fig. 4. Vertemos el CO_2 en una botella con tierra. Se deja salir el aire de dentro con una pajita.

Una vez que hemos llenado la botella con el CO_2 , la cerramos lo más herméticamente que podamos, pues vamos a ponerla en posición horizontal.

Marcamos cada botella con rotulador, para saber cuál es cada una. Las situamos al aire libre en una zona que les dé el sol, y vamos anotando la temperatura que marcan los cuatro termómetros cada 5 minutos. En unos 20 minutos se estabilizan las medidas.

RESULTADOS

El termómetro de la botella 1 (sin efecto invernadero), marca la temperatura ambiente, en nuestro caso, 21°C . En la botella 2 (con aire normal) la temperatura sube notablemente (en nuestro caso, a 40°C). En la botella 3 (con aire húmedo) el termómetro marca un par de grados más que en el anterior (42°C). En la botella con CO_2 , la temperatura es igual a la del aire normal (40°C).

La botella es transparente, por lo que sus paredes no deberían calentarse apenas al estar al sol. Por eso, el gran aumento de la temperatura que observamos en el interior de las botellas cerradas podemos suponer que es debido al efecto invernadero.

En la botella en la que hemos introducido gotas de agua, al pasar esas gotas líquidas a vapor, cogen calor sin subir la temperatura. Si a pesar de eso, dentro de la botella aumenta la temperatura más que en la de aire seco, podemos pensar que es debido al aumento del efecto invernadero que produce el vapor de agua.

La medida en la cuarta botella, con CO_2 , es un tanto desconcertante. Teóricamente ese

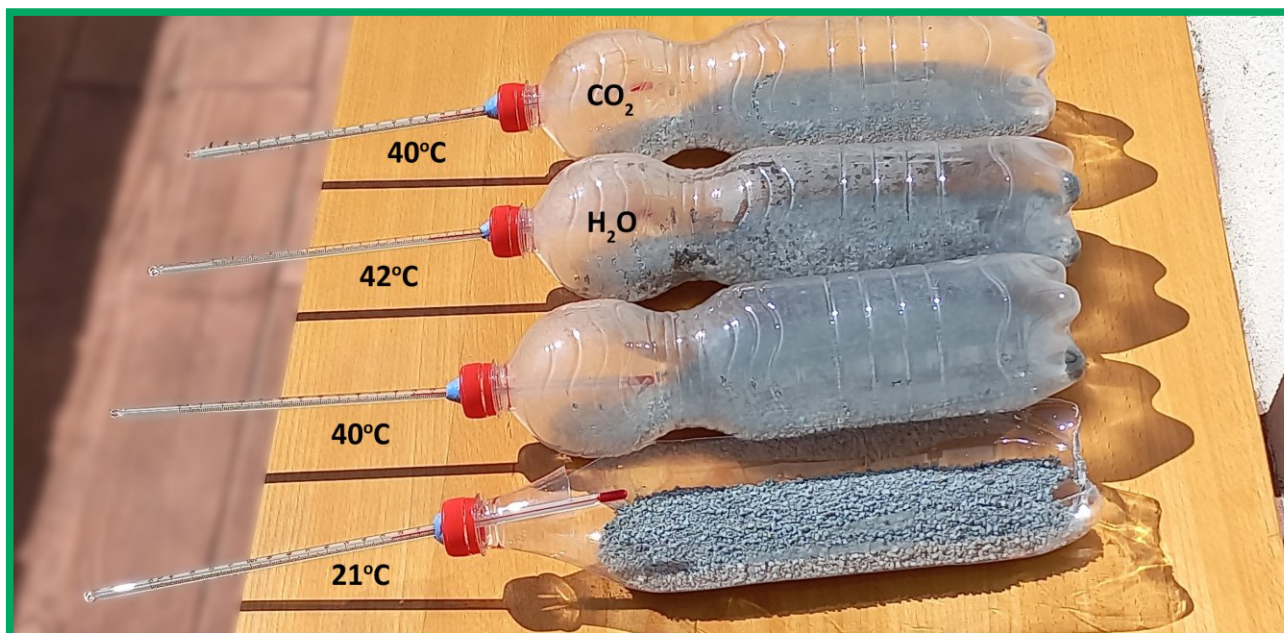


Fig. 5. Las cuatro botellas al sol, etiquetadas con el contenido. Se indican las medidas después de 20 minutos.

gas aumenta el efecto invernadero, y sin embargo la temperatura en esa botella nos sale similar a la del aire normal. ¿Por qué?

Puede ser que el CO_2 se escape, o que el CO_2 obtenido esté mezclado con aire normal. También hay que tener en cuenta que no son recipientes aislados térmicamente y la disipación a través del plástico de las botellas puede ser alta y rápida, y enmascarar de esta manera el efecto, aunque eso ocurre igual en las otras botellas. Pero pienso que la razón fundamental es que no hay suficiente espesor de aire con CO_2 dentro de la botella, para que reproduzca lo que pasa en la atmósfera real, donde hay varios kilómetros de espesor. Dicho con otras palabras, el efecto del CO_2 en la absorción del calor y de los rayos infrarrojos no es escalable lineal-

mente, como hacemos con las dimensiones de nuestro modelo.

En definitiva, nuestro sencillo modelo didáctico puede servir para mostrar el efecto invernadero en general, puede servir para ver el efecto invernadero del vapor de agua, pero no sirve para otros gases, como el CO_2 .

De todas formas, os invito a mejorar el modelo. Por ejemplo, se podría apantallar el termómetro, para que mida realmente la temperatura de los gases, no la radiación que le llega del suelo, que está muy próximo. También estaría bien prolongar el experimento, con una segunda etapa en la que tapamos la radiación solar entrante, y obtener las curvas de decaimiento de las temperaturas, con medidas cada minuto, por ejemplo.

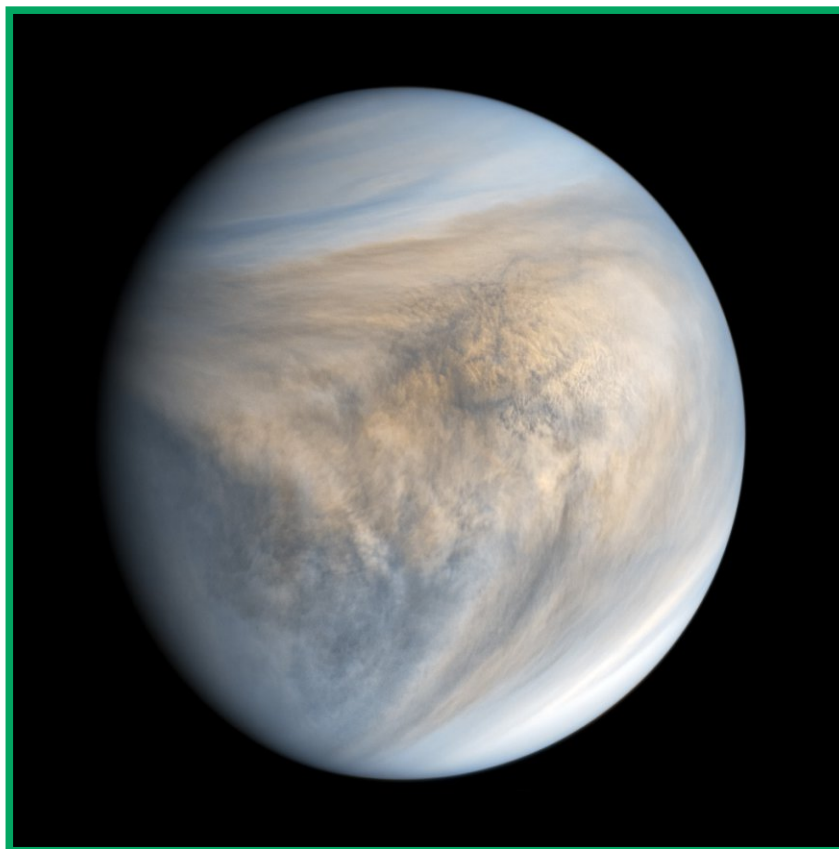
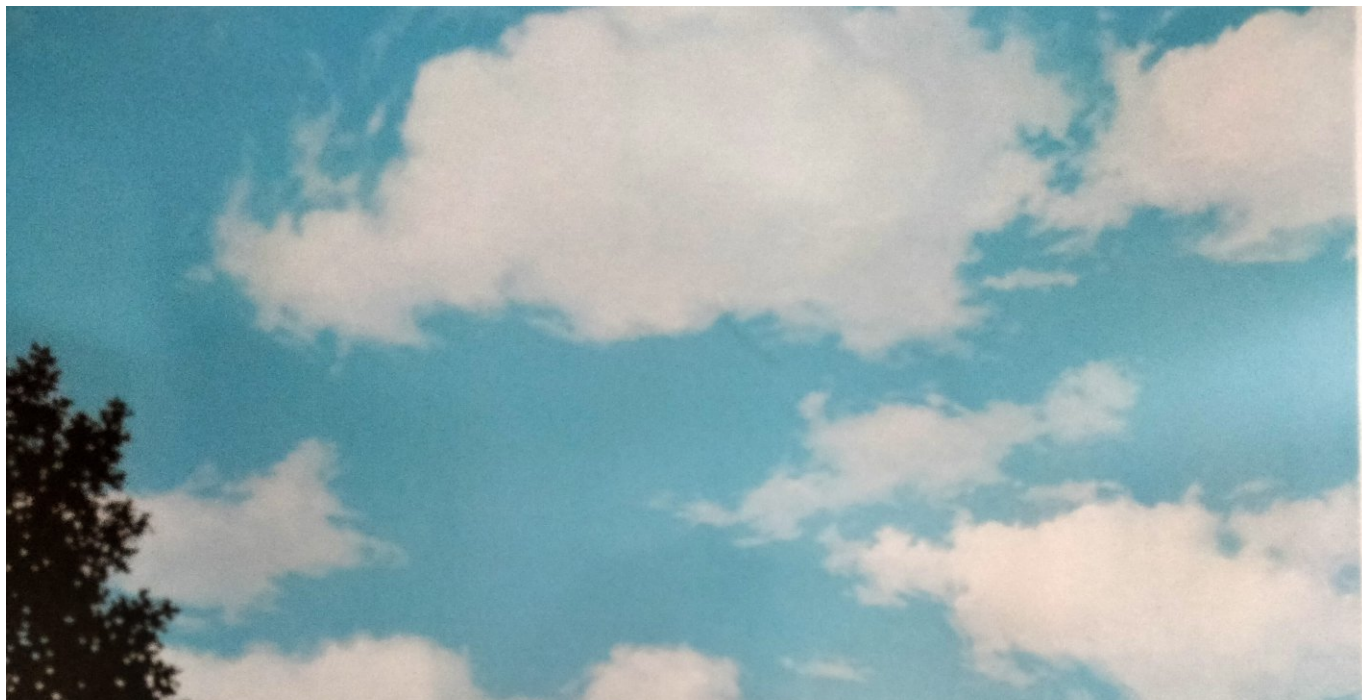


Fig. 6. Venus, con una permanente capa de nubes, una atmósfera llena de CO_2 y una temperatura infernal de unos 400°C .

CÓMO HACER UNA NUBE EN CASA



Los aficionados a la astronomía vemos en las nubes un enemigo, y nos gustaría que no estuvieran ahí. Pero a veces están, y nos obligan a hacer un plan B. Es verdad que también producen fenómenos dignos de observación y que nos asombran cuando los vemos, como los halos, los parhelios o parselenes, las glorias (espectro de Brocken), los pilares, etc. Por eso, me permito publicar este artículo en la revista de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, sobre una experiencia que aprendí este verano de Roberto Fraile, Director del Departamento de Química y Física Aplicadas de la Universidad de León. En la foto, nubes en el cuadro "El imperio de las luces", de René Magritte.

VAPOR DE AGUA Y CONDENSACIÓN

Muchas personas piensan que al calentar en la cocina un recipiente con agua, el "humillo" blanco que sale al cabo de un rato es vapor de agua, y no lo es. También es frecuente oír que las nubes están formadas por vapor de agua, y tampoco es cierto. El vapor de agua es totalmente transparente, y si se ve algo blanquecino, no es vapor, son gotitas de agua líquida.

La atmósfera contiene vapor de agua, pero de forma limitada. La cantidad que admite depende mucho de la temperatura del aire: cuanto más caliente, más vapor de agua cabe. En una masa de aire, la humedad puede ir aumentando hasta un valor en el que empieza a producirse la condensación del vapor en agua líquida. Cuando ocurre eso, cuando la atmósfera ya no admite más, se dice que está saturada. La

densidad de vapor de agua a la cual empieza esta condensación depende mucho de la temperatura del aire, tal como refleja la Figura 1: a 40 °C cabe casi tres veces más vapor de agua que a 20 °C.

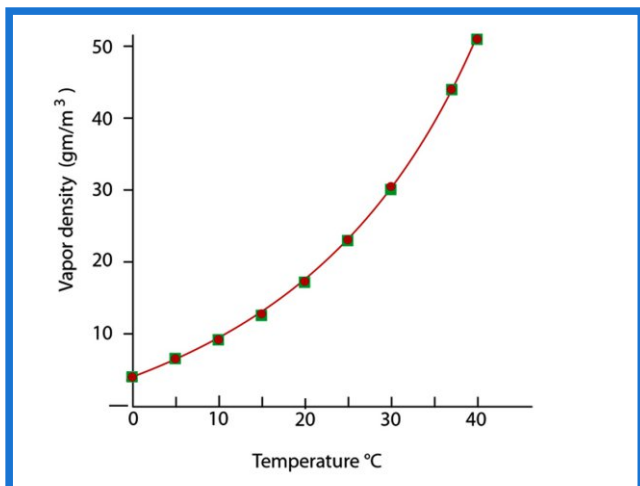


Fig. 1. La capacidad que tiene la atmósfera para contener vapor de agua aumenta mucho con la temperatura.

Esto hace que si tenemos una masa de aire a una cierta temperatura, con una humedad cercana a la saturación y se enfría, cabe menos vapor, y se produce la condensación. La temperatura a la que eso se produce se llama temperatura de rocío, porque es lo que ocurre cuando hay rocío: en la madrugada, la temperatura baja y si hay suficiente humedad en el aire, no admite tanto vapor de agua, y se condensa en las superficies de las hojas. Y si la temperatura llega a 0 °C o menos, se congela y se produce la escarcha.

También podemos observar el fenómeno de la condensación en los cristales fríos de las ventanas, en días que hay mucha humedad en la habitación. También echando el aliento sobre un vidrio. O cuando entramos en un coche en un día frío: el vapor de agua que desprendemos nosotros satura el aire frío del habitáculo del coche, y se empañan los cristales: si ponemos la calefacción del coche, se calienta el aire y cabe más vapor de agua.

FORMACIÓN DE LAS NUBES

El Sol calienta la superficie de la Tierra, y hace que la capa de la atmósfera que está en contacto con la superficie esté normalmente más caliente que la atmósfera que está encima. Como el aire caliente pesa menos que el frío, se produce un movimiento de ascensión, en el que el aire se va expandiendo (la columna de aire encima es menor, o sea, hay menos presión) y además se va enfriando. Si a ras de suelo la atmósfera tenía cierta humedad, al ascender puede llegar al punto de rocío, y el vapor de agua se empieza a condensar en pequeñas gotitas, que son las que forman las nubes.

Veamos el fenómeno de una forma más científica. Tomemos una porción de aire de la atmósfera que tenga la misma temperatura, humedad y presión en todos sus puntos. Cuando asciende en la atmósfera, lo hace suficientemente rápido como para suponer que no intercambia calor con su entorno. A eso se le llama un proceso adiabático. En esa ascensión, la presión disminuye y se produce una expansión adiabática que baja la temperatura. Es algo similar a lo que ocurre al salir el gas de un spray: el gas a presión en el interior se expande rápidamente al salir y notamos que la boquilla se enfría. Ese gas puede salir a temperaturas del orden de -30 °C.

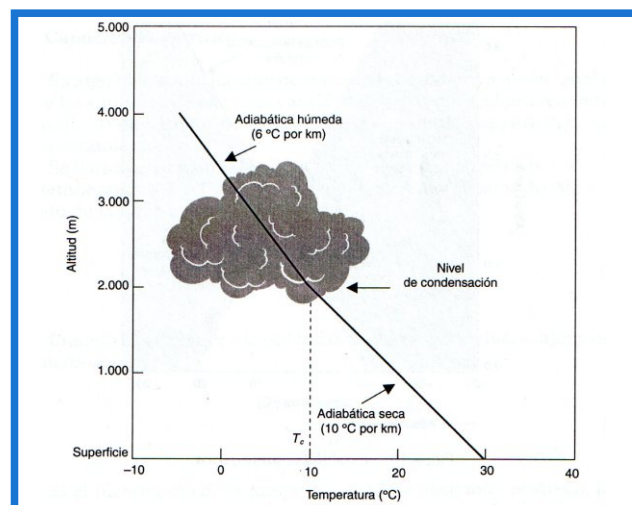


Fig. 2: Formación de la nube al ascender una masa de aire.

La variación de la temperatura en las capas bajas de la atmósfera depende de la latitud y de la humedad. Supongamos un lugar donde disminuya unos 10 °C cada kilómetro de altura (Fig. 2). Una cierta masa de aire está a 30 °C en contacto con la superficie terrestre, y tiene una cierta humedad. Al ir ascendiendo, su temperatura baja 10 °C cada kilómetro de altura. Al llegar a los 2.000 m, su temperatura ha disminuido hasta los 10 °C. Para la humedad que tiene ese aire, esa es la temperatura de rocío, en la que no cabe más vapor de agua y se produce la condensación del vapor en gotas de agua, formándose la nube. Si sigue ascendiendo, la disminución de temperatura es menor (en el ejemplo, 6 °C por cada km) porque contiene una fase líquida.

AEROSOLES

Se ha observado que la condensación se produce siempre a partir de irregularidades: motas de polvo, rugosidades en la superficie, etc. En laboratorio, con unas condiciones muy controladas de pureza del aire, se ha conseguido llegar al 400% de saturación de vapor de agua sin que se produzca la condensación.

Pero en la atmósfera no ocurre eso: hay polvo y pequeñas partículas materiales, llamados aerosoles, alrededor de los cuales se producen núcleos de condensación. Sin ellos, no se formarían las nubes.

MODELO PARA HACER UNA NUBE EN CLASE

Necesitaremos una botella de plástico de 2 litros, de agua o refresco. Ponemos 3 ó 4 cm de agua, cerramos el tapón y agitamos con fuerza. Así conseguimos que el aire que hay dentro esté saturado.

Con el tapón cerrado, apretamos con fuerza la botella por el lateral con las dos manos. Mantenemos la presión unos 5 s para que se disipe el pequeño aumento de temperatura que se haya producido, y soltamos. Hemos hecho

una expansión adiabática. Pero no vemos que se produzca ninguna nube. Y es que nos falta un ingrediente fundamental: los aerosoles.

Para introducir las pequeñas partículas alrededor de las que se van a formar las pequeñas gotitas de agua, encendemos una cerilla (o un trozo de papel), la apagamos, e introducimos inmediatamente todo el humo que podamos dentro de la botella. Para ello podemos introducir un poco la cerilla dentro de la botella para que siga humeando allí (Fig. 3).



Fig. 3. Es necesario introducir partículas para que a su alrededor se produzca la condensación. Son las partículas de ceniza de la que está hecho el humo.

Cerramos el tapón de la botella y dejamos pasar unos segundos para que las pequeñas partículas de ceniza del humo se esparzan por el interior del aire saturado del interior de la botella. Y repetimos la operación de antes: apretamos con las dos manos los costados de la botella, esperamos unos 5 segundos, y soltamos. Veremos que dentro se forma una neblina formada por pequeñas gotitas de agua líquida. Si volvemos a apretar la botella, desaparece, y al soltar, se vuelve a formar la "nube" en el interior. (Fig. 4).



Fig. 4. Al producirse la expansión adiabática, se forma la nube en el interior.

Nos podríamos preguntar: esa neblina ¿es una ilusión óptica, es una condensación sobre las paredes o es una nube real?

Si abrimos la botella cuando tenemos la nube dentro y apretamos un poco la botella, veremos que de ella sale una auténtica nube (Fig. 5).

Medidas en laboratorio, las pequeñas gotitas de nuestra nube tienen tamaños entre 4 y 7 micras, similares a las de una nube que procede, por ejemplo, de una cafetera.

El modelo se puede hacer usando una bomba de bicicleta, y adaptando una válvula al tapón de la botella. La presión y la expansión adiabática es mucho mayor y por tanto la nube es más intensa. Pero el experimento pierde en sencillez y facilidad de hacer en casa.



Fig. 5: La nube existe, porque sale fuera.

Créditos de las imágenes

[Fig.1] R Nave, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Kinetic/relhum.html#c4>.

[Fig.2] Jaque, Francisco; Aguirre de Cárcer, Iñigo, Bases de la Física medioambiental, Ed. Ariel, 2002.

[Fig.3], [Fig.4] y [Fig.5] El autor.

GALAXIAS DE BICARBONATO



Fig. 1. Galaxia M 51 (HST-NASA-ESA)

En este artículo se describe cómo hacer un modelo sencillo de galaxias espirales con bicarbonato. Puede ser una actividad para que los alumnos hagan en casa, investiguen cómo hacerlo mejor, registren sus resultados e incluso hacer algún tipo de concurso. Todas las fotografías del modelo son del autor.

Llevaba tiempo buscando una forma de hacer modelos sencillos de las galaxias. Me fijaba en la espuma del café espreso, pero duraba muy poco. Sobrellevando el Covid encerrado en mi habitación, veía los polvos en que se transformaba una pastilla de

paracetamol al disolverse en un vaso de agua, y que al removerlo describía unas espirales, pero quedaban tiempo en suspensión y no se posaban.

Eso me dio la pista. Probé con arena dentro de un vaso de agua, pero, como vivo

en Madrid, donde no hay playa, los granos que conseguí eran demasiado grandes y al remover, caían rápidamente sin formar ninguna galaxia. Sin embargo, sentía que me iba acercando.

Se me ocurrió probar con bicarbonato, que tiene un grano muy fino. Y por fin conseguí un montoncito central y unos brazos espirales, que podía ir modelando a base de remover el agua y dejar posar los granos. Probé varios recipientes, y varias formas de remover. Concluí que lo mejor eran los vasos de agua normales, bastante llenos de líquido, removiendo primero el agua con un lápiz, dejando de remover al tiempo que se echa de golpe una cucharada de bicarbonato. al posarse los granos, quedan formas como las de las Figuras.

Fig. 2. NGC 1566 (HST-NASA-ESA)



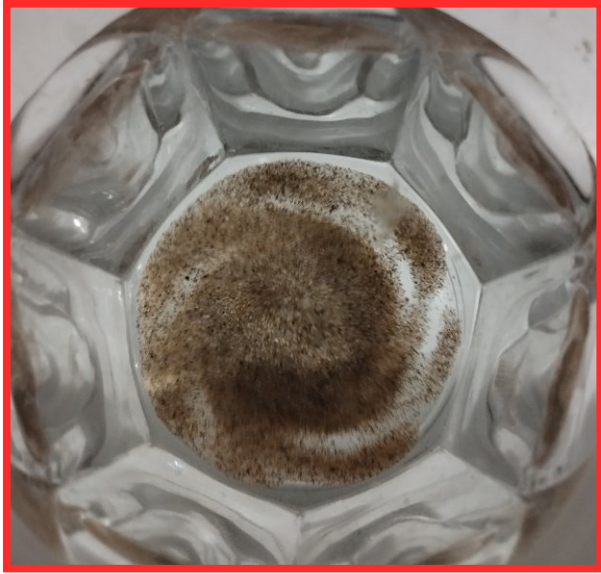


Fig. 3. Modelo con arena. Foto de Rosa M. Ros

Probé con sal fina, y también quedan bien, aunque se disuelve más rápidamente que el bicarbonato. Y por último, probé con arena fina de playa, incluso pasada por un tamiz, y también queda muy bien.



Fig. 4. NGC 1232 (ESO).

Se puede practicar modificando la velocidad con que remueves el agua, la cantidad de polvos que usas, se puede perfilar más o menos las formas que salen, removiendo a media altura, sin llegar al suelo del vaso, etc. Y por supuesto, registrar los resultados con fotos.



Fig. 5. M 31 (IAC) a la izquierda) y modelo con bicarbonato a la derecha.



Dos cosas más que se pueden obtener con este modelo, que se le ocurrieron a Rosa M. Ros: mirando de canto al vaso, en el centro se ve un pequeño montículo, que simula bien el bulbo central de una galaxia (Fig. 6). Y removiendo el agua, puedes ir obteniendo algo semejante a los tipos de galaxias de la secuencia de Hubble (Fig. 7). Faltan obtener las galaxias barradas: ahí queda el reto.

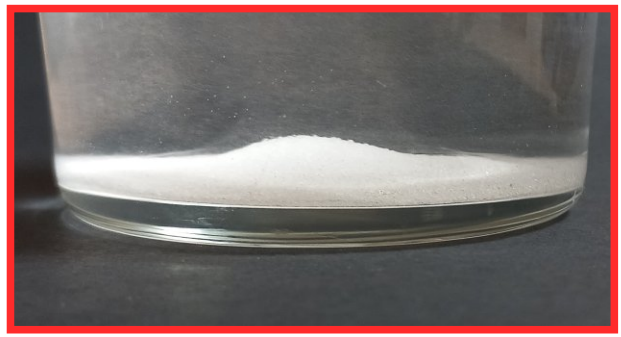


Fig. 6. NGC 4565 (Roth Ritter), una galaxia vista de canto, a la izquierda, y modelo con bicarbonato a la derecha.

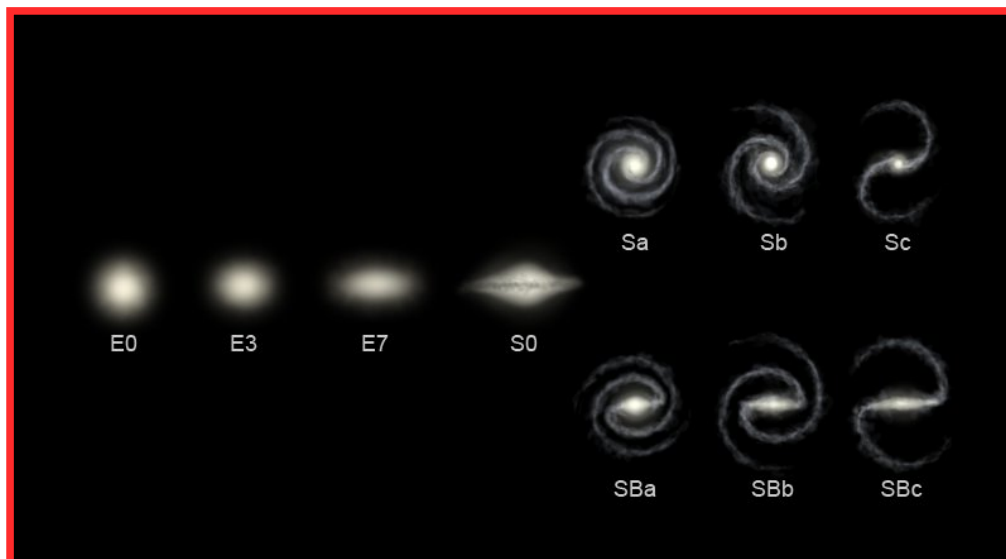
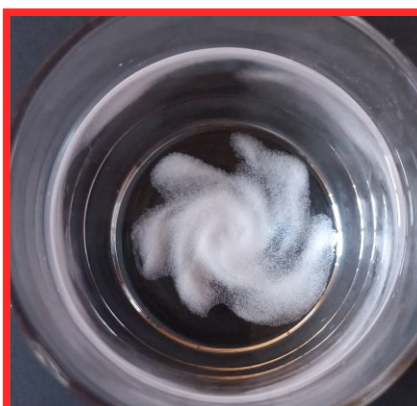


Fig. 7. Secuencia de Hubble (arriba) y modelo de algunas de esas galaxias (abajo).



MODELO DE LOS MARES Y CRÁTERES DE LA LUNA



Fig. 1. *Mare Imbrium* en el centro, con el *Sinus Iridum* (bahía del arco iris) y el cráter *Plato* en la parte superior. El *Mare Serenitatis* es el que está a la derecha. En el borde inferior de la foto, el cráter Copérnico.

Los llamados mares y océanos de la Luna son grandes cráteres que se rellenaron hace relativamente poco con roca basáltica que salió del interior de la Luna, y que les da un aspecto de superficie lisa. Esa roca fundida debió salir por grietas u orificios, no por volcanes, como ocurre en la Tierra. En este artículo se muestra un sencillo modelo de cómo pudo ser. También se ofrece un modelo de los cráteres, con harina y cacao.

MARES EN LA LUNA

En la Luna no hay volcanes activos, todos los cráteres que se ven son de impacto. Algunos muy grandes, de cientos de kilómetros de diámetro, se rellenaron con roca basáltica que salió del interior, y forman

unas superficies lisas, de contorno más o menos redondeado, como se ve en la Fig. 1. En esa foto se distingue el *Mare Imbrium* en el centro, de unos 800 km de diámetro, y el *Mare Serenitatis*, a la derecha, de unos 500 km. Encima del primero se distingue a la

izquierda una "C" que es el *Sinus Iridum* (bahía del arco iris), de unos 200 km de diámetro, y el cráter *Plato*, una circunferencia casi perfecta de 80 km de diámetro. Todos están rellenos de la roca basáltica lisa y gris que debió salir del interior de la superficie por grietas u orificios, ya que no hay volcanes. Como en esas superficies hay pocos cráteres de impacto, ese relleno debió ocurrir hace relativamente poco.

Se puede hacer un modelo sencillo del fluir de la roca, con un cartón, una foto grande de la superficie de la Luna (o poco de pasta de modelar), una botella de cola o de otra bebida carbónica, recién abierta, y azúcar (Fig. 2 a 8).

En el centro del cartón recortamos un orificio por donde pueda entrar ajustado la

boca de la botella. Podemos hacer el borde de un cráter, como el cráter Plato, con pasta de modelar, alrededor del orificio (Fig. 1). O también podemos pegar una fotocopia grande de la superficie de la Luna, por ejemplo, del Mare Imbrium (Fig. 3 y 4). Ponemos el cartón sobre la botella (Fig. 5) y echamos una cucharada de azúcar en el interior de la botella (Fig. 6). Se produce un gran vertido de espuma, que se extiende por la superficie (Fig. 7) o, en su caso, acaba rellenando el cráter, de forma análoga a como ocurrió en los mares en la Luna.

Para ajustarse a la realidad lunar, la boca de la botella no debe sobresalir apenas del cartón, para que no parezca un volcán activo



Fig. 2. En una hoja de cartón con un orificio del tamaño de la boca de la botella de cola, hacemos el borde del cráter.



Fig. 3. En lugar del cráter, podemos imprimir una foto grande de la superficie de la Luna...



Fig. 4. ---y pegarla en el cartón con el orificio.



Fig. 5. Ajustamos el orificio del cartón a la boca de la botella



Fig. 6. Echamos una cucharada de azúcar



Fig. 7. Y se produce un vertido, simulando lo que se produjo en los mares lunares.

como los terrestres. Otra cosa es que quieras hacer un modelo de cráter terrestre, en el que sí puedes encerrar la botela en una montaña hecha con tela por ejemplo.

CRÁTERES DE IMPACTO

Otro accidente geográfico muy característico de la Luna (y de Mercurio y otros cuerpos del sistema solar) son los cráteres producidos por el impacto de meteoritos. Dependiendo de la masa del meteorito y de su velocidad, los cráteres son más o menos grandes. Podemos clasificarlos en tres formas, de más pequeños a más grandes:

- Pequeños, tipo bol de desayuno (Fig. 8).
- Con un pico central, que a veces es una cadena de montañas (Fig. 9).
- Multianillo, con varios anillos concéntricos (Fig. 10).

El meteorito suele arrancar material del interior del terreno, que sale proyectado a gran distancia dejando dibujados sobre el terreno una especie de rayos. Ese material se llama eyecta (Fig. 11 y 12).



Fig. 8. Cráter tipo bol.

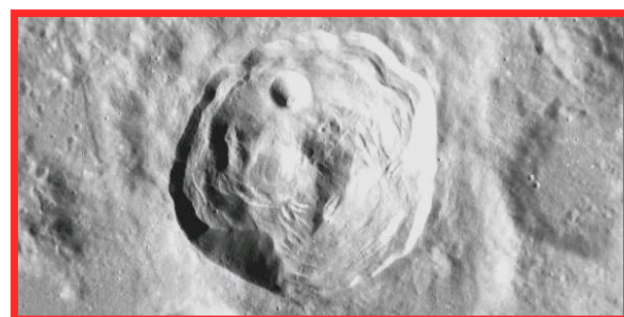


Fig. 9. Cráter con pico central.

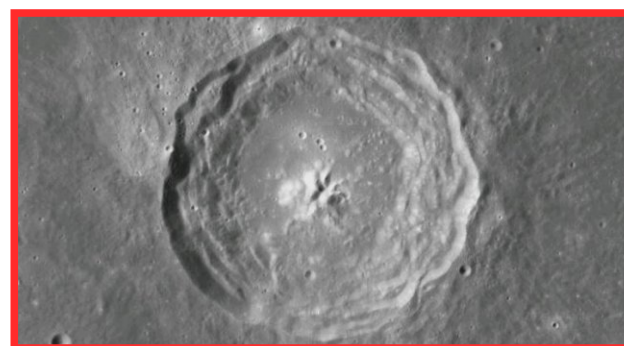


Fig. 10. Cráter multianillo.



Fig. 11. Cráter Tycho, en la Luna. Se distingue bien la eyecta.

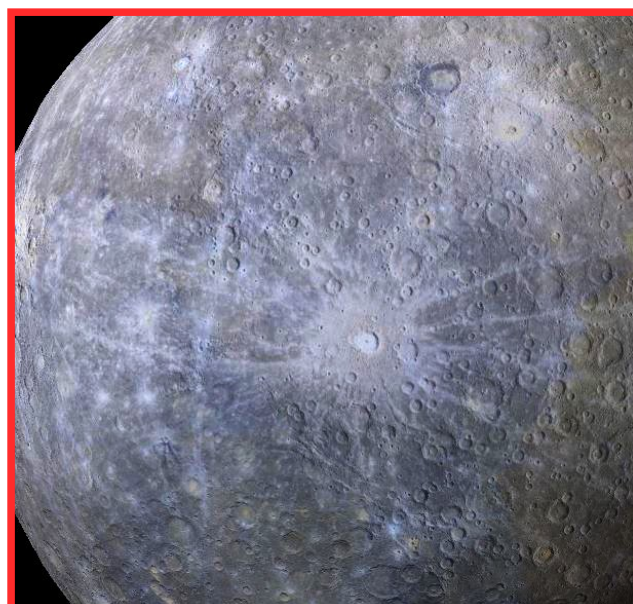


Fig. 12. Cráter Debussy, en Mercurio, también con gran eyecta.

MODELO DE CRÁTERES

Podemos reproducir los cráteres de impacto con un modelo de harina y cacao (Fig. 13).

Conviene recubrir el suelo con periódicos viejos o plástico de pintor, para no ensuciarlo.

Se toma un recipiente ancho y de poca profundidad, por ejemplo una bandeja de comedor, una tapa de caja de cartón de folios, o incluso el propio suelo (será más complicado recogerlo). Se pone dentro de la bandeja una capa de alrededor de 1 cm de harina de espesor, distribuyéndola uniformemente. Se alisa la superficie con una regla.

Sobre la harina, se pone una fina capa de unos pocos milímetros de cacao, suficiente para que cubra la superficie blanca de la harina. Ayuda mucho hacerlo con un colador, para que quede uniforme.

El meteorito lo hacemos no con canicas u objetos extraños, sino con una cucharada llena de cacao en polvo. Desde una altura de unos 2 metros se voltea y se deja caer el material. El cacao de nuestro meteorito es oscuro, y sin embargo arranca una eyecta blanca del interior, que dejará marcas similares a los cráteres de impacto reales.

Se puede experimentar variando la altura desde la que se tira, o la masa de los proyectiles. Si la capa de harina no es gruesa, se puede producir en el centro un pico central. Lo que no hemos conseguido reproducir son los multianillos, que se forman cuando la energía cinética es mucho mayor.

El cacao que usemos debe ser en polvo, lo más fino posible. Mi experiencia, sin ánimo de propaganda, es que el que mejor funciona es el colacao tradicional.



Fig. 13. Secuencia del modelo: bandeja con harina, encima se esparce cacao, se deja caer una cucharada de cacao, se producen cráteres, con eyecta blanco del interior, y algunos con un pico central.

RELOJ DE SOL DE REFLEXIÓN CON UN DVD



En este artículo se explica cómo funciona y cómo hacer un reloj de Sol de reflexión, sin gnomon, a partir de un DVD. Si lo ponemos paralelo al ecuador celeste, y situamos nuestro ojo en el eje perpendicular al DVD, el rayo de sol que vemos reflejado en el DVD se va desplazando 15° cada hora, y podemos leer la hora en los radios dibujados en el DVD radios cada 15° . Se puede ajustar fácilmente a la latitud del lugar y a la ecuación del tiempo. Eso sí, es un modelo sólo de primavera-verano.

Museo Principia

El Museo de la Ciencia «Principia», en Málaga, ha sido siempre una fuente de inspiración para todos los que nos gusta divulgar ciencia. En 2008 se construyó en su jardín un original reloj de sol ecuatorial basado en un láser-disc, que es similar a un dvd, pero de mayor tamaño (Fig. 1).

Consiste en una caja de cristal y acero inoxidable, orientada hacia el norte, y que forma un ángulo con el plano horizontal igual a la colatitud de Málaga ($90^\circ - 36,5^\circ = 53,5^\circ$). Tiene dibujadas líneas radiales, espaciadas 15° , marcadas con las horas.

Para leer la hora, hay que situarse enfrente del disco, justo en la perpendicular del centro



Fig. 1. Reloj en el jardín del Museo de Ciencias "Principia", con un láser-disc.

del disco. Por eso se debe mirar a través del orificio central del disco de tal forma que se vea una cruz que hay en el suelo. En esa posición, nuestra vista forma 90° con respecto al plano del disco. No hay gnomon: la línea intensa coloreada que refleja el Sol es la que nos indica la hora.

Tiene dos marcas en la parte superior del disco, una para el horario de verano, y otra para el horario de invierno, y está corregido con la longitud de Málaga. También muestra la curva con la ecuación del tiempo.

Me gustó mucho la idea, y me pregunté si se podría construir uno similar con un dvd. Para ello, había que entender cómo funciona.

Cómo funciona

Como es sabido, el Sol se mueve cada día en la bóveda celeste, describiendo una circunferencia y desplazándose 15° cada hora. Esa circunferencia es paralela al ecuador celeste. Por tanto, si ponemos el dvd paralelo al ecuador celeste, y situamos nuestro ojo en el eje perpendicular al DVD (Fig. 2), el rayo de

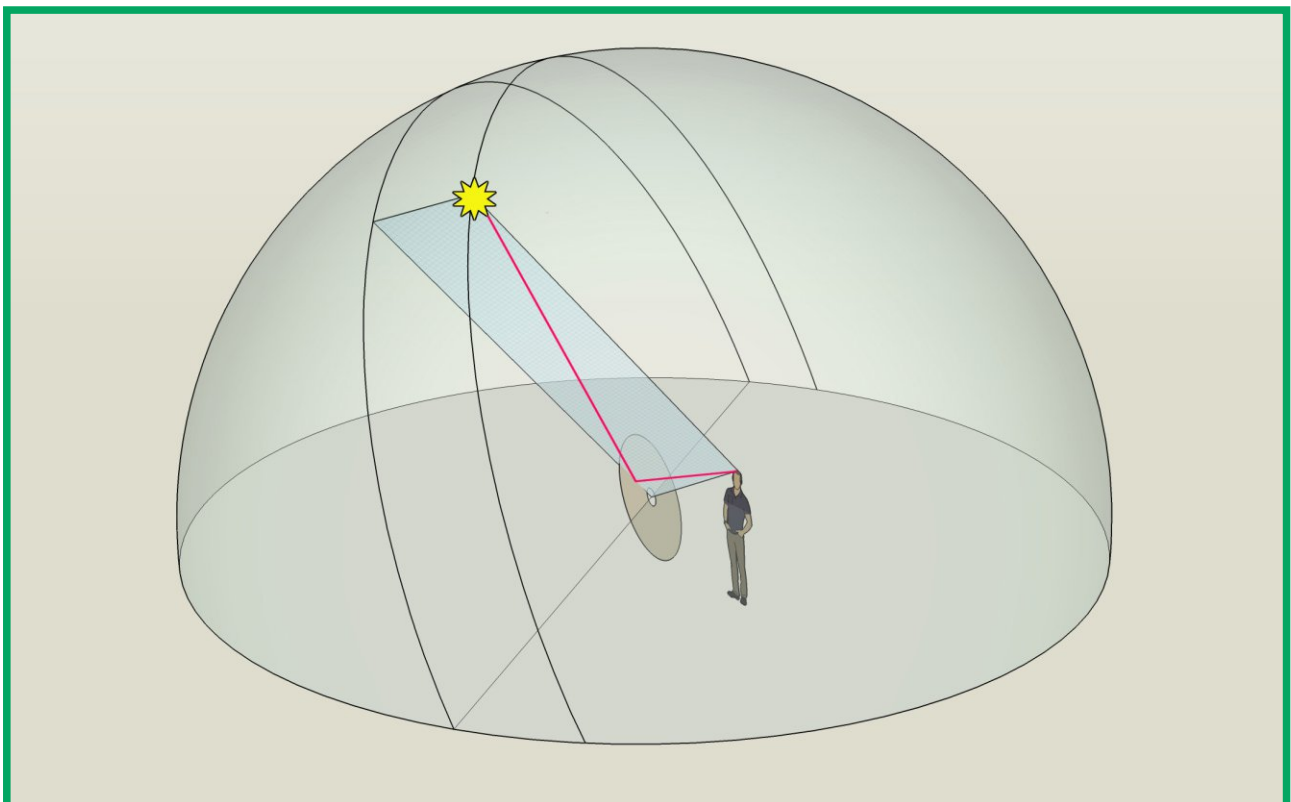


Fig. 2. El Sol se mueve en una línea paralela al ecuador celeste. Si el dvd está en ese mismo plano, y miramos perpendicularmente al DVD, el reflejo del Sol se va desplazando 15° cada hora y nos marca el tiempo.



Fig. 3. La caja del DVD hay que prepararla: hay que dar la vuelta a la tapa (1), perforar un orificio central (2) y marcar una línea justo en el centro del lado exterior (3).

sol que vemos reflejado en el DVD está en un plano que pasa por el Sol, y el reflejo se va desplazando 15° cada hora. Si hay dibujados en el DVD radios cada 15° , podremos leer la hora.

Cómo construirlo

Además de un dvd, necesitamos su caja transparente, mejor de las que son finas (figura 3). Hay que darle la vuelta a la tapa, con mucho cuidado de no romper las bisagras, que son muy frágiles. Así podemos abrir la caja en la posición adecuada.

Por otra parte, con un soldador caliente, hacemos un agujero en el centro del soporte del dvd, de unos 3-4 mm de diámetro (n. 2 en la Fig. 3). Y dibujamos con pintura blanca una marca justo en el medio del borde (n. 3 en la Fig. 3). Es importante hacerlo con precisión.

Pegamos una hoja blanca en la tapa, y también dos triángulos de cartón, con el ángulo de la colatitud del lugar ($90^\circ - \text{Latitud}$) (Fig. 4).



Fig. 4. Se pone el DVD formando un ángulo de la colatitud del lugar ($90^\circ - \text{latitud}$), con la ayuda de dos triángulos.

Ahora, en la hoja en blanco de la tapa, hay que dibujar una cruz justo en la perpendicular del orificio central (Fig. 5). Para ello nos podemos servir de un palito puesto junto al lado de un cartabón (o un libro), y hacerlo en dos direcciones perpendiculares (Fig. 6 y 7). También se puede usar un puntero láser alineado con el lado del cartabón (o el libro).

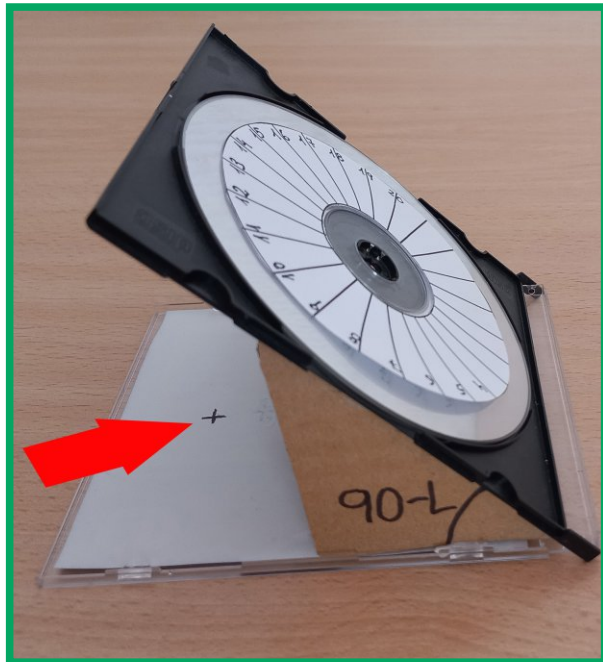


Fig. 5. Hay que dibujar una cruz justo en la perpendicular al orificio central del DVD.

En el DVD hay que dibujar líneas radiales separadas 15° . También se puede recortar y pegar la plantilla de la Fig. 8. Se numeran las

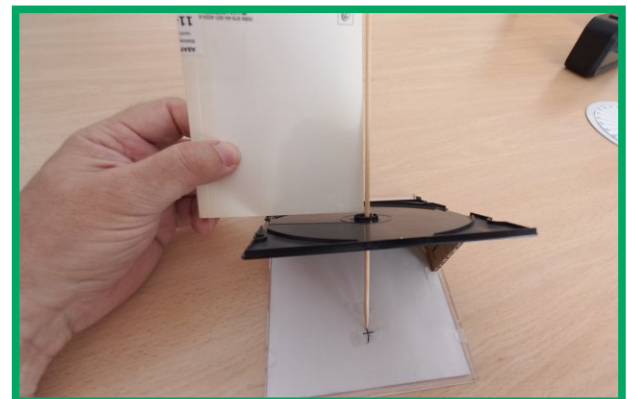


Fig. 6 y 7. Para marcar la perpendicular, os podemos servir de un palito pegado a un cartabón o a un libro. Hay que hacerlo en dos direcciones perpendiculares

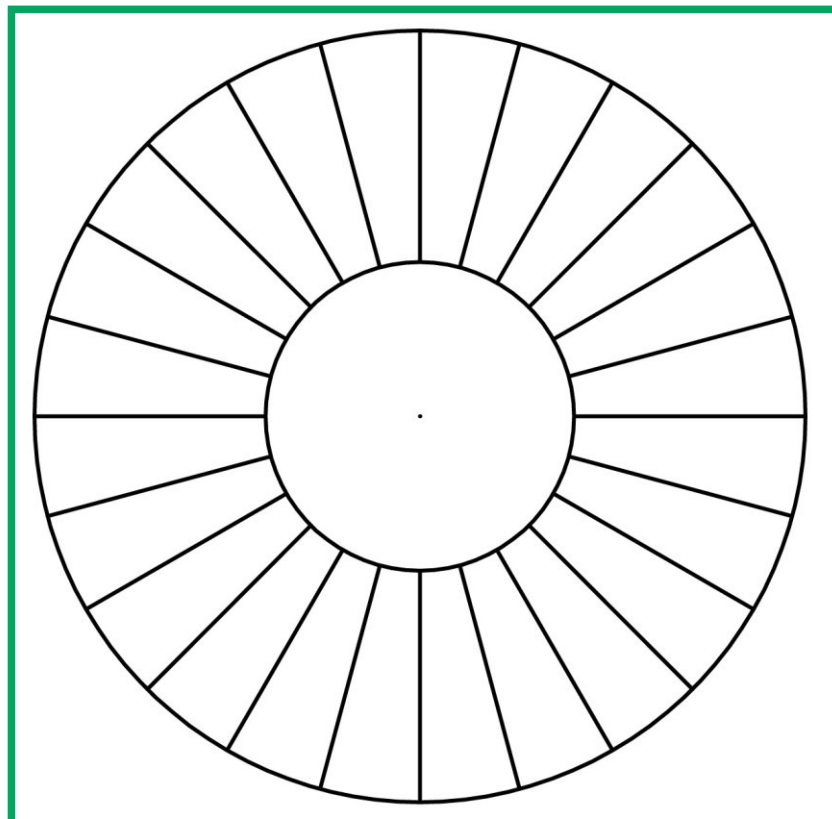


Fig. 8. Plantilla para recortar y pegar en el DVD. Hay que numerar las rayas del 4 a las 20 h, en sentido de las agujas del reloj. El resto de rayas no se usan.



Fig. 9. Se sitúa el DVD con el mediodía solar (las 14 h en verano, las 13 h en invierno) coincidiendo en la marca blanca del borde de la caja.

rayas en sentido de las agujas del reloj, de las 4 a las 20 h. Se pone el disco en la caja, coincidiendo las 12 solares con la marca blanca en el borde. En verano las 12 solares son las 14 h., y en invierno son las 13 h. (Fig. 9).

Una vez construido, se saca al exterior, y con una brújula se orienta con la cara del DVD mirando al norte. Para leer la hora hay que situarse de frente al disco, de tal forma que veamos la cruz a través del orificio central. En esa posición, el reflejo del Sol sobre el dvd nos da la hora (Fig. 10).



Fig. 10. Nos situamos enfrente del DVD, de tal forma que veamos por el orificio central la cruz dibujada en la tapa blanca. El reflejo nos da la hora.

Ajuste fino

Hemos dicho que las doce solares son las 13 h en invierno y las 14 en verano, pero eso ocurre solo si nuestra posición estuviera en el meridiano de Greenwich. Si estuviéramos a 15° de longitud oeste, habría que sumar una hora más. Y si estamos a una longitud de 3,688° oeste, como es mi caso, habría que sumar $60 \text{ min} \times L/15 = 14.75 \text{ minutos}$.

Puede ser una buena idea poner una línea que marque esos minutos, tanto en horario de verano y de invierno, que es la que debe coincidir con la marca blanca superior, para poner el reloj en hora, con la corrección de la longitud. Es lo que tiene el reloj de Málaga (Fig. 11).



Fig. 11. En el reloj de Málaga hay dos marcas en la parte superior del borde del disco: una para invierno y otra para verano.

Queda la corrección de la ecuación del tiempo: la posición del Sol varía ligeramente a lo largo del año, y produce un pequeño adelanto o retraso de hasta 15 minutos aproximadamente, según la llamada ecuación del tiempo. En el reloj de Málaga, la gráfica está dibujada en la parte inferior del disco (Fig.11). En nuestro modelo también podemos hacerlo, o podemos ver el valor en esta web (<https://relojesdesol.info/node/748>) y ajustar el reloj girando levemente el DVD esa cantidad. O no hacer nada, y simplemente, constatar la pequeña diferencia entre la medida en el DVD y la hora oficial.

En mi caso, la medida de la figura 12 se hizo el 4 de agosto. Ese día hay que sumar

6.12 minutos por la ecuación del tiempo. Si lo añadimos a los 14.75 minutos de corrección por la longitud, nos da 20.87 minutos. O sea, que el mediodía solar se produjo a las 14 h y 21 minutos (Fig. 12).



Fig. 12. En el mediodía solar, el reflejo está justo en la marca blanca superior de la caja. El día de la foto se produjo realmente a las 14:21. La precisión es notable.

Reloj de primavera y verano

Si el eje terrestre no estuviera inclinado respecto de la eclíptica, la circunferencia por donde se mueve el Sol estaría siempre en el ecuador celeste. Pero como el eje terrestre está inclinado algo más de 23°, sólo el 21 de marzo y el 21 de septiembre ocurre eso, y el camino del Sol se va desplazando hacia el norte y hacia el sur el resto del año, marcando las estaciones. Es decir, a lo largo del año, el Sol describe realmente una espiral en el cielo (realmente describe lo que en geometría se llama una hélice) (Fig. 13).

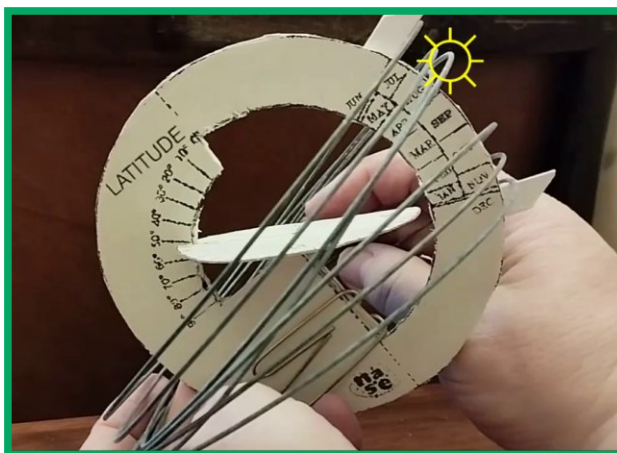


Fig. 13. Trayectoria del Sol a lo largo de un año (Foto cortesía de NASE).

Nuestro reloj, como funciona con el reflejo solar, sólo funciona cuando el Sol está por encima del ecuador celeste, es decir, en primavera y verano, que es cuando el Sol está en el hemisferio norte celeste. En otoño e

invierno, el Sol está más abajo que el ecuador celeste (Fig. 14), y sus rayos no iluminan al DVD, paralelo al ecuador, y por lo tanto este reloj no funciona. A no ser que a alguien se le ocurra cómo hacerlo. Ahí lo dejo.

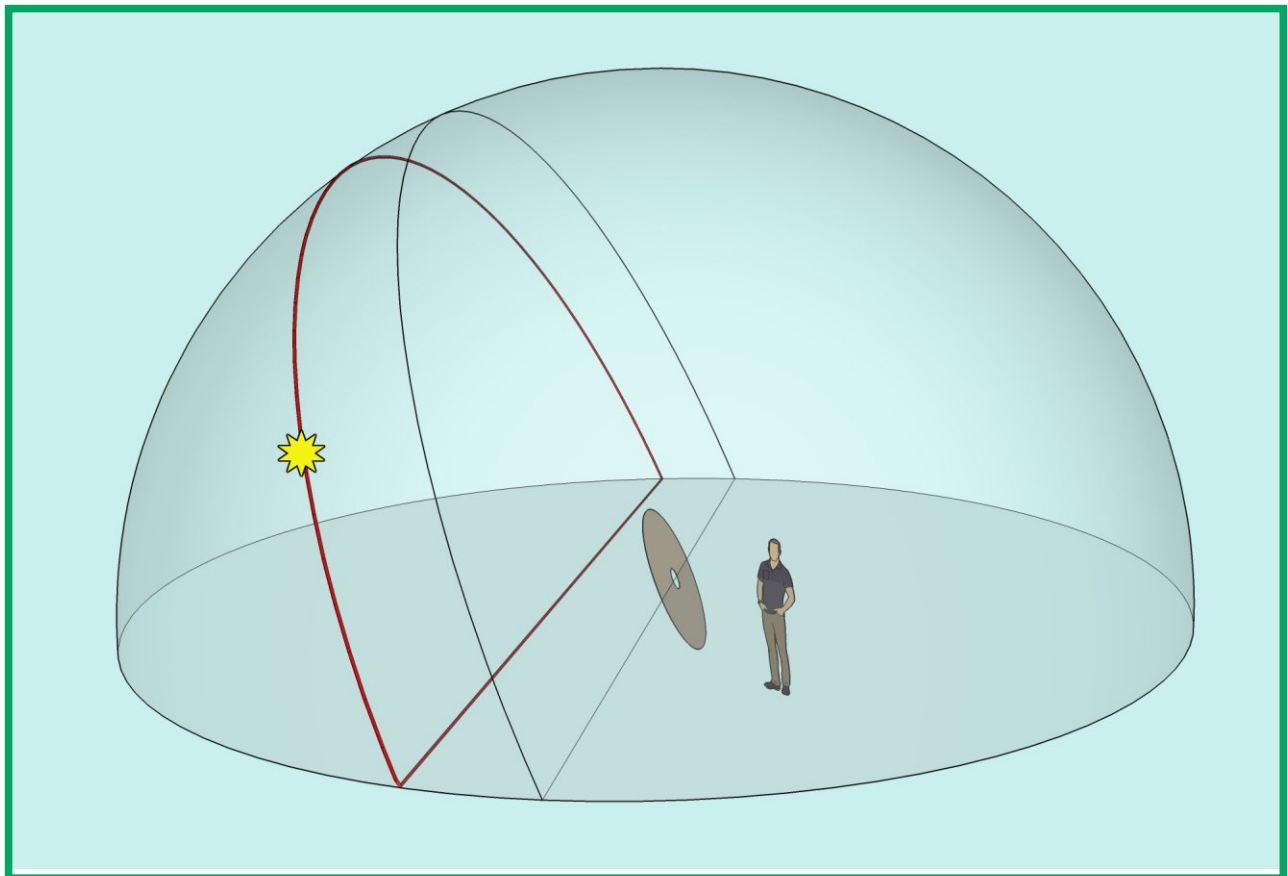
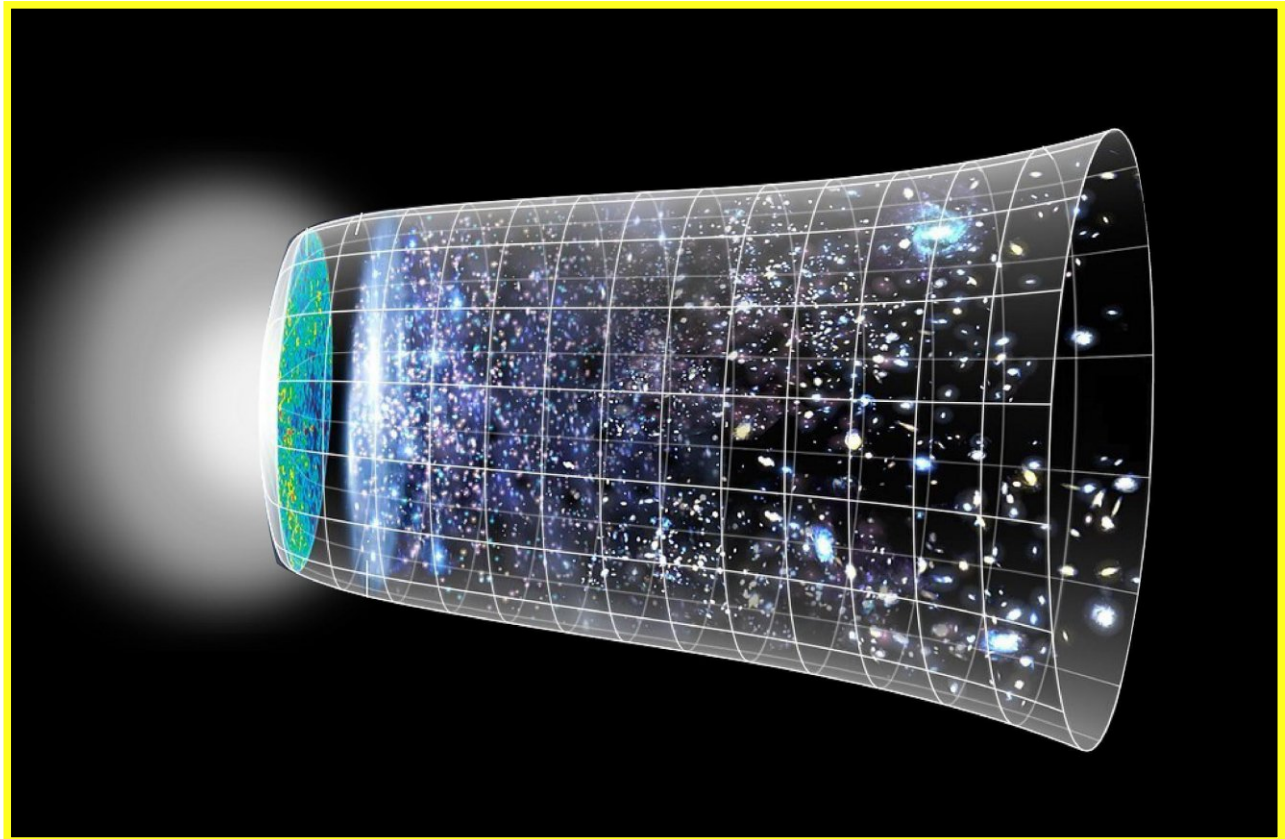


Fig. 14. El reloj no funciona cuando el Sol está por debajo del ecuador celeste, o sea, en otoño e invierno, porque no se produce reflejo.

EL BIG BANG Y LA CREACIÓN



¿Por qué existe el Universo? ¿Existe la creación? ¿Se puede demostrar? Son preguntas que con frecuencia nos hacen cuando en una clase o charla sale el tema del Big Bang. En este artículo se trata del tipo de preguntas que puede responder la ciencia.

Cuando se descubrió la expansión del Universo, el paso lógico siguiente fue dar marcha atrás en el tiempo y estudiar cómo debió ser la historia de su evolución. Se pudieron describir las etapas por las que habría pasado, cada vez más joven y con temperaturas más elevadas. Se llegó a los primeros minutos, en los que la Física describe con detalle la formación de los átomos, la formación de los partículas

elementales, la unificación de las fuerzas... hasta llegar al llamado tiempo de Planck, 10^{-43} s, en el que la ciencia actual no consigue entrar. Quizá podremos hacerlo cuando dispongamos de una teoría de la gravedad cuántica, y entonces podremos casi tocar el momento en el que el tiempo y el espacio comenzaron. ¿Pero podremos traspasarlo? ¿Podremos saber qué lo produjo? ¿Es eso la creación?

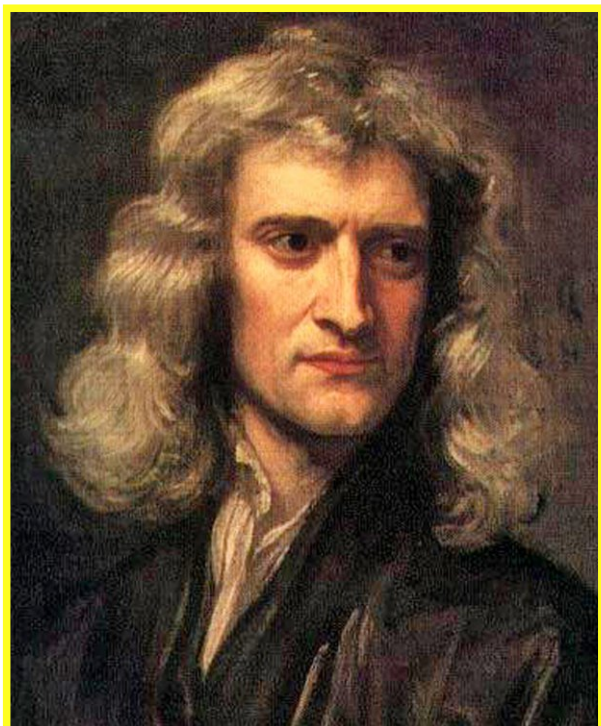


Fig. 1. Isaac Newton (1643-1727)

COMIENZO DE LA CIENCIA

Antes de contestar, pensemos en los pioneros de la ciencia experimental. Galileo por ejemplo observó repetidas veces las lámparas de la catedral, midió sus periodos de oscilación, y obtuvo la ley que relacionaba la longitud del péndulo con su periodo. Algo parecido hizo con la caída de los graves (así llamaban a los objetos pesados): midiendo los tiempos de caída y las alturas, dedujo las primeras leyes de la cinemática. Por su parte, Newton, observando supuestamente la caída de una manzana, la relacionó con la caída de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra, y dedujo la Ley de gravitación universal, que rige tanto en la superficie terrestre como en el firmamento. Así, con el método experimental, fueron construyendo el conocimiento científico: observaban la naturaleza, proponían una explicación de su funcionamiento, que posteriormente se confirmaba o no con nuevas observaciones. Ese método ha hecho avanzar mucho la ciencia hasta hoy, pero fijémonos en que es útil para explicar el funcionamiento de lo que existe, pero no entra en porqué existe.

¿TODAS LAS RESPUESTAS?

Es tanto el éxito que ha tenido la ciencia, que podemos llegar a pensar que responderá a todas nuestras preguntas. Pero no es así. Por ejemplo, la Física no nos dirá si está bien que un país invada a otro, o si un determinado contrato es o no corrupción política. No nos habla del sentido de las cosas, de cómo ser felices en esta vida, o de si algo es bello. Ya decía Saint Exupéry en el Principito, que lo esencial es invisible a los ojos.

Otro ejemplo: la ciencia experimental nos dará muchos detalles de cómo se fisionó el átomo de uranio en las bombas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki, pero no nos dirá nada sobre si lanzar esas bombas estuvo bien o mal. Para eso hay que acudir a otros campos.

Sin embargo, nos puede resultar frustrante que la ciencia experimental no nos responda a la pregunta: ¿de dónde vino todo? Cuando mis alumnos me preguntaban algo similar, aprovechaba la ocasión para debatir sobre lo qué es la ciencia, su campo de acción, a qué responde y a qué preguntas no responde.

También hablábamos de que lo racional no es sólo lo científico. Cuando nos movemos en el campo de los derechos, de la justicia, de la ética, de la filosofía o del sentido de las cosas, no hay por qué renunciar al uso de la razón.

Volviendo a la pregunta ¿de dónde vino todo?, pienso que lo más razonable es contestar que la ciencia experimental no nos la contestará: su terreno es el de cómo funciona lo que ya existe.

Hace poco leí en un periódico, un artículo titulado “¿Cómo pudo surgir de la nada el Big Bang?” Y a continuación explicaba la fluctuación del vacío cuántico, en la que aparecen y desaparecen partículas a partir de un vacío con una cierta energía. Sin embargo, ese lenguaje periodístico se presta a confusión, pues mezcla distintos planos: la nada es un concepto de Filosofía, el vacío cuántico es un

concepto de Física; la nada no tiene existencia, el vacío cuántico sí. La pregunta de por qué existe el Universo no queda respondida con la fluctuación del vacío cuántico, pues nos remite a la pregunta de ¿por qué existe ese vacío cuántico?

Algo parecido ocurre con la idea del Multiverso, en el que nuestro Universo sería uno más de otros muchos similares. Es una hipótesis muy difícil de confirmar, pues como nuestro universo está formado por todo lo que está de alguna forma a nuestro alcance, en cuanto detectemos otro universo, inmediatamente pasa a formar parte del nuestro. Y si una hipótesis es indemostrable, puede valer para una película de Marvel, pero no para la ciencia. Pero en cualquier caso, aunque se lograra demostrar, esa idea sigue sin responder a la pregunta de ¿por qué existen?

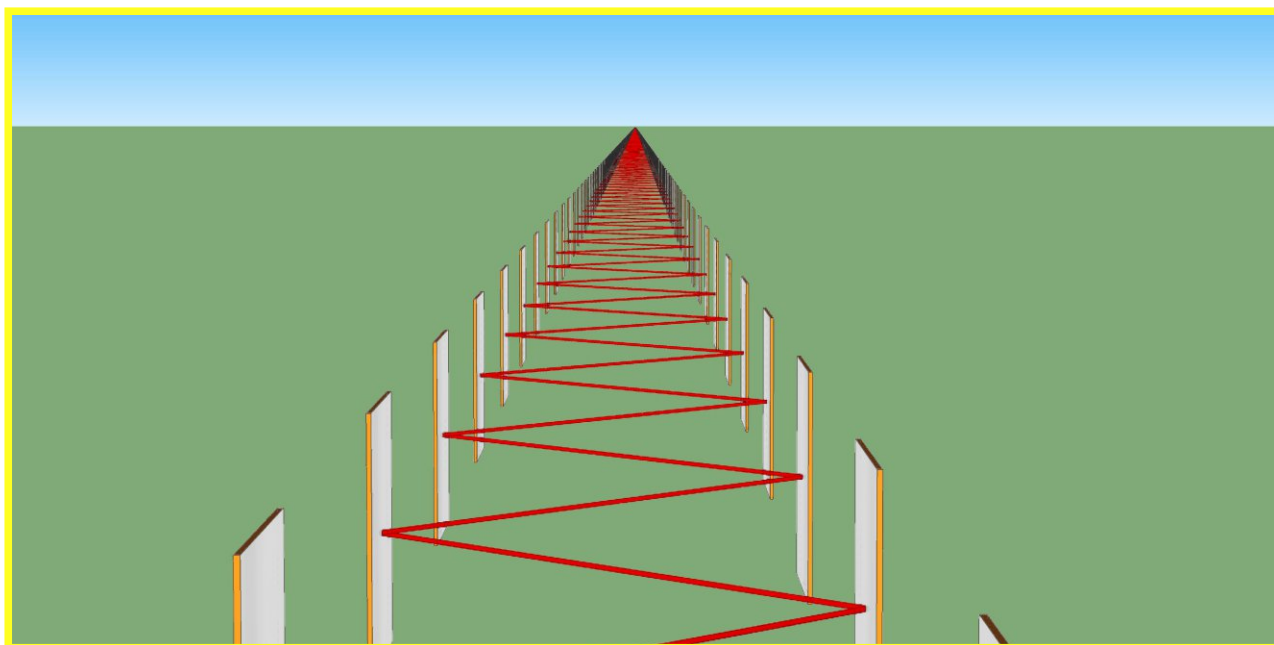
OTROS CAMPOS

Para responder a la pregunta de ¿por qué existe el Universo?, ¿por qué el ser y no la nada? hay que entrar en el terreno de la Filosofía, en el que también se razona, pero de distinta forma que en la ciencia experimental.

La Filosofía estudia los seres en cuanto seres, o sea, en cuanto que existen, no estudia cómo funcionan. Es un campo, distinto al de la ciencia experimental, con el que quizá estamos menos acostumbrados, pero en el que se funciona también con la razón. Por ejemplo, en filosofía se habla de que los efectos, las cosas que vemos, dependen y son producidos por causas, las cuales a su vez son causadas por otras similares que tampoco son el origen de su ser. Como por ejemplo un espejo, que recibe un rayo de una linterna y lo refleja. Los espejos no son el origen de la luz, solo la reciben y la emiten a otro espejo, este a otro, etc. Si hay un rayo, es necesario que exista algo distinto de los espejos, una linterna, que genere el rayo sin recibirlo. En filosofía se dice que es necesaria una causa primera, que es aquella que no es causada. ¿Es razonable pensar que si ponemos infinitos espejos, podemos eliminar la linterna, o es más lógico pensar que en ese caso los espejos se quedarán sin rayo que reflejar? (Fig. 2).

Y lo mismo ocurriría si los espejos formasen un gran círculo sin bordes (Fig 3), o incluso llevasen ahí desde siempre: los espejos por sí solos no explican la existencia del rayo, ni mucho menos que este sea rojo o verde.

Fig. 2. Aunque hubiese infinitos espejos, si quitamos la linterna nos quedamos sin rayo de luz. Si vemos rayo de luz, es que hay linterna.



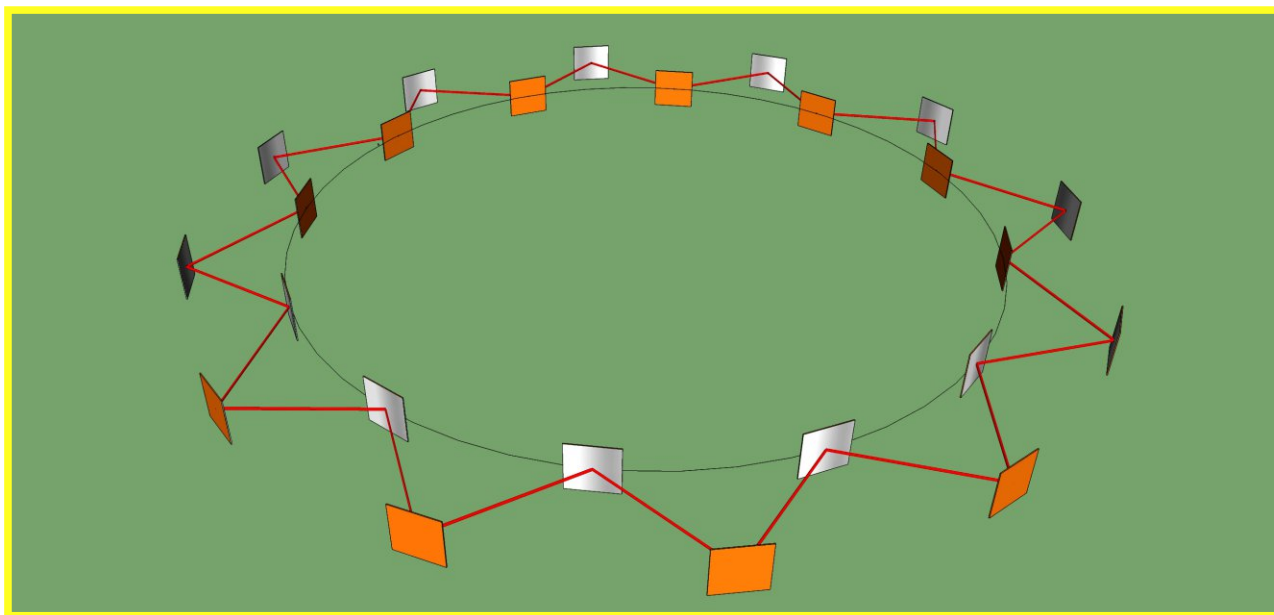
Algunos piensan que la materia podría ser el único objeto del universo sin causa, pero eso tiene el problema de cómo explicar por qué la materia tiene las características que tiene y no otras. En los demás objetos, sus características dependen de causas, por ejemplo, el color del rayo de luz depende de las características de la linterna.

Son cuestiones complicadas, que dan mucho que pensar y que pueden convencer más o menos, pero no cabe duda de que son argumentos razonables y de que esos

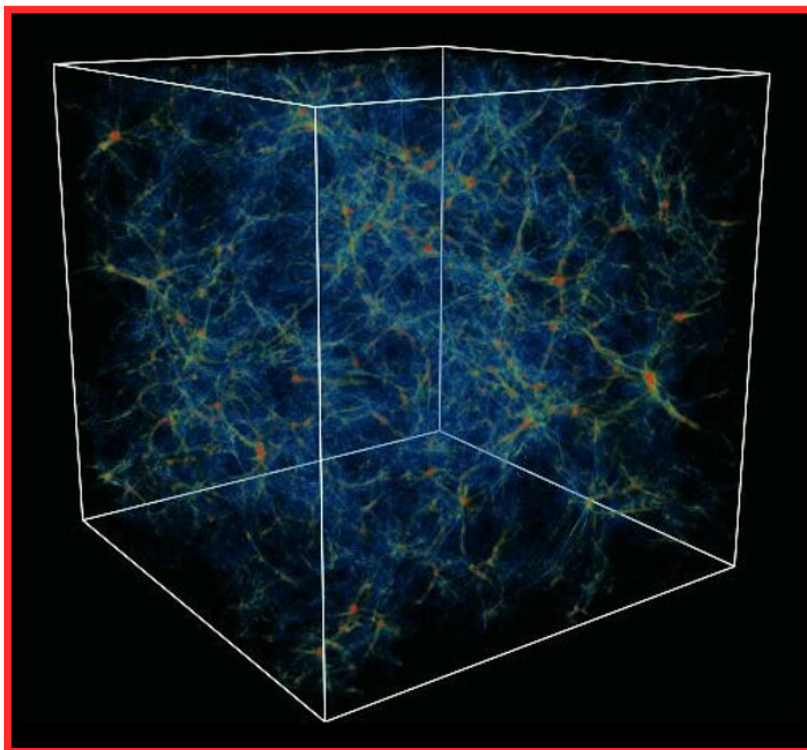
razonamientos se mueven en un plano distinto al de las ciencias experimentales.

En definitiva, la realidad es compleja (poliédrica, diríamos ahora), y su estudio se puede abordar desde distintos planos, desde distintos puntos de vista. Es importante saber en qué campo nos movemos, y, como dice el refrán, no pedir peras al olmo. La ciencia experimental nos dará explicaciones de cómo funcionan las cosas, pero no por qué existen. Para esa pregunta, sin renunciar a la razón, hay que acudir a otras disciplinas.

Fig. 3. Aunque no haya borde, para que haya rayo de luz se necesita una linterna. Y es la linterna la que hace que el rayo sea rojo o verde, no los espejos.



EL AJUSTE FINO DEL UNIVERSO



En el artículo anterior comenté algunas preguntas y puntos de debate que surgían con los alumnos al tratar el tema del Big Bang y el tema de la creación, que se mueven en planos distintos, y tratan de contestar a preguntas distintas. Ahora quería tratar otro tema sugerente que también se planteaba en esas ocasiones, y es el ajuste de los valores de las constantes físicas, que aparentemente no tienen nada que ver entre sí, y que tienen unos valores que posibilitan la vida sobre la Tierra. Interesantes libros recientes tratan el tema ^[1].

Tras el Big Bang, se formaron unas nubes de materia, que evolucionaron en un delicado equilibrio entre la velocidad inicial de la expansión, que tendía a separar las partículas, y la atracción gravitatoria entre ellas, que frenaba esa expansión. Si la velocidad inicial hubiese sido algo menor, esas nubes primordiales se habrían atraído

pronto, colapsando en un Big Crunch. Si la velocidad inicial hubiese sido mayor, las nubes se habrían dispersado, y no se habrían formado galaxias, estrellas y planetas^[2]. Se estima que los valores de la velocidad inicial de expansión y de la intensidad de la gravedad están ajustados al menos en $1/10^{60}$. ¿Tiene esto algún sentido?

[1] - Bollere, Michael-Yves y Bonnassies, Olivier. *Dios, la ciencia, las pruebas*. Madrid, Ed. Funambulista, 2023.

- González-Hurtado, José Carlos. *Nuevas evidencias científicas de la existencia de Dios*. Madrid, Ed. Voz de papel, 2023.

[2] Rees, Martin. *Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape The Universe*. New York. Basic Books, 2001.

La ciencia no nos habla de sentido, la ciencia mide. Por ejemplo, mide la constante de gravitación $G = 6'67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, que da la intensidad con la que se atraen dos masas. Y nos dice que si fuera un 10% más grande, las estrellas se fusionarían más deprisa y sólo habría gigantes azules, muy calientes y que se consumen muy rápido. El Sol habría sido una de ellas, y habría terminado su vida hace mucho tiempo, sin que la incipiente vida sobre la Tierra hubiera podido evolucionar. Si el valor de G fuera un 10% más pequeño, sólo habría enanas rojas, muy frías y con muchas más dificultades para poder desarrollarse la vida.

La ciencia mide que la fuerza eléctrica entre dos protones es 10^{36} veces superior a la fuerza de la gravedad entre ellos. Gracias a esto, las estrellas son enormes, ya que necesitan que se concentren muchos protones para que su gravedad venza la repulsión eléctrica entre ellos, hasta conseguir la fusión. Si la fuerza eléctrica fuese menos intensa, en cuanto se hubiese reunido una pequeña cantidad de átomos, hubiese empezado la fusión, y las estrellas serían más pequeñas, durarían sólo unos años, y no habría sido posible el lento desarrollo de la vida en la Tierra.

La fuerza nuclear fuerte es la que mantiene unidas a las partículas dentro del núcleo atómico, venciendo la repulsión eléctrica (Fig. 1). Si hubiese sido más intensa, el diprotón sería estable y no se produciría la fusión como la conocemos, en la que 4 átomos de H dan uno de He, y la evolución del Universo hubiese sido muy distinta. Si la fuerza nuclear fuese menos intensa, sólo habría núcleos de un protón, que es el H, y no habría núcleos de carbono, calcio o fósforo, imprescindibles para la vida tal como la conocemos.

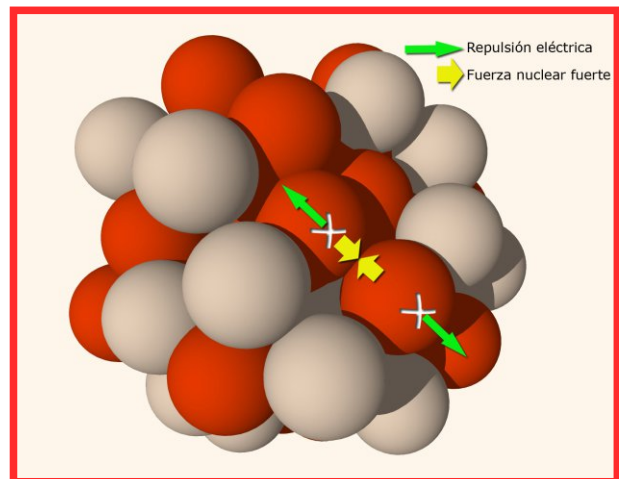


Fig. 1. La fuerza electromagnética (verde) tiende a separar los protones. La fuerza nuclear fuerte (amarilla), a unirlos.

Por otra parte, los elementos pesados se producen en el interior de estrellas masivas, que acaban estallando como supernovas. Con la explosión, se diseminan por el espacio esos materiales, que son necesarios para la vida. En esas explosiones son clave los neutrinos, que dependen de la intensidad de la Fuerza Nuclear débil. Si tuviese un valor menor, los neutrinos atravesarían la nube como si fuera transparente. Si tuviese un valor mayor, saldrían insuficiente número de neutrinos. Afortunadamente tiene el valor que tiene, y hay en el Universo los elementos necesarios para la vida.

Así podríamos seguir con otras constantes, cuyos valores parecen ajustados para la aparición de la vida sobre la Tierra. ¿Tiene esto algún sentido? Se puede responder diciendo que es la pregunta la que carece de sentido, porque si las constantes no tuvieran esos valores, no estaríamos planteando esas preguntas. Pero eso no responde al porqué, es renunciar a la razón. Si estamos ante un pelotón de fusilamiento, y todos fallan, podríamos decir que si no hubiesen fallado, no estaríamos preguntando qué ha pasado, pero eso no explicaría la cuestión^[3].

[3] Carreira, Manuel. *El origen del Universo*. Madrid. Didaskalos, 2020

La ciencia no habla de sentido, pero la razón puede intentarlo. Podríamos pensar que se ajuste se ha producido por azar. Pero el azar no produce nada. Cuando decimos que en la lotería de Navidad ha salido tal número por azar, manifestamos que no lo sabemos predecir, pero no que ha sido una especie de mano llamada azar la que ha hecho salir esa bolita. La bolita ha salido por efecto del llenado del bombo, de las interacciones entre las otras bolas, de los giros del bombo, de la mano que ha abierto la puerta en el momento adecuado por la que ha salido la bolita, etc. El azar significa que no podemos predecir algo, pero no es una causa que produzca cosas.

Otra posibilidad es pensar que puede haber infinitos universos, con valores distintos de las constantes, y que vivimos justo en el adecuado. ¿Es razonable? Requeriría que por cada universo con un valor de la gravedad diferente, haya infinitos universos con todas las velocidades iniciales del Big Bang, y para cada uno de esos infinitos al cuadrado universos, haya infinitos universos con los distintos valores de la fuerza nuclear, etc. Podría ser, pero la verdad es que cuesta trabajo admitirlo.

También podría haber un solo universo, con las constantes ajustadas al principio por alguien. Es razonable y sencillo. Pero como no son opciones científicas, no podemos aplicar la navaja de Ockham.

En un acto de creación (concepto no científico, sino de la razón), hay que fijar todos los detalles. Supongamos un ejemplo tomado de un cuento: un hada se presenta a un niño y le dice: “pídeme lo que quieras y te lo daré”. El niño pide un pastel, y el hada se lo da, con un acto parecido a una creación de la nada (Fig. 2). Pero si nos fijamos bien, el hada ha tenido que decidir que el pastel sea de



Fig. 2. En un acto de creación, hay que decidir todos los detalles: de qué está hecho, tamaño, sabor...

fresa, menta o de chocolate. Como ha sido de la nada, también ha tenido que concretar si era de galleta, de bizcocho o si llevaba pasta pastelera, y cuántos pisos debía tener, y el diámetro del pastel, etc. En un acto de creación de la nada, hay que fijar todos los detalles, por ejemplo, todos los valores de las constantes. Si se admite un creador, el ajuste de las constantes puede tener una finalidad, la de la aparición del hombre sobre la Tierra. Es razonable.

Por otra parte, si se admite a un creador de la nada, su potencia debe ser infinita (con un símil matemático, el cero sólo puede dar algo si se multiplica por infinito), y su sabiduría también, pues debe fijar la posición de todas las partículas y su comportamiento ordenado, con unas leyes.

Pero nos hemos vuelto a salir de la ciencia, aunque con la justificación de que, como la ciencia no nos contesta a todas las preguntas (p. ej. el sentido de las cosas), es lógico acudir a otros campos, también racionales.



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados. También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente colección. Más información en www.apea.es

