





**PARA JUGAR  
CON LA CIENCIA Y EL CIELO**

GRUPO QUARK  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE  
BERTHA MICHEL SANDOVAL  
MIGUEL GARCÍA GUERRERO  
Coordinadores

*Para jugar con la ciencia y el cielo*

Zacatecas, 2020

ISBN

Coordinación editorial

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE

BERTHA MICHEL SANDOVAL

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

Coordinación de arbitraje

SUSANA ASTRID PLIEGO MADERO

Arbitraje

MIGUEL ÁNGEL GARCÍA ASPEITIA

CÉSAR AUGUSTO MARTÍNEZ ROCHA

ALEJANDRO MUÑOZ GONZÁLEZ

EDGAR ARTURO RAMOS RAMBAUD

JACQUELINE SUZETTE RECHY GARCÍA

MÓNICA IVETTE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

MARLENE VIERA GONZÁLEZ.

TEXERE EDITORES

Dirección

JUDITH NAVARRO SALAZAR

Corrección de estilo

CITLALY AGUILAR SÁNCHEZ

Diseño editorial

MÓNICA PAULINA BORREGO LOMAS

Lecturas de control

ANITEY ÁVILA CUÉLLAR,

VANESSA ROSALES ÁVILA

Esta publicación, como parte del proyecto 283065 «Recreación en Cadena», es posible gracias al apoyo de la Convocatoria 2017 de Proyectos de Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de Conacyt.

# Índice

Presentación (de astronomía y talleres)  
¿Un conejo en la luna?  
Constelaciones en la pared  
El poder en las estrellas  
Exobiología  
Formación de planetas  
Estrellas de neutrones  
Galileoscopio  
Juegos planetarios  
Planetas en la palma de tu mano  
¿Por qué brillan las estrellas?  
Radioastronomía: Universo en colores  
Tela relativista



## **Presentación**

### **(de astronomía y talleres)**

### **El cielo nos llama**

Desde que el hombre es hombre el cielo nos ha hablado. De él aprendimos los primeros ciclos: el día y la noche, el cambio de las estaciones y eso que ahora llamamos año.

El cielo les decía a los antiguos egipcios cuándo crecería el Nilo, y a los pueblos mesoamericanos cuándo sembrar y cuándo cosechar.

De estas observaciones nació la astronomía. Aprendimos, como especie, a distinguir la marcha uniforme de las estrellas, el ir y venir de los planetas; vimos en los astros a héroes y a dioses, y contamos sus mitos.

Cuando se habla de la historia de la astronomía es obligatorio relacionarla con la historia del ser humano, puesto que han crecido a la par. Inclusive, cada religión tiene su cosmogonía y vincula el origen del Universo con el del hombre.

El deseo por explicar y conocer todo parte de la observación. Aquel que veía con atención comprendía su alrededor. Para la astronomía, el tiempo tuvo que ser más largo; debió incluso esperar a que la tecnología se desarrollara para comprobar las teorías hechas con siglos de anticipación. Es también la astronomía la que despierta en muchos el deseo por hacer ciencia, ya sea de forma profesional o como mero aficionado.

Todos hemos querido saber qué hay más allá del cielo, queremos un par de alas semejantes a las de Ícaro para poder ir y conocerlo todo. Si bien no son alas, sí hemos construido naves, estaciones espaciales y telescopios que nos han ayudado a comprender que como especie somos un diminuto grano de arena en un vasto y profundo desierto llamado «Universo».

Este libro honra los talleres de astronomía, siempre vistosos y llamativos; los que nos llevan a imaginar, a querer ser astronautas y científicos, y que de a poco nos muestran la grandeza del Universo.

## **El cielo nos sigue llamando**

Este material es posible gracias a la generosa colaboración de miembros de la Red Mexicana de Talleristas de Ciencia Recreación en Cadena, al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y, en especial, del Grupo Quark.

La estructura general de los textos en este libro se desprende del modelo usado por el Grupo Quark y el Museo de Ciencias de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se trata de un esquema perfectible, pero que ha probado su utilidad a lo largo de los últimos diez años.

La idea es ofrecer los elementos necesarios para que una persona que no conoce la actividad descrita pueda llevarla a cabo. Claro está que la sola lectura del texto no implica que la persona inmediatamente será capaz de realizar la dinámica de forma efectiva; se requiere interactuar con el material, practicar el procedimiento y madurar las ideas implícitas —hasta crear un discurso propio—, para convertirlas en un taller exitoso. Las descripciones que se ofrecen de cada modelo de taller incluyen hasta nueve puntos para facilitar su desarrollo; estos son:

*Título.* Nombre de la actividad. Se busca que llame la atención de los participantes y que se relacione con el tema abordado.

*Principios a revisar.* Conceptos científicos que se pretenden dar a conocer por medio del taller, o bien, las condiciones que se buscan desarrollar en los participantes.



*Material.* Insumos necesarios para llevar a cabo la actividad.

*Procedimiento.* Lineamientos generales, separados en pasos, para realizar el taller.

*Preguntas.* Son planteamientos útiles para invitar a los participantes a la reflexión, elaboración de conjeturas y construcción de conclusiones.

*Marco teórico.* Revisión de los principios científicos generales que ayudan a construir la explicación para el modelo de actividad.

*Abordaje sugerido.* Discurso propuesto por la persona que elaboró la sistematización para trabajar el tema en cuestión. Cabe aclarar que se trata de un abordaje muy subjetivo. En más de un sentido, los talleres sirven para contar historias. El cómo contar historias es algo profundamente personal y depende de un conjunto de factores que van desde nuestro contexto actual hasta las experiencias vividas. No hay una forma correcta o incorrecta de contar historias; lo que existe es un sello único e individual que cada quien aplica cuando realiza un taller. Sin embargo, y para aquellos que sientan que les falta experiencia, ofrecemos esto no como un instructivo, sino, cuando mucho, como un punto de partida.

*Datos curiosos.* Información complementaria para contextualizar los conocimientos construidos en el taller o vincularlos con la vida cotidiana de los participantes.

*Dinámicas útiles.* Actividades complementarias para dar claridad a los conceptos trabajados o para profundizar en algún tema específico.



# ¿UN CONEJO EN LA LUNA?

ADN APRENDE Y DESCUBRE LA NATURALEZA

JOSÉ EDUARDO GONZÁLEZ REYES, TANIA BENAVIDEZ GÓMEZ,  
LUZ GISELA MACÍAS CARRILLO, CLAUDIA MARÍA FABIÁN BAUTISTA  
ADN APRENDE Y DESCUBRE LA NATURALEZA

## Principios a revisar

- Especies endémicas: conejo teporingo
- Historia del telescopio
- Geología lunar

## Material

- Imágenes impresas en formato tabloide: conejo teporingo, Quetzalcóatl, mapa de la Luna, Galileo y su telescopio
- Títere de mano de conejo gris
- Títere de mano de Quetzalcóatl, serpiente emplumada
- Títere de mano de Quetzalcóatl humano
- 20 obleas blancas de 20 centímetros de diámetro
- 250 mililitros de chocolate líquido
- 20 pinceles desinfectados
- 2 godetes desinfectados
- 20 hojas de servitoallas
- 20 hojas guía del conejo de la Luna
- Gel antibacterial

## Procedimiento

El taller tiene una parte común y dos abordajes. El tallerista puede elegir uno o aplicar ambos de acuerdo con las condiciones en las que realice la actividad. Se finaliza con una práctica de reforzamiento.

1. Por medio de algunas preguntas, explorar el grado de conocimiento que tienen los participantes sobre la visualización de un conejo en la Luna.
2. Contar la leyenda azteca del conejo en la Luna con apoyo de los títeres y las ilustraciones a manera de cuentacuentos.
3. Promover la discusión para saber si el relato es verdadero o falso. ¿Qué pruebas podemos dar a favor o en contra de que haya un conejo en la Luna?

### ***Abordaje conejo***

1. Presentar los 5 tipos de animales vertebrados por medio de ejemplos representativos (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos).
2. Por medio de la exposición de pruebas, hacer que los participantes argumenten en qué grupo pueden ser incluidos los conejos. La prueba contundente para designarlo como mamífero es la presencia de glándulas mamarias (característica que presentan únicamente los mamíferos).
3. Mencionar que el conejo de la leyenda es el teporingo o zacatuche y presentar algunas de sus características (que es endémico, sus hábitos reproductivos, sus hábitos nocturnos, sus hábitos alimenticios, etcétera). Poner énfasis en su estatus de peligro de extinción.

### ***Abordaje astronomía***

1. Mostrar la lámina de Galileo Galilei y su telescopio. Preguntar si saben de quién se trata.
2. Contar la historia de Galileo como el primero en observar, por medio de un telescopio, los cráteres de la Luna; y que estos recibieron los nombres de mares y océanos debido a que se pensaba que estaban llenos de agua.
3. Promover la discusión sobre la presencia real de agua líquida en la superficie lunar.

4. Hablar de las misiones Apolo y la exploración de la Luna. Mostrar la fotografía de la Luna y retar al público a ubicar el lugar en el que descendió la misión Apolo 11.

### **Práctica**

1. Explicar la dinámica: los participantes copiarán sobre la oblea, usando chocolate, los cráteres de la Luna que forman al conejo. Se recomienda que lo haga primero el tallerista para hacer explícita la instrucción. Para ello contarán con la hoja base–mapa (figura 1) que se traspasa sobre la oblea y sirve de molde para los cráteres.
2. Pedir a los participantes que usen el gel antibacterial para limpiar sus manos.
3. Repartir una oblea por cada participante acompañada de una servitoalla.
4. Colocar el chocolate líquido al centro de la mesa y señalar que no se deben meter los dedos a los recipientes, ni chupar los pinceles (esta observación es fundamental con niños de 4 a 8 años).
5. Los participantes hacen la actividad.
6. Los participantes que así lo deseen pueden comerse la oblea.

### **Preguntas**

¿Hay un conejo en la Luna? Si hubiera un conejo real en la Luna, ¿podría sobrevivir sin ninguna protección? ¿Se puede ver todas las noches? ¿Quién observó por primera vez la Luna con mayor detalle? ¿Qué es una especie endémica? ¿Por qué una especie puede estar en peligro de extinción?

### **Marco teórico**

Las antiguas culturas que poblaron México explicaban por qué se podía ver una silueta parecida a un conejo en la cara

observable de la Luna. Diversas leyendas se han mantenido a lo largo del tiempo, por ejemplo, la de la creación del Sol y la Luna o la del encuentro de Quetzalcóatl con un conejo. Esta última es la que se narra en este taller poniendo énfasis en la parte final, en la que el dios recompensa al conejo por su nobleza colocándolo en nuestro satélite.

En la cara visible de la Luna podemos distinguir distintas manchas e incluso algunos cráteres distribuidos por zonas más claras y otras más oscuras. Las zonas oscuras eran las que los aztecas pensaban que formaban la silueta de un conejo.

En 1609, Galileo Galilei, al realizar las primeras observaciones con telescopio de nuestro satélite, denominó las zonas oscuras con el nombre de «mares y océanos lunares», pues creía que contenían agua líquida. Estas áreas son de enorme extensión y de poca pendiente; a simple vista las apreciamos con tonalidades oscuras debido a que están formadas por rocas ígneas similares en composición a las terrestres y rodeadas de montañas.

Aunque hoy sabemos que no hay agua líquida en la Luna, por convención, estas zonas mantienen sus nombres como mares u océanos.

## **Leyenda del conejo en la Luna**

La vieja leyenda azteca dice: Quetzalcóatl, serpiente emplumada, ser alado de la cola con brillantes colores arcoíris, fue a viajar una vez por el mundo de las figuras humanas. Como había caminado todo un día, a la caída de la tarde se sintió fatigado y con hambre, pero todavía siguió andando. La puesta del Sol le sorprendió y con la extraña penumbra del anochecer continuó hasta que las estrellas comenzaron a brillar sobre el negro de la noche y *Meztlí*, la Luna, se asomó a la ventana de los cielos. Entonces, en la oscuridad del bosque se sentó a la orilla del camino y estaba allí descansando

cuando vio a *Tochtli*, un pequeño conejito que había salido a cenar a la luz de las estrellas.



— ¿Qué estás comiendo?— le preguntó.

—Estoy comiendo zacate, ¿quieres un poco?

—Gracias, pero yo no como zacate.

— ¿Qué vas a hacer entonces?

—Morirme de hambre y de sed, tal vez.

El conejito se acercó a Quetzalcóatl y le dijo:

—Mira, yo no soy más que un conejito, pero si tienes hambre cómeme, estoy aquí.

Quetzalcóatl acarició al conejito y le dijo sonriendo:

—Tú serás más que un conejito, todo el mundo ha de recordarte siempre por el gesto de entregar tu vida para salvar la de alguien más, ¡qué gran corazón!

Lo levantó alto, muy alto, hasta la Luna, donde quedó estampada la figura del conejo en luz de plata. Después, lo bajó a la Tierra y le dijo:

—Ahí tienes tu retrato. Todos en todos los tiempos sentirán la grandeza de la humildad a través de ti.

Desde entonces los dos se hicieron buenos amigos y eternamente el conejo y su descendencia vivirán junto a los zacates, bajo las faldas de los volcanes.

El conejo del que habla la leyenda es muy probablemente un teporingo —*Romerolagus diazi*—, también conocido como zacatuche, tepolito o conejo de los volcanes. Es una especie endémica, es decir, su distribución es restringida y solo se encuentra en la parte central de México, en el Eje Neovolcánico Transversal.

La dieta básica de este conejo la constituyen los zacatones o grandes pastos (de donde viene su denominación de zacatuche). Se reproduce durante todo el año, pero incrementa esta actividad entre mayo y octubre, periodo que coincide con la época de lluvia. El zacatuche es un mamífero y una de las características más importantes que distinguen a este grupo de vertebrados de otros, como los peces o los reptiles, es la presencia de glándulas mamarias.

Su conservación es importante puesto que se encuentran en la base de la cadena alimenticia de las diversas zonas en las que habitan. Está clasificado como una especie en peligro de extinción (P) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001).

El conejo teporingo se puede extinguir como consecuencia del aumento de las prácticas agrícolas, ganaderas, de extracción de madera y de la cacería. Su hábitat está siendo destruido gradualmente y disminuye su extensión por la expansión de las grandes zonas urbanas de Toluca, México y Puebla.



## Abordaje sugerido

Durante la actividad del cuentacuentos haga énfasis en las características de los conejos: brincan, comen hierba, son pequeños, tienen orejas grandes, etcétera. Esto con el fin de retomarlas en el momento de describir la especie.

Preguntar a qué tipo de grupo de vertebrados pertenece, dando las 5 opciones posibles (peces, anfibios, reptiles, aves o mamíferos). Los participantes normalmente mencionan el hecho de que nacen de la madre (vivíparos) como la principal característica para ser mamífero. Sin embargo, esta característica no es exclusiva del grupo, ya que existen serpientes y peces que son vivíparos e incluso existen mamíferos que nacen de huevo, como los ornitorrincos. La característica distintiva y exclusiva de este grupo es la presencia de glándulas mamarias.

Poner énfasis en que la especie está en peligro de extinción y que se debe en gran medida al crecimiento desmesurado de poblaciones en las inmediaciones del Eje Neovolcánico. Se puede hacer que los participantes reflexionen sobre qué acciones se pueden tomar para proteger a esta especie.

En la parte de astronomía, se hablará de los conocimientos que se tenían sobre astronomía en la época de Galileo Galilei para que los participantes puedan comprender por qué él concluyó que había agua en los cráteres del satélite.

Al comenzar con la actividad práctica se deben explicar las instrucciones antes de repartir el material, esto con el fin de evitar que los participantes se lo coman antes de tiempo o lo usen de maneras no adecuadas o poco higiénicas.

## Dinámicas útiles

Mientras los participantes dibujan su conejo en la oblea, se pueden relatar otras leyendas, como la japonesa del conejo preparando el platillo Moshi–Moshi o la china en la que el conejo está haciendo un elixir de la inmortalidad.

## Datos curiosos

El Apolo 11 llegó a la Luna en julio de 1969 y alunizó en el Mar de la Tranquilidad.

Los primeros seres humanos en pisar la Luna fueron Neil Armstrong y Edwin Buzz Aldrin. Además de realizar distintos experimentos, la misión Apolo recogió 200 kilogramos de sedimentos lunares.

Podemos encontrar al conejo teporingo en las Sierras Chichinautzin, Ajusco y Sierra Nevada (volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl).

## Recursos para el taller

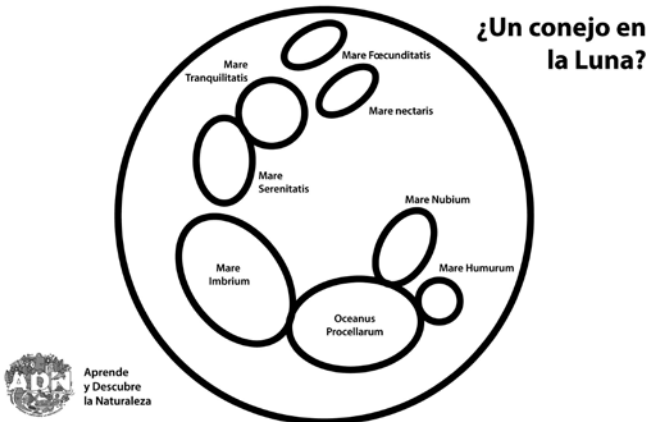


Figura 1. Hoja base–mapa de los cráteres de la Luna que forman la figura del conejo.

## Referencias

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: *Corredor biológico Chichinautzin*, disponible en <http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/teporingo.htm>

«Leyenda popular del conejo en la luna» disponible en: <http://leyendascortas.mx/leyenda-del-conejo-en-la-luna/>

RODRIGUEZ Blanco, M.: *Plan de manejo tipo para el conejo teporingo (Romerolagus diazi)*, Ciudad de México. SEMAR-NAT, 2010, disponible en: <http://bit.ly/2x88xqs>

SEGURA Peralta, A. «La Luna que pisamos», en *Antología de Astronomía: ¿Cómo ves?*, Ciudad de México, UNAM, 2015



# Constelaciones en la pared

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE

## Principios a revisar

- Constelaciones
- Proyección de imágenes

## Material

- 10 tiras de papel grueso tipo cartulina u opalina de 20 x10 centímetros
- 1 linterna
- Agujas de diferentes grosores
- Impresiones de constelaciones
- Cinta adhesiva

## Procedimiento

1. Hacer 10 conos sin punta con las tiras de papel. La parte más angosta tiene que embonar con la boca de la linterna.
2. Asegurarse de fijar bien cada cono con la cinta adhesiva para que no se vaya a despegar.
3. Recortar las constelaciones del tamaño de la boca grande del cono.
4. Perforar las estrellas de las constelaciones; las más grandes con la aguja gruesa y las más pequeñas con la delgada.
5. Fijar con cinta adhesiva la constelación a la boca más ancha del cono.
6. Encender la linterna y proyectar la imagen sobre una pared (el lugar tiene que estar oscuro).

## Preguntas

¿Qué es una constelación? ¿Las constelaciones son grupos de estrellas cercanas? ¿Por qué la imagen se ve más grande?

## Marco teórico

Las constelaciones son grupos de estrellas que recuerdan la forma de algún animal, personaje u objeto y que delimitan una región en la bóveda celeste. En la actualidad se conocen 88 constelaciones. La cantidad que podemos observar depende de la latitud a la que nos encontremos. Quien viva sobre la línea del Ecuador o cerca de él podrá contar un mayor número; por el contrario, entre más cerca se esté de los polos se observarán menos.

Debido a la traslación de la Tierra alrededor del Sol, las constelaciones no permanecen fijas en nuestro cielo nocturno. Si observamos todos los días el firmamento a la misma hora nos daremos cuenta de que poco a poco las constelaciones se mueven en dirección este-oeste. Gracias a esto, las antiguas civilizaciones podían predecir el tiempo en el que debían sembrar y cosechar, pues la aparición de algunas de ellas marca el comienzo de las estaciones.

Además de señalar las estaciones del año, las constelaciones nos ayudan a ubicar mejor otros objetos astronómicos, como galaxias, cúmulos o nebulosas. Así, cuando queremos encontrar la Galaxia del Sombrero decimos que se ubica en la constelación de Virgo, en tales coordenadas.

El primer compendio de estrellas que se realizó fue el *Almagesto* de Claudio Ptolomeo en el año 150 d. C.; en él se encuentran las 48 constelaciones antiguas. En 1603, Johann Bayer añadió 12 constelaciones más a su atlas estelar *Uranometría* ayudando así a los marineros a navegar en las aguas del hemisferio sur. En el siguiente siglo y medio, Jakob Bartsch, Tycho Brahe, Johannes Hevelius y Nicolas Louis de Lacaille completaron la descripción de las agrupaciones estelares. La lista de las 88 agrupaciones actuales fue definida en 1930 por la Unión Astronómica Internacional.

Aunque las estrellas agrupadas en cada constelación parecieran estar muy cerca unas de las otras, en realidad esto no es así. Las estrellas pueden estar a miles de años luz de distancia, y la intensidad de la luz que percibimos en cada una de ellas depende del tamaño que tenga la estrella y la distancia a la que se encuentre de la Tierra.

Cuando encendemos una linterna podemos observar que la luz no viaja siguiendo la forma que tiene la abertura de esta, sino que se propaga formando un cono de luz. Esta es una propiedad que tienen todas las ondas electromagnéticas, haciendo que el diámetro del haz se incremente respecto del diámetro de la apertura inicial. Así, las imágenes que se proyectan con la ayuda de la luz tendrán un mayor tamaño cuanto más se alejen de la fuente.

### **Abordaje sugerido**

Casi todos, desde que somos pequeños, hemos visto las estrellas en el cielo nocturno; al ser un poco mayores, nos percatamos de que no siempre podemos observarlas en el mismo lugar. Esto se debe a que la Tierra tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol, por lo que en diferentes momentos del año veremos estrellas diferentes en el firmamento; incluso durante la noche podemos seguir el movimiento de los astros.

Además de la época del año, también influye el lugar donde vivimos. Las personas que habitan en los países que están cerca del Ecuador pueden observar con facilidad las 88 constelaciones existentes. En cambio, los que viven cerca de los polos tienen una visión muy reducida del cielo. De hecho, las primeras constelaciones de que se tiene registro fueron las ecuatoriales y las del hemisferio norte, porque los egipcios, griegos y babilonios se encontraban en una latitud superior.

Gracias al conocimiento que se generó por la constante observación de las estrellas, los navegantes podían usarlas para ubicarse a falta de tierra firme y el trayecto del Sol. Ahora son muy útiles también para localizar con mayor facilidad objetos astronómicos como nebulosas y galaxias.

Las constelaciones no solo abarcan la figura que representan, sino que sus límites se extienden más allá, lo que ha dejado segmentada la bóveda celeste en 88 porciones no equitativas. Podemos incluso comparar un mapa celeste con un mapa de la República Mexicana y nos daremos cuenta de que sus límites están bien marcados, pero que cada entidad tiene un tamaño diferente.

Aunque el cielo que vemos no ha cambiado demasiado a lo largo de los siglos, sí lo ha hecho la forma en la que vemos las constelaciones. En la antigüedad se contaban solo algunas de ellas, pero con el paso de los años se incorporaron casi la mitad de las que contamos ahora. Fue en 1930 cuando la Unión Astronómica Internacional definió la lista y los límites de cada una.

Cada constelación se conforma por un número determinado de estrellas; algunas las podemos reconocer fácilmente por el tamaño y brillo que poseen, y otras pasan más bien desapercibidas. Eso podría hacernos pensar que si las vemos más brillantes deben ser más grandes que las otras, pero no siempre es así. La magnitud aparente de cada estrella depende de la distancia a la que se encuentran de la Tierra, así como a la intensidad del brillo determinado por su tamaño, es decir, puede haber dos estrellas semejantes en dimensión, pero alejadas por varios años luz, lo que resultará en que veamos una más grande que la otra.

Cuando jugamos a proyectar sombras utilizando nuestras manos y una lámpara, usamos una propiedad de la luz que se llama divergencia: entre más se aleja de la



fuelle, el diámetro aumenta. Al formar los conos con las hojas, hacemos que la luz se propague de forma controlada hasta la parte que tiene los orificios que creamos con las agujas, de ahí el haz de luz sale y vuelve a crecer hasta topar con alguna pared, donde veremos los puntos luminosos aumentados.

### **Datos curiosos**

De las 48 constelaciones que Ptolomeo menciona en el *Almagesto*, 47 siguen teniendo el mismo nombre. Con el tiempo, Argo Navis (Barco de los Argonautas), fue dividida en 3 constelaciones: Carina (La Quilla), Puppis (La Popa) y Vela (Las Velas).

Las constelaciones del Zodiaco tienen la peculiaridad de pasar todas por una franja llamada eclíptica, que es también el camino del Sol, la Luna y los planetas. Estas constelaciones pueden cambiar con el paso de los siglos. En la actualidad Escorpión está por salir de esta franja mientras que la constelación de Ofiuco comienza a posicionarse dentro de la eclíptica.

### **Referencias**

<http://www.astromia.com/universo/constelaciones.htm>

<http://www.astrocantabria.org/?q=historias-constelaciones-ly2>



# El poder en las estrellas

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## Principios a revisar

- Origen de energía de las estrellas
- Las 4 fuerzas fundamentales de la naturaleza

## Material

- 12 fibras para lavar trastes con forma de dona
- 12 ligas gruesas
- 2 dados

En caso de no conseguir las fibras se pueden usar globos alargados, de los que se utilizan para hacer figuras. Se deben inflar los globos aproximadamente en una cuarta parte de su capacidad y amarrar los extremos inflados, de modo que tomen la forma de dona.

## Procedimiento

El material considerado aquí contempla una dinámica en la que participan 12 personas. En caso de trabajar con un grupo más grande se deben agregar una dona y una liga para cada persona.

1. Dividir a los participantes en equipos de 6 integrantes. Los que sobren pueden armar su propio equipo con menos personas —deben ser al menos 4—, o bien, servir como supervisores y formar parte de un equipo en una segunda ronda.
2. Repartir una fibra (dona) y una liga a cada participante.
3. Deslizar la liga a través de los dedos índice, medio y anular de una de las manos (la que ellos decidan), dejándola ligeramente debajo de la parte media de los dedos.

4. Recorrer la dona en los mismos dedos en que se pusieron la liga, pero procurando que quede unos 2 centímetros debajo de la misma.
5. Explicar a los participantes que su mano representa un protón dentro de una estrella. La liga sería la interacción fuerte que une a los protones en los núcleos atómicos y la dona hace las veces de la fuerza de repulsión eléctrica entre partículas con cargas iguales.
6. Llevar a cabo un concurso con el objetivo de fusionar protones en los equipos:
  - a) Formar un pequeño círculo con cada equipo en el que los participantes voltarán hacia el centro. Uno de ellos tratará de meter sus dedos —los mismos de su liga—, en la liga de su compañero, aunque la dona les impedirá acercarse como necesitan.
  - b) La única forma de acercar 2 protones para que se enlacen es con ayuda de la probabilidad: con su mano libre los participantes se van a turnar para lanzar el dado y solo cuando obtengan un 6 podrán quitarse la dona para que su mano se pueda unir a la de otra persona (usando una liga).
  - c) Las donas «liberadas» representan la energía que sale de la estrella. El primer equipo que logre liberar energía en 3 ocasiones será el ganador.
7. Al cierre del juego, destacar que aunque aquí la probabilidad de pasar la barrera eléctrica (las donas) para acercar los protones es de 1 en 6, por el número de caras del dado, en el caso del Sol la probabilidad es de 1 en 10,000 cuatrillones.

## Preguntas

¿De dónde sale la energía que les permite brillar a las estrellas? ¿Qué pasaría si no existiera esa energía? ¿Será posible que algo tan pequeño como los protones sirva de combustible para algo tan gigantesco como las estrellas?

## Marco teórico

Hasta donde sabemos, todos los fenómenos físicos que ocurren en el Universo se pueden explicar a partir de 4 fuerzas fundamentales: la gravedad, la electromagnética, la interacción débil y la interacción fuerte. No se conoce ningún fenómeno que no se pueda entender con estas «4 fantásticas».

La fuerza electromagnética es la responsable de mantener unidos los átomos con la atracción que existe entre la carga positiva del núcleo atómico y las negativas de los electrones. Con esto, también hace posible la estructura de la materia tal como la conocemos. Todos los fenómenos de la electricidad, el magnetismo, la luz y todas las otras ondas electromagnéticas surgen de esta fuerza.

La interacción fuerte es la más intensa de todas las fuerzas; es 60 veces más intensa que la electromagnética, pero su acción se limita a distancias de menos de  $10^{-14}$  metros. Esta fuerza no existe afuera del núcleo atómico. Su efecto principal es unir a los quarks que forman los protones y neutrones (así como otras partículas menos comunes), a la vez que sus efectos secundarios le dan cohesión al núcleo atómico.

Una de las grandes maravillas de la naturaleza se encuentra precisamente en el hecho de que existen núcleos con 2 o más protones a pesar de que hay una repulsión entre ellos por su carga eléctrica positiva. A primera vista, la fuerza eléctrica de rechazo entre 2 protones parece hacer imposible acercarlos lo suficiente para que pueda entrar en

juego la interacción fuerte. Se necesitaría aplicar una enorme cantidad de energía para conseguir una distancia menor a  $10^{-14}$  metros. En la segunda década del siglo pasado, el físico Arthur Eddington demostró que ni en las estrellas habría energía suficiente para unir a los protones; algo hacía falta.

La pieza faltante llegó con la mecánica cuántica. Para esta teoría no existe una completa certeza de lo que va a ocurrir con una partícula subatómica específica a partir de ciertas condiciones, solo podemos saber la probabilidad de que ocurran diferentes resultados. Antes de que se mida el resultado de un proceso, las partículas están en todos los estados posibles, incluidos aquellos que desafían la lógica, y hasta que se interactúa con otro cuerpo se define un resultado particular. La probabilidad nos puede llevar a que —en ocasiones extremadamente raras— una partícula, que en principio no tiene la energía necesaria, aparezca en un estado que le permita vencer una gran barrera de energía (como la de la repulsión de los protones). Este fenómeno se conoce como «efecto túnel» y el físico George Gamow lo usó para explicar el proceso de fusión que crea núcleos atómicos en las estrellas, a la vez que genera la energía que liberan en forma de radiación.

En una estrella, la gravedad genera una enorme fuerza que atrae a todas las partículas al centro; esto produce grandes energías para las partículas en su interior, al grado de que no hay átomos, sino que los protones y electrones se separan. Por lo anterior se genera una presión muy grande debido al movimiento frenético de los protones, tanto que compensa la gravedad para evitar que la estrella colapse. Cada protón choca con otros protones miles de millones de veces por segundo. Si consideramos que el Sol tiene alrededor de  $10^{57}$  protones, esto nos lleva a unos  $10^{66}$  choques en cada segundo. A partir de los cálculos de

Gamow sabemos que solo 1 de cada  $10^{28}$  choques produce una fusión entre protones; es una probabilidad bajísima — es más probable que una persona gane la lotería 3 veces —, pero con tantos choques simultáneos cada segundo se producen  $10^{38}$  fusiones nucleares en el Sol.

Pero no todas las fusiones son iguales: el caso más sencillo es la de protón con protón, que produce un núcleo con 2 protones; pero casi de inmediato la interacción débil hace que uno de ellos se transforme en un neutrón, un positrón y un neutrino. Eso nos deja un átomo de deuterio o hidrógeno pesado; cuando el positrón choca con un electrón, se aniquilan y toda su masa se libera en forma de energía. Luego el núcleo de deuterio se puede fusionar con otro protón para formar helio 3 (con 2 protones y 1 neutrón) y liberar energía. Finalmente, en este ciclo básico, el helio 3 se llega a fusionar con otro helio 3 y se producen helio (con 2 protones y 2 neutrones, que es más estable) y 2 átomos de hidrógeno.

La cosa no para aquí, los átomos de helio se pueden seguir fusionando con hidrógenos (protones) para formar átomos más pesados. Pero entre más protones tienen los núcleos que se unen, más energía se necesita para seguir con la fusión, lo cual implica una estrella con más masa para que la gravedad ofrezca la energía suficiente para continuar con el proceso hasta llegar al hierro (el elemento más pesado que se produce con esta mecánica, los demás solo surgen en explosiones estelares).

La fusión nuclear que se lleva a cabo en el centro de las estrellas tiene la función de generar toda la energía que se libera en forma de varios tipos de rayos (sobre todo, ondas electromagnéticas como luz, infrarrojo, ultravioleta, rayos X, etcétera) y, al mismo tiempo, producir gran parte de los átomos que forman la materia que conocemos.

## Abordaje sugerido

La liga que tenemos en los dedos es un buen instrumento para unir los otros dedos pero, dentro del juego, hay un gran obstáculo para conseguirlo: la dona que tenemos en la mano no deja que se acerque lo suficiente a otro dedo para poder enlazarlos. Necesitamos encontrar alguna forma de superar esta barrera.

En el juego los dedos representan a los protones, partículas subatómicas. El número de protones en un átomo (y la correspondiente cantidad de electrones que los equilibran) determina el elemento químico que tenemos. La cantidad de protones con que cuenta un núcleo atómico es fundamental para las propiedades de la materia.

Un tema que les rompió la cabeza a muchos científicos es cómo se lograron juntar múltiples protones en un núcleo diminuto (con un radio 100,000 veces más pequeño que el átomo). Aunque la fuerza más grande de la naturaleza (la interacción fuerte) nos permite unir estas partículas, es necesario tenerlas muy cerca unas de otras para que esto ocurra y la repulsión electromagnética (entre cargas iguales) no las deja acercarse lo suficiente.

Entonces parecería que estas partículas están condenadas a la soledad, a no poder unirse para formar átomos más pesados que el hidrógeno (un protón es el núcleo de ese elemento). Según las teorías clásicas, ni con la energía de una estrella hay condiciones para acercar a los protones lo suficiente para que se unan en un nuevo núcleo; pero, aún así, existen elementos con muchos protones. Aquí entra en juego la sorprendente mecánica cuántica.

En el mundo cuántico de las partículas subatómicas las predicciones de lo que ocurrirá con un fenómeno no se dan con total certeza: tienen ciertas probabilidades de llevarse a cabo. Hay cosas muy poco probables, pero que aún



así pueden ocurrir. Las barreras de energía que bloquean por completo el paso desde la perspectiva clásica dejan un resquicio de avance gracias al efecto túnel: es como si la partícula de repente apareciera en un lugar en que ya superó el obstáculo. Para la barrera que representa la repulsión entre protones, la mecánica cuántica nos dice que no es imposible acercarlos lo suficiente para que se unan; solo que es muy, muy, pero muy poco probable: únicamente en uno entre 10,000 cuatrillones de choques de protones podrá producirse una fusión. La ventaja es que las estrellas tienen un número colosal de protones y cada uno de ellos choca con los otros miles de millones de veces por segundo, con lo cual en cada segundo tenemos sextillones ( $10^{36}$ ) de fusiones de protones.

Para cerrar todas estas vueltas, el poder de las estrellas viene de la energía con que la gravedad aprieta los protones para que —con un poco de ayuda de la física cuántica— se fusionen y liberen la energía que los repelía en forma de todo tipo de radiación.

## Datos curiosos

Hasta ahora no existe una sola teoría que nos ayude a entender por completo todos los fenómenos del Universo, los que tienen que ver con las diminutas partículas subatómicas y las colosales estrellas; tenemos una teoría para lo pequeño (la cuántica) y otra para lo gigantesco (la relatividad). Aún así, el comportamiento de las estrellas —la forma en que liberan energía y sirven como fábricas de elementos químicos— solo se explica con base en las reglas del mundo cuántico.

## Referencias

- Contemporary Physics Education Project: *Standard model of fundamental particles and interactions*, 2000, disponible en: <http://www.pha.jhu.edu/~dfehling/particle.gif>
- HEY, Tony y Patrick Walters: *The new quantum Universe*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003
- HOWARTH, Ian: *Astrophysical processes: nebulae to stars*, Londres, University College London, 2008

# Exobiología

LUIS STEVEN SERVÍN GONZÁLEZ Y VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE

CON IDEA DE TIFE

## Principios a revisar

- Vida en otros planetas
- Evolución
- Características biológicas de los seres vivos

## Material

- 5 barras de plastilina
- 20 limpiapipas cortados por la mitad (pueden ser de varios colores)
- 1 bolsita de lentejuelas
- 1 caja de palillos de dientes
- 50 botones de diferentes tamaños
- Varios trozos de estambre

\*La cantidad alcanza para 20 niños aproximadamente

## Procedimiento

1. Repartir un cuarto de barra de plastilina a cada niño. El resto del material ubicarlo en montones repartidos a lo largo del espacio en el que estén trabajando.
2. Pedir a los participantes que imaginen cómo puede ser un extraterrestre y que comiencen a darle forma con los materiales que tienen.
3. Solicitar que a esa imagen del extraterrestre le den características dependiendo de las condiciones del planeta donde vive. Utilizar ejemplos de los organismos que habitan nuestro planeta en múltiples ambientes que nos son familiares, como desiertos, tundras, junglas, montañas, etcétera. Por ejemplo, si el planeta tiene una atmósfera

muy delgada seguramente será difícil que los seres que habitan el lugar puedan volar. La idea es que los chicos dejen fluir su imaginación.

4. Pedir a los participantes que imaginen cómo sería la vida del extraterrestre: ¿qué come?, ¿cuáles son sus actividades diarias?
5. Cuando hayan terminado, escoger a 2 o 3 chicos para que pasen al frente y expliquen por qué hicieron a su extraterrestre así.

## Preguntas

¿Existen los extraterrestres? ¿Por qué las condiciones del planeta determinan las características de los seres que lo habitan? ¿Son todos los organismos en la Tierra iguales? ¿Puede haber extraterrestres en cualquier parte del Universo? ¿La vida de la Tierra llegó de otra parte?

## Marco teórico

La exobiología, también llamada astrobiología, es el estudio de la posibilidad de vida en otras partes del Universo. Esto no significa que en verdad haya vida en otros planetas o satélites, sino que se buscan las condiciones que sabemos pueden albergar vida, para luego hacer un estudio más profundo.

Generalmente, las personas creemos que la vida extraterrestre refiere a seres inteligentes, parecidos a nosotros o incluso con formas exageradas. Sin embargo, la vida que se busca es más bien parecida a las bacterias u organismos muy sencillos, ya que se adaptan mejor a las condiciones extremas.

La extensa investigación de la vida en nuestro planeta, y el descubrimiento de seres como los *extremófilos*, ha abierto un abanico de posibilidades ante la existencia de

vida en otras partes del Universo. La limitante es que solo conocemos la vida que hay en la Tierra: es más difícil identificar algo que no sabemos qué es. Por eso la exobiología tiene un enorme reto que enfrentar: concentrarse en la búsqueda de las condiciones que ya conoce mientras que no deja de ver hacia otro lado.

Por convención, son necesarias tres condiciones para que haya vida:

1. Un disolvente. En él se pueden llevar a cabo las diversas reacciones químicas que dan origen a la vida. Este debe tener un amplio rango de temperatura en el que se mantenga en estado líquido; además debe ser abundante. En la Tierra es el agua, pero no se descarta que en otros lugares pueda ser el amoniaco o el alcohol metílico.
2. Una fuente de energía. Los seres complejos de nuestro planeta necesitan en menor o mayor medida del proceso de fotosíntesis (directa o indirectamente), de la radiación ultravioleta y de descargas eléctricas.
3. Facilidad para formar compuestos. Las moléculas de los seres vivos han evolucionado de tal manera que cada vez son más complejas, y son pocos los elementos que permiten cadenas tan largas. El carbono es un elemento abundante en el Universo y se han observado formas de química orgánica más allá de la Tierra. Otro elemento viable es el silicio, aunque tiene una menor capacidad para formar moléculas tan grandes.

Además, la vida necesita de un replicador molecular que copie información y la reproduzca; algo similar al ADN.

A la región de los sistemas planetarios donde se concentra la investigación se le denomina «zona habitable», aunque muchos le llaman también zona «ricitos de oro». Este

espacio tiene condiciones ideales de temperatura: la posibilidad de encontrar agua en estado líquido, atmósfera e incluso un tamaño adecuado del planeta, entre otras. Esto no quiere decir que se descarten otros lugares, solo que existe una mayor probabilidad ahí.

Mucho se ha hablado acerca de si la vida se originó en la Tierra o si vino de algún otro lugar en cometas y meteoritos. Lo que es seguro es que fue aquí donde evolucionó, se adaptó y se formaron compuestos cada vez más complejos hasta expandirse por completo.

Las condiciones de nuestro planeta son las que generaron una amplia gama de especies. La atmósfera rica en nitrógeno y con presencia de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, junto a la distancia que hay hasta el Sol, permiten tener temperaturas en un rango no tan amplio, lo que estabiliza el ambiente. Además, hay grandes masas de agua dulce y salada con profundidades variables que ayudan a la diversificación de los organismos.

Para el estudio de la exobiología se suelen utilizar los microorganismos conocidos como *extremófilos* como referencia en la búsqueda de vida en condiciones planetarias extremas, como altas o bajas temperaturas, salinidad extrema, pH variado, etcétera. Entre los microorganismos «modelo» tenemos a las *Archeae*, provenientes de otra rama del árbol de la vida, semejantes a bacterias, pero con características moleculares distintas. En la amplia gama de organismos provenientes de esta rama encontramos organismos *termófilos*, que son aquellos que «aman» vivir en temperaturas muy altas; *psicrófilos*, aquellos que pueden vivir a temperaturas gélidas; *acidófilos*, los que sobreviven en condiciones acídicas; *anaerobios*, que pueden vivir sin oxígeno (incluso este suele ser veneno para ellos); *halófilos*, los que necesitan mucha sal para poder funcionar bien, entre otros muchos.

Pero no solo los microorganismos unicelulares son capaces de vivir en condiciones adversas, ¡también animales! El tardígrado, conocido como «oso de agua», es famoso por sobrevivir a condiciones tan adversas como en un rango de entre los 151°C y los -200°C; al vacío espacial y hasta poder entrar en un modo llamado criptobiosis mediante el cual es capaz de reducir su metabolismo; puede sobrevivir por años a la escasez de alimentos para luego volver a la vida normal una vez que se reanudan las fuentes de energía.

### **Abordaje sugerido**

Las películas y libros de ciencia ficción nos han dado una idea totalmente errónea acerca de lo que puede ser la vida fuera de la Tierra. Cuando escuchamos la palabra «extraterrestre» imaginamos hombrecitos verdes con grandes cabezas o insectos gigantes que quieren aprovechar los recursos que hay aquí. En fin, son incontables las formas que podemos crear en nuestra mente.

Sin embargo, cuando los científicos hablan de vida extraterrestre se refieren más bien a organismos simples, parecidos a las bacterias o los *extremófilos* que habitan en regiones tan extremas como la Antártida o la fosa de las Marianas. Recordemos que una célula es vida y, por lo tanto, encontrar vida fuera de la Tierra abarca desde células hasta organismos tan complejos como el ser humano.

Justamente, la exobiología, o astrobiología, se encarga de eso: buscar y encontrar las condiciones ideales donde puede haber vida; la exploración comienza ubicando lugares donde la posibilidad de encontrarla sea mayor. Esas regiones planetarias se denominan comúnmente zona «ricitos de oro», que nos recuerda al cuento infantil en el que la niña Ricitos escoge lo más suave, lo tibio y lo que tiene un tamaño adecuado para cubrir sus necesidades.

En el caso de los planetas, tienen que estar a una distancia adecuada de la estrella que orbitan para que la radiación que llegue sea suficiente para mantener una temperatura agradable, y debe tener el tamaño adecuado para que lo podamos ver (ya que la mayoría de los estudios se realizan desde acá).

Tomando como base la vida que conocemos, es decir, la vida en la Tierra, se deduce que son necesarias ciertas condiciones: se requiere que haya un disolvente en estado líquido, puede ser agua, amoníaco o alcohol metílico; una fuente de energía para que realice sus procesos biológicos; y un elemento (como el carbono) que le permita crear grandes moléculas que darán paso a las células. Se sugiere que debe existir también un replicador molecular que transmita los genes a su descendencia.

Además, la vida evoluciona según las condiciones ambientales que la rodean. La presión atmosférica, la temperatura, la humedad, etcétera, dan características muy específicas a los seres vivos. De hecho, aunque provengan del mismo ambiente, hay una gran cantidad de especies. El tiempo, sin duda, es uno de los principales aliados en la evolución: si las condiciones permanecen estables, los organismos podrán adaptarse e incluso volverse más complejos.

Si existiera vida extraterrestre tendría que estar en estrecha relación con su medio ambiente, pues este le proporcionaría tanto su alimento como sus otros medios de subsistencia.

Hasta el momento se han logrado identificar lugares donde es posible que la vida se haya desarrollado. Sin embargo, la investigación en astrobiología nos ha permitido indagar más en el conocimiento de nuestros propios organismos «extremos» y nos han otorgado múltiples beneficios. Ejemplo de ello son las muchas enzimas que



se han obtenido de estos bichos y que se han convertido en herramientas clave para técnicas en biología molecular (que a su vez desembocan en beneficios incluso para la salud) o en industria (procesos de fermentación a muy bajas temperaturas, alta salinidad, acidez, etcétera). La búsqueda de vida extraterrestre no ha terminado, se sigue tratando de identificar vida inteligente y, a su vez, microorganismos espaciales. Con el avance de la astrobiología, la ayuda de los organismos modelo de la Tierra y nuestra imaginación se sigue avanzando en el campo.

## Referencias

- <http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/annia/astrobio.htm>
- JONSSON, K. I., E. Rabbow, R. O. Schill, M. Harms–Ringdahl y P. Rettberg: *Tardigrades survive exposure to space in low orbit*, Suecia, Curr Biol, 2008
- LAZCANO, Antonio: *El origen de la vida. Evolución química y evolución biológica*, Ciudad de México, Trillas, 1979



# Formación de planetas

DAYAN BERNAL MIRANDA

## Principios a revisar

- Formación de planetas rocosos y gaseosos
- Teoría nebular
- Acreción

## Material

- Colorante azul, violeta y rosa
- Algodón
- Papel aluminio
- Rocas o piedras
- Agua
- Diamantina
- Bote de plástico transparente con tapa

## Procedimiento

1. Agregar agua al bote de plástico y mezclar los colorantes hasta obtener la pigmentación deseada para representar el cosmos (la cantidad de colorante dependerá del tamaño del contenedor; se sugiere comenzar de a poco).
2. Estirar el algodón para formar nubes cósmicas y sumergirlas en el bote de agua.
3. Representar el polvo cósmico echando diamantina en el bote y para los cuerpos rocosos utilizar piedras o bolitas de papel aluminio de diversos tamaños.
4. Cerrar muy bien el bote y agitarlo.
5. Observar cómo las piedras se van al fondo del vaso. Algunas bolitas de aluminio pueden estar en una zona intermedia y, a su vez, la diamantina y el algodón quedan en la superficie.

## Preguntas

¿De qué está formado nuestro planeta? ¿Qué diferencias existen entre los planetas más cercanos al Sol y los más lejanos?

### Marco teórico

La teoría nebular sostiene que hace aproximadamente 4,600 millones de años, el Sistema Solar se formó debido a un colapso gravitacional de una nube molecular que hizo que girara más rápido. Tan pronto como el material dentro de la nebulosa se condensó, los átomos en su interior comenzaron a colisionar con frecuencia creciente, causando que liberaran energía en forma de calor. El centro, donde se acumuló la mayor parte de la masa, se volvió cada vez más caliente que el disco circundante. Cuando las fuerzas en competencia asociadas con la gravedad, presión del gas, campos magnéticos y la rotación actuaron en ella, la nebulosa en contracción empezó a aplanarse, tomando la forma de un disco protoplanetario con una protoestrella caliente y densa al centro. Estos discos se extienden por varias unidades astronómicas y son bastante fríos, alcanzando apenas 1,000 Kelvin en su punto más caliente. Después de 100 millones de años, la temperatura y la presión en el núcleo del Sol se hizo tan grande que su hidrógeno comenzó a fusionarse, creando una fuente interna de energía que contrarrestó la fuerza de la contracción gravitacional hasta que se alcanzó el equilibrio hidrostático.

Se piensa que de esta nube de gas y polvo se formaron varios planetas. El mecanismo actualmente aceptado para la formación de los planetas es conocido como *acreción*. Los planetas comenzaron como granos de polvo en órbita alrededor de la protoestrella central, que a su vez colisionaron para formar cuerpos más grandes. Hacia el centro de

la nube se formaron planetas pequeños con una superficie rocosa y sólida con una alta densidad debido a su composición de silicatos. Estos planetas son Mercurio, Venus, Tierra y Marte. Por otra parte, los planetas más grandes son esencialmente gaseosos, tienen grandes diámetros y baja densidad. Júpiter es el más grande porque acumuló gases por un periodo más largo de tiempo, Saturno es el siguiente en tamaño. La composición de estos dos está dominada por hidrógeno y helio que forman aproximadamente el 97 y 90 por ciento de la masa, respectivamente. Para finalizar, Urano y Neptuno han sido considerados gigantes helados debido a su estructura, que está principalmente compuesta de hielo (ya que presentan mayor distancia al Sol), roca y gas. Estos planetas se diferencian de los gigantes gaseosos porque su proporción de hidrógeno y helio es mucho más baja respecto de Júpiter y Saturno.

### **Abordaje sugerido**

La teoría nebular plantea que el Sistema Solar alcanzó la forma actual a partir de una nebulosa molecular. Esta fue afectada por algún fenómeno que habría tenido lugar en las cercanías, como la explosión de una supernova o el paso de una estrella que causaría un fuerte impacto gravitacional. Como resultado de este evento, la materia se agrupó en distintos lugares. La alta concentración provocó que la nebulosa colapsara, convirtiéndose en una protoestrella (materia interestelar en proceso de condensación para formar una nueva estrella), es decir, materia gaseosa en la parte más externa y sólida hacia adentro. En el núcleo de esta estructura la temperatura es tan elevada que se producen reacciones nucleares para compensar la fuerza gravitatoria, lo que conduce a un equilibrio hidrostático (es decir, se forma una esfera) y a la formación de una estrella

fundamental: nuestro Sol. En otras zonas, aglomeraciones de materia comienzan a fundirse originándose grandes bloques que, bajo la presión de sus fuerzas de gravedad, adquieren formas esféricas: los planetas. Estos cuerpos comienzan a estabilizarse y ante la ausencia de nuevas colisiones equilibran sus órbitas, las que, debido al momento angular de la nube gaseosa, van en la misma dirección.

Dependiendo de la cercanía respecto de la estrella será su composición. En nuestro Sistema Solar tenemos los planetas rocosos (Mercurio, Venus, Tierra y Marte), en estos se ha producido una selección muy alta de la materia, dando lugar a productos como uranio, torio y potasio, con núcleos inestables que acompañan fenómenos de fisión radiactiva; tienen una superficie rocosa compacta y también encontramos atmósferas más o menos significativas. Más allá de Marte hay una enorme distancia para llegar a Júpiter; ocupada por miles de fragmentos rocosos: los asteroides, que forman una especie de cinturón y que, al igual que los planetas, orbitan al Sol.

En la parte externa del Sistema Solar encontramos los planetas exteriores: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que son considerados gigantes de gas, aunque los dos últimos tienen el centro sólido. Están constituidos básicamente por hidrógeno y helio; cuentan con sistemas de satélites; no disponen de fuentes termonucleares de energía y siguen liberándola en una proporción superior de la radiación solar que reciben. Otra característica en común de este tipo de planetas es que tienen anillos formados por pequeñas partículas en órbitas más cercanas que las de sus satélites.

## Datos curiosos

Si bien la teoría nebular parece responder la mayor parte de las cuestiones esenciales del Sistema Solar, hay una interrogante que aún no ha sido respondida. Al observar otros sistemas de la galaxia, se nota una gran variación en sus estructuras, en algunos casos, hay planetas gigantes cerca de las estrellas, algo que hasta el momento la teoría no es capaz de explicar.

## Referencias

<http://www.astromia.com/solar/gigantes.htm>

<http://www.astromia.com/solar/rocosos.htm>

<http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/7246/postulados-de-la-teoria-nebular-y-el-origen-del-sistema-solar>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Formaci3n\\_y\\_evolucion\\_del\\_sistema\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Formaci3n_y_evolucion_del_sistema_solar)





# Estrellas de neutrones

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## Principios a revisar

- Muerte estelar
- Detección de pulsares
- Campo magnético de estrellas

## Materiales

- 4 palitos de madera de 5 centímetros de largo
- 4 tramos de hilo de 40 centímetros de largo
- 2 barras de plastilina
- 8 limpiapipas
- 4 tijeras

## Procedimiento

1. Distribuir a los participantes en tres equipos con el mismo número de integrantes cada uno (en la medida de lo posible).
2. Entregar a cada equipo un palito de madera, un tramo de hilo, media barra de plastilina, unas tijeras y dos limpiapipas. Tú te quedarás con el material restante para ejemplificar el procedimiento y pedir que los equipos repitan las actividades que llevas a cabo.
3. Cortar cada limpiapipas en cuatro partes iguales, de manera que queden ocho tramos cortos.
4. Amarrar un extremo del hilo al centro del palito de madera.
5. Usar la plastilina para formar una esfera alrededor del centro del palito de madera, la cual deberá cubrir el punto donde está amarrado el hilo. Explicar que la esfera representa una estrella de neutrones y el hilo es su eje de giro.

6. Sostener el hilo por el extremo libre y dar un pequeño golpe a uno de los lados del palito, de forma que empiece a girar. Explicar por qué todos los objetos astronómicos giran sobre sí mismos.
7. Aclarar que los tramos de limpiapipas van a representar las radiaciones que produce la estrella de neutrones, pero estas emisiones no salen en todas direcciones, sino que se orientan de acuerdo a los polos magnéticos de la estrella. Por eso los limpiapipas se van a encajar en la esfera de plastilina de la siguiente manera: cuatro deben ponerse juntos apuntando en la misma dirección y el resto se colocará justo del otro lado de la esfera, apuntando en sentido contrario. Las direcciones en que diferentes estrellas de neutrones emiten los rayos son muy variadas, por eso cada equipo puede usar la orientación que quiera.
8. Un participante de cada grupo pondrá la estrella a girar y los demás verán cuáles son las direcciones en las que «salen» los rayos.
9. Para cerrar la dinámica, pedir que experimenten con tres orientaciones específicas (descritas a continuación) y reflexionar cuál caso será más fácil y más difícil de detectar para los astrónomos:
  - a) La salida de los rayos coincide con el eje de giro de la estrella (posición vertical).
  - b) La salida de los rayos forma un ángulo de  $90^\circ$  con el eje de giro de la estrella (horizontal).
  - c) La salida de rayos se acomoda en un ángulo intermedio entre los dos casos previos (diagonal).

## Preguntas

¿Qué ocurre cuando muere una estrella? ¿Tienen todas las estrellas el mismo destino? ¿De qué depende lo que ocurre con ellas? Si lo que queda después de la muerte de una estrella ya no manda luz, ¿cómo se puede detectar? ¿Qué pasaría si se encontrara en el cielo una región en la que en ratos llegan rayos y en ratos no? ¿Sería normal encontrar una señal intermitente en el cielo? ¿Es posible concentrar toda la masa de una estrella en un lugar del tamaño de una ciudad? ¿Qué pasaría con algo tan denso?

## Marco teórico

Toda la materia conocida, incluidas las estrellas, está formada por átomos. Estas partículas, a su vez, cuentan con tres componentes: electrones (con carga eléctrica negativa), protones (con carga positiva) y neutrones (sin carga eléctrica). Los protones y los neutrones en conjunto forman un núcleo muy pequeño con un diámetro unas 10,000 veces menor al del átomo, y los electrones se distribuyen en niveles de energía para formar una especie de nube a su alrededor. Como los electrones son mucho más pequeños que los protones y neutrones, cualquier objeto hecho de átomos (incluso los más sólidos que se nos puedan ocurrir) en esencia está hueco: 99.99 por ciento del espacio que ocupa está vacío.

A pesar de que los átomos son objetos en verdad diminutos, desempeñan un rol fundamental para la vida de las estrellas. La gravedad produce una enorme fuerza que atrae toda la materia al centro y esto les da altas energías a las partículas, a tal grado que los átomos se separan en los núcleos y electrones. La energía que resulta de la fuerza de gravedad genera una presión muy grande: causa un movimiento frenético de los núcleos, con un sinfín

de choques entre ellos, tanto que compensa la atracción hacia el centro y evita que la estrella colapse. Esta presión, combinada con el efecto de túnel cuántico,\* hace posibles procesos de fusión nuclear que generan la energía con la que las estrellas nos mandan luz, calor y otras formas de radiación.

Conforme avanzan los procesos de fusión, la estrella pasa de estar formada por casi puro hidrógeno (1 protón en el núcleo), a un predominio de helio (núcleo con 2 protones y 2 neutrones) y luego elementos más pesados como litio (3 protones y 4 neutrones) o berilio (4 protones y 5 neutrones). Entre más protones tienen los átomos de una estrella habrá mayores fuerzas de repulsión eléctrica entre ellos (por tener cargas del mismo signo), por lo que se necesita más energía para seguir con la fusión. Cuando la gravedad de una estrella no es lo suficientemente grande para mantener los procesos de fusión nuclear, decimos que se le acabó el combustible.

Si una estrella comienza a quedarse sin el material necesario para fusionar, se produce menos energía; con esto la gravedad vence a la presión y ocurre un colapso que disminuye el tamaño del astro en cuestión. Con una mayor

\* En la escala clásica, la que podemos observar cotidianamente, cuando un cuerpo requiere superar una barrera (como una persona al brincar un obstáculo), si no se tiene la energía suficiente, no hay forma de pasar. En cambio, en la dimensión cuántica no todo está totalmente definido: una partícula que en principio no tiene energía suficiente para superar una barrera (como la fuerza de repulsión eléctrica entre dos protones), puede tener una variación de energía en tiempos muy cortos y así «atravesar» el obstáculo que parecía infranqueable. Esto es lo que se conoce como *efecto de túnel cuántico*. La probabilidad de que algo así ocurra es inversamente proporcional a la diferencia entre la energía de la partícula y la energía de la barrera; por ejemplo, en el Sol se necesitan  $10^{28}$  choques entre protones para que en uno de ellos el efecto túnel permita que se fusionen.

concentración de materia se acelera el ritmo de fusión de los átomos ligeros que quedan y hay un aumento súbito de la temperatura que lleva a una gran expansión; se produce una gigante roja. Cuando esto le ocurra a nuestro Sol, su diámetro será cien veces mayor al actual.

El núcleo de la estrella, la parte más densa, sigue con la fusión de átomos más pesados hasta llegar al carbono (6 protones y 6 neutrones en su núcleo). La energía que se produce expulsa al espacio las capas exteriores de la estrella y se forma una nebulosa planetaria. En el centro queda una enana blanca, con el tamaño de la Tierra, pero con una masa cercana a la del Sol. Conforme los procesos nucleares siguen hasta llegar al límite que les permite la gravedad, el astro se irá apagando para convertirse en una enana negra. En casos con una mayor cantidad de masa, la fusión puede seguir hasta llegar al hierro (26 protones y 30 neutrones) pero, aunque más grande, su final será prácticamente el mismo que el del Sol.

Pero no todas las estrellas tienen el mismo fin. El límite de Chandrasekhar establece la masa necesaria para que una estrella pueda tener un final mucho más espectacular: una supernova. Cuando una estrella tiene más de 1.44 veces la masa del Sol, se rebasan las condiciones para una enana blanca estable. La gravedad es tan intensa que obliga a los electrones a meterse en los núcleos atómicos. Esto desencadena procesos en los que la interacción débil transforma protones, electrones y antineutrinos en neutrones. Este cambio, da lugar a dos situaciones extraordinarias:

1. La desaparición de los protones y electrones elimina las condiciones que generan el espacio «hueco» dentro de los átomos y también la distancia entre ellos. Antes

teníamos un 99.99 por ciento de espacio vacío y ahora tenemos un lugar totalmente lleno de neutrones.

2. El proceso no se lleva a cabo de forma gradual. En realidad ocurre con un colapso violento y una espectacular explosión: la supernova. Este evento libera tanta energía que durante varios días (o incluso semanas) desde nuestra perspectiva brilla más que una galaxia completa.

Una vez que pasa el colapso lo que queda es uno de los objetos más densos conocidos: una estrella de neutrones. Se trata de un cuerpo con la masa del Sol comprimida en un radio de unos 20 kilómetros; si sacamos un «pedazo» del tamaño de un terrón de azúcar, pesaría alrededor de 1,000 millones de toneladas (lo mismo que una montaña).

Además, por la conservación de momento angular, las estrellas de neutrones giran sobre sí mismas a un ritmo vertiginoso, mucho mayor al de las estrellas normales. El momento angular se obtiene multiplicando el radio del objeto por su masa y la velocidad al dar vueltas. La conservación de esta magnitud implica que si el tamaño se reduce la velocidad de giro va a aumentar de forma proporcional. Es como cuando una patinadora gira a un ritmo moderado con los brazos y piernas extendidos, pero sus vueltas se vuelven mucho más rápidas conforme pega las extremidades al cuerpo. Así, el colapso violento de una estrella masiva enorme a una diminuta estrella de neutrones la lleva a dar vueltas sobre sí misma en menos de un segundo. De hecho, el ritmo más alto registrado es de 43,000 revoluciones por minuto.

Las estrellas de neutrones no emiten luz de la misma forma que las estrellas comunes; sin embargo, gracias a la interacción de sus poderosos campos magnéticos con algunos remanentes de protones y electrones en su superficie, pueden emitir luz, ondas de radio y rayos X. Aquí hay una

situación interesante: los polos de sus campos magnéticos definen la dirección en la que salen los rayos, pero no necesariamente coinciden con sus ejes de giro. En la Tierra tenemos un eje de giro que prácticamente coincide con los polos magnéticos, por lo que este tipo de emisiones apunta siempre en la misma dirección; en cambio, en la mayoría de las estrellas de neutrones los puntos de emisión giran con la estrella misma. Esto genera algo así como un faro astronómico: puntos en el cielo que parecen prenderse y apagarse, en realidad son estrellas de neutrones que emiten rayos en todo momento, pero solo los vemos cuando apuntan directo hacia nosotros.

## Abordaje sugerido

Siempre que queremos detectar un objeto (sea a través de luz u otro tipo de ondas electromagnéticas) necesitamos que mande una señal hacia nosotros. En caso de que los rayos vayan para otro lado no podemos percibirlos. Eso es lo bonito de las estrellas normales, envían luz en todas direcciones. Por eso, cuando es de noche y el Sol no las opaca, podemos encontrar los astros en ciertos lugares habituales en el firmamento, siempre mandan rayos para marcar su posición.

Imaginen la sorpresa de Jocelynn Bell, una joven investigadora que en 1967 hacía observaciones con un radiotelescopio, cuando se topó con una señal en el cielo que estaba prendiendo y apagando. Nadie lo esperaba y no parecía ser un efecto natural, incluso no faltó quien pensó en que era una señal que venía de una civilización extraterrestre (por eso inicialmente se referían a la emisión como LGM-1, que significaba *Little Green Man 1*).

Al analizar la situación más a detalle, se dieron cuenta que las señales tenían periodos bien definidos y las bautizaron como pulsares. Más adelante, se llegó a la conclusión de

que era la primera vez que se encontraba una estrella de neutrones, un objeto astronómico que predijeron Walter Baade y Fritz Zwicky en 1934 (aunque en ese momento nadie les hizo caso).

Las estrellas de neutrones son remanentes de supernovas, explosiones que ocurren cuando estrellas con más de 1.44 veces la masa de nuestro Sol agotan su combustible para mantener los procesos de fusión nuclear. Estos procesos son los que le dan a la estrella la energía para mantener un tamaño estable (compensando la atracción de la gravedad) y emitir los rayos que nos permiten detectarlas.

Una estrella de neutrones tiene condiciones en verdad extremas. Para empezar, tiene una masa parecida a la del Sol en un tamaño 50,000 veces más pequeño (su diámetro equivale al tamaño de una ciudad como Zacatecas). Además, estos objetos giran sobre su propio eje a un ritmo vertiginoso: los casos más lentos dan una vuelta cada 2 segundos, pero hay algunos que llegan a realizar 700 ciclos por segundo. Finalmente, hay que decir que —a diferencia de las estrellas comunes—, no emiten luz en todas direcciones, sino que se limitan a lanzar señales en direcciones específicas, porque sus colosales campos magnéticos aceleran las partículas en la superficie hacia los polos y generan rayos de diferente tipo (ondas de radio, luz, rayos X).

De hecho, la clave del aparente encendido y apagado de las señales de una estrella de neutrones se encuentra en la salida de los rayos desde sus polos magnéticos. Si los polos estuvieran alineados con el eje de giro de la estrella los rayos irían siempre en la misma dirección, pero esto casi nunca ocurre. Lo más frecuente es que los polos magnéticos sean independientes del eje alrededor del cual se dan las vueltas, por eso la señal apunta a diferentes lados conforme la estrella realiza el giro.



## Datos curiosos

Cuando Jocelyn Bell descubrió el primer pulsar era una estudiante de doctorado en la Universidad de Cambridge en Inglaterra. Como es normal en estos casos, le llevó la información a su asesor Antony Hewish para interpretarla. Juntos publicaron un artículo para dar a conocer el descubrimiento. Aquí es donde vienen dos cosas inusuales: pasaron solo siete años para que se entregara un Premio Nobel para reconocer el descubrimiento (¡Qué bien!) y dejaron fuera del premio a la persona que realizó el hallazgo en primer lugar (¡Qué mal!).

Jocelyn nunca se ha quejado por no haber sido reconocida con el Nobel por su descubrimiento; en repetidas ocasiones ha recalado que entiende que normalmente este premio no se entrega a estudiantes. Sin embargo, un premio de esta magnitud no debería tratarse de grados académicos, o cualquier otro tipo de criterio ajeno a los aportes científicos.

Lo bueno es que a Bell no le hacen falta reconocimientos. La comunidad científica asocia siempre con ella el hallazgo de los pulsares y en 2018 recibió el Premio Breakthrough de Física Fundamental. Este último galardón no es tan famoso como el Nobel —porque apenas fue creado en 2013 por iniciativa de millonarios como Sergey Brin (Google) y Mark Zuckerberg (Facebook) para reconocer a personas que han hecho contribuciones profundas al conocimiento humano—, pero entrega más del doble de dinero (3 millones de dólares, mientras que el Nobel solo entrega 1.2).

Jocelynn Bell donó ese dinero para apoyar proyectos que ayudan a que personas de sectores con poca representación en la física tengan más oportunidades para seguir una carrera en este campo.

## Referencias

HEY, T. y P. Walters: *The new quantum universe*, New York, Cambridge University Press, 2018

[https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/objects/neutron\\_stars1.html](https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/objects/neutron_stars1.html)

<https://www.scientificamerican.com/article/what-causes-objects-such/>

# Galileoscopio

## Ciencia desde cero

FELIPE DE JESÚS CERDA HERNÁNDEZ

### Principios a revisar

- Refracción
- Tipos de lentes
- Telescopio refractor

### Materiales

- Rectángulo de cartulina de 22.5 por 35 centímetros
- Lente esférica de +2.00 dioptrías\* y 65 milímetros de diámetro (figura 1)
- Lente esférica de -6.00 dioptrías\*\* y 65 milímetros de diámetro (figura 2)\*\*\*
- Cinta doble cara
- Cinta adhesiva transparente
- Tijeras
- Colores de madera, crayones o plumones

\* Se llama *lente convergente*, pues es más gruesa en el centro que en las orillas; está formada por la intersección de dos superficies esféricas. La medida +2.00 dioptrías significa que la luz que la atraviesa se enfoca, formando imágenes nítidas, a medio metro (50 centímetros) de la lente.

\*\* Se llama *lente divergente*, pues es más gruesa en las orillas que en el centro. Las caras de esta lente son secciones de superficies esféricas. La medida -6.00 dioptrías significa que el foco de la lente está a un sexto de metro (16.66 centímetros, aproximadamente) de ella.

\*\*\* Puedes conseguir las lentes en una óptica, es decir, el establecimiento en el que se elaboran anteojos.



Figura 1. Lente de +2.00 dioptrías    Figura 2. Lente de -6.00 dioptrías

## Procedimiento

1. Colocar el rectángulo de cartulina en una mesa o superficie firme para trabajar.
2. Seleccionar una de las caras de la cartulina para dibujar los objetos que Galileo Galilei observó en el cielo o las cosas que a ti te gustaría ver a través de un telescopio (Figura 3). Se pueden utilizar colores de madera, crayones o plumones.
3. Dar vuelta a la cartulina y observar que el rectángulo tiene dos lados largos (35 centímetros) y dos lados cortos (22.5 centímetros).
4. Pegar una tira de cinta doble cara en cada uno de los lados cortos del rectángulo de cartulina (Figura 4). Pasar los dedos sobre la cinta un par de veces para asegurar que esta se haya adherido correctamente.



Figura 3



Figura 4

5. Enrollar el rectángulo uniendo sus lados largos para formar un cilindro (Figura 5). Cuidar que la cara decorada quede hacia fuera. Repetir esta operación tres veces hasta que la cartulina se mantenga curva.
6. Mantener las lentes al alcance de tu mano. Siempre tomar las lentes por los bordes para evitar ensuciarlas (Figura 6).



Figura 5



Figura 6

7. Quitar el papel protector de las dos tiras de cinta doble cara con mucho cuidado y descubrir el pegamento bajo ellas (Figura 7).
8. Tomar la lente divergente ( $-6.00$  dioptrías) y colocarla sobre el pegamento de una de las cintas doble cara (Figura 8).



Figura 7



Figura 8

9. Colocar la lente convergente ( $+2.00$  dioptrías) sobre el pegamento de la otra cinta doble cara (figura 9).
10. Enrollar la cartulina alrededor de las lentes de modo que se forme un cilindro (figura 10).



Figura 9



Figura 10

11. Pedir a otra persona que ayude a pegar los bordes del cilindro con una tira de cinta adhesiva transparente (figura 11).
12. El Galileoscopio está terminado (figura 12). Aproximar uno de los ojos a su lente divergente y ver cómo los objetos lejanos parecen más cercanos.



Figura 11



Figura 12

## Preguntas

¿Quién fue Galileo Galilei? ¿Qué son las lentes y cómo funcionan? ¿Para qué sirve un telescopio? ¿Qué descubrió Galileo con su telescopio?

## Marco teórico

Galileo Galilei (1564–1642) fue un filósofo, matemático, físico y astrónomo italiano. En 1609, se convirtió en el primer hombre en observar el cielo nocturno con un telescopio y registrar los resultados de sus observaciones en más de una decena de libros que escribió en italiano, la lengua popular;

por lo que también se le considera uno de los primeros divulgadores científicos.

El telescopio de Galileo, también conocido como Galileoscopio, es un instrumento compuesto por dos lentes de curvaturas diferentes, cuya finalidad es aumentar el tamaño de objetos lejanos al ser observados a través de este. Al contrario de lo que se piensa, Galileo no inventó el telescopio, sino que lo desarrolló a partir de las descripciones de artefactos similares usados en otras partes de Europa.

Las lentes son objetos transparentes limitados por dos superficies de las cuales al menos una es curva (figura 13). Las lentes tienen la capacidad de desviar los rayos de luz que las atraviesan gracias al fenómeno conocido como refracción.

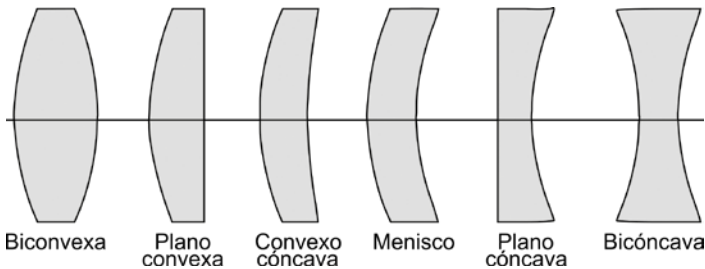


Figura 13. Lentes

La refracción ocurre cuando la luz va de un medio transparente a otro, como por ejemplo del aire al agua. En estas circunstancias, los rayos de luz que entran al agua cambian de dirección para compensar que su velocidad en ese entorno es menor que la velocidad que la luz llevaba en el aire. Del mismo modo, los rayos de luz que atraviesan una lente se desvían porque su velocidad dentro del material (vidrio o mica) es menor que en el aire.

El modo en que una lente desvía la luz depende del material del que está hecha, pero también de su forma. De

frente, las lentes del Galileoscopio, o telescopio refractor, son circulares; sin embargo, al observarlas de perfil se aprecia que tienen distinta curvatura: una de ellas es más gruesa en el centro que en las orillas (lente convergente, la de +2.00 dioptrías) y la otra es más gruesa en las orillas que en su centro (lente divergente, la de -6.00 dioptrías).

Converger, de donde viene la palabra «convergente», significa que «el todo» llega a un solo punto. Entonces, cuando un haz de luz atraviesa esta lente, todos sus rayos se concentran en un solo punto llamado foco real (figura 14).

Divergir, de donde proviene la palabra «divergente», significa que «el todo» sale de un mismo sitio. De este modo, cuando un haz de luz atraviesa esta lente, sus rayos se abren como si todos ellos vinieran de un solo punto conocido como foco virtual (figura 15).

Al reunir los conceptos anteriores se explica cómo funciona un telescopio que usa estos dos tipos de lentes: la que recibe la luz de un objeto, un planeta o una estrella es una lente convergente (u objetivo), que concentra todos los rayos de luz dentro del tubo que une ambas lentes. La segunda lente es divergente (u ocular, pues frente a ella se coloca el ojo para observar), puesto que capta la luz que proviene de la otra lente y la abre de nuevo (figura 16). El efecto conjunto de ambas lentes es que las imágenes se muestran derechas y de mayor tamaño.

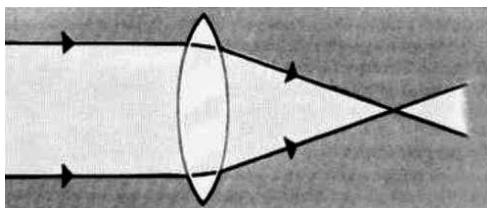


Figura 14. Lente convergente



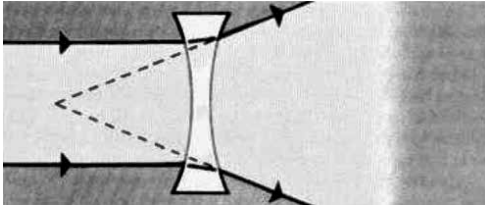


Figura 15. Lente divergente

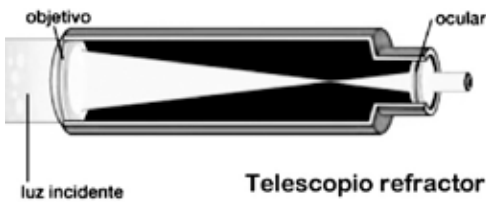


Figura 16. Diagrama del Galileoscopio

El aumento o magnificación ( $M$ ) de esta clase de telescopios es el negativo de la división del número de dioptrías de la lente ocular ( $D_{oc}$ ) entre el número de dioptrías de la lente objetivo ( $D_{ob}$ ). En nuestro caso:

$$M = - D_{oc} / D_{ob} = - (-6.00 / +2.00) = - (-3) = +3$$

Cuando el aumento tiene signo positivo significa que la imagen amplificada está derecha, no al revés.

Al igual que nuestro Galileoscopio, el primer telescopio que construyó Galileo Galilei también era capaz de aumentar tres veces el tamaño de objetos lejanos, o sea, que se observan como si estuvieran tres veces más cerca. A lo largo de su vida, Galileo elaboró más de sesenta telescopios, siendo el mejor de ellos uno que aumenta 20 veces el tamaño de las cosas.

A través de sus telescopios de refracción, Galileo Galilei observó los cráteres de la Luna, apreció las fases de Venus y dedujo que dicho planeta se mueve alrededor del Sol, descubrió 4 lunas del planeta Júpiter (Io, Europa, Ganímedes y Calisto), avistó los anillos de Saturno y se percató de la existencia de las manchas solares. Tales resultados revolucionaron el conocimiento que en su tiempo se tenía de los cielos y renovaron la forma de hacer y difundir la ciencia.

### **Abordaje sugerido**

El tallerista reúne al público para contarles quién fue Galileo Galilei y cuál es su importancia en el campo de la astronomía pues, a pesar de no haber inventado el telescopio de refracción, adaptó este invento para llevar a cabo la observación de cuerpos celestes. Asimismo, se comentan los descubrimientos que Galileo realizó con sus telescopios: cráteres, satélites, planetas, estrellas, etcétera.

Para hablar del telescopio y su funcionamiento, el tallerista puede acompañar su charla con el reconocimiento de las piezas con que se construirá el Galileoscopio. Basados en la historia de Galileo y sus descubrimientos, los participantes pueden decorar la cartulina que se convertirá en el tubo de sus telescopios.

Al presentar las lentes y explicar su funcionamiento debe hablarse de la refracción, el fenómeno que sucede cuando un haz de luz va de un ambiente transparente a otro. A consecuencia de la diferencia de velocidades que tiene la luz en uno y otro entorno, los rayos se desvían de su dirección original, lo que se aprovecha para fabricar las lentes. La refracción explica por qué un objeto parcialmente sumergido en agua parece haberse «roto» al cruzar hacia el líquido. Esto sucede con un popote dentro de un vaso con agua o con nuestro cuerpo cuando entramos en una piscina.

A medida que el armado del Galileoscopio continúa, el tallerista explica que este es un telescopio refractor compuesto por dos lentes con distintas curvaturas: una convergente o positiva, y una divergente o negativa. Las lentes convergentes son más gruesas en el centro que en las orillas y son capaces de concentrar, o enfocar, la luz que pasa a través de ellas. Por su parte, las lentes divergentes son más gruesas en las orillas que en el centro y cuando la luz pasa a través de ellas la abren como si toda viniera de un punto más cercano a la lente de lo que está el objeto del que proviene la luz.

El tallerista puede pedir a los participantes que observen a través de cada una de las lentes y, posteriormente, a través de ambas colocadas una frente a la otra, variando la distancia que las separa. Esto les permitirá descubrir la capacidad de amplificación del arreglo de lentes y también identificar cuál de ellas es el ocular (la lente que se coloca frente al ojo, que es la divergente) y el objetivo (la lente que apunta hacia el objeto que observamos, que es la convergente).

El Galileoscopio funciona porque la luz que proviene de un objeto, planeta o estrella atraviesa el objetivo o lente convergente que, a través de la refracción, desvía los rayos de luz para enfocarlos o concentrarlos. Por su parte, el ocular o lente divergente capta esta luz y la «abre» como si proviniera de un objeto más cercano. El efecto final de este arreglo de lentes, una convergente y una divergente, es que los objetos que se observan aparecen derechos y más grandes. El Galileoscopio elaborado en esta actividad tiene la capacidad de aumentar hasta 3 veces el tamaño de un objeto, es decir, se ve como si estuviera 3 veces más cerca. Con estas mismas características contaba el primer telescopio que construyera Galileo Galilei.

Al terminar con el armado del Galileoscopio, los participantes pueden jugar con él, observando los objetos lejanos que los rodean. Es muy importante que el tallerista advierta que nunca debe observarse directamente el Sol ni con un telescopio ni con anteojos ni a simple vista, pues podemos dañar nuestros ojos de manera irreversible. Las observaciones que Galileo Galilei efectuó sobre la superficie del disco solar contribuyeron a que, hacia 1632, perdiera la vista.

### **Datos curiosos**

1. Cuando la luz de un objeto cruza una lente se forma la imagen del objeto. Si este se colocara en la posición donde se forma su imagen, la nueva imagen se formaría en la posición donde originalmente se encontraba el objeto. A esto se le conoce como principio de reversibilidad de la luz y permite entender por qué la orientación de las lentes (si se colocan con la «pancita» hacia afuera o hacia adentro del tubo) no tuvo relevancia al armar el Galileoscopio, pues invertir la orientación de las lentes equivale a intercambiar la posición del objeto y su imagen.
2. Al observar a través del Galileoscopio es posible que, en las orillas de la imagen, los colores aparezcan distorsionados con respecto de los colores del objeto que se mira. Esto se llama aberración cromática y se debe a que la lente es incapaz de enfocar en un solo punto todos los colores que vienen incluidos en la luz. Alrededor de 1670, Isaac Newton descubrió que la luz blanca está compuesta por los siete colores del arcoíris. Al atravesar una lente cada color se desvía en una dirección ligeramente distinta a la del color anterior, lo que impide que la lente los pueda enfocar en un único punto. El mismo Isaac Newton corrigió este defecto al incluir un espejo parabólico en

el diseño de su telescopio, el telescopio newtoniano o reflector, lo que obliga a los colores a volverse a «juntar» al formar la imagen del objeto observado.

3. Las observaciones astronómicas de Galileo Galilei le dieron fama y respeto en los círculos intelectuales de la Europa renacentista, pero también le trajeron problemas con la institución más importante de su tiempo: la Iglesia Católica. Los descubrimientos de Galileo fueron investigados y censurados por la Santa Inquisición por contradecir las ideas religiosas sobre la creación del Universo al revelar que no todos los objetos celestes se mueven en torno de la Tierra (como es el caso de las lunas de Júpiter o los anillos de Saturno), que nuestro planeta no es el centro del Universo (puesto que Venus se mueve alrededor del Sol y no de la Tierra), que los cuerpos celestes no son esferas perfectas (como la superficie de la Luna, cubierta de montañas, valles y cráteres) y que el disco solar presenta manchas (las manchas solares, que restan perfección al Sol). Galileo fue obligado a retractarse por estos descubrimientos y, en 1633, fue condenado a arresto domiciliario de por vida.

## Referencias

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec\\_5.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec_5.htm)

[http://www4.tecnun.es/asignaturas/funfis\\_2/Apuntes/Optica%20geometrica.pdf](http://www4.tecnun.es/asignaturas/funfis_2/Apuntes/Optica%20geometrica.pdf)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic\\_aberration](https://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic_aberration)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Dioptre>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Galilei](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Lens\\_\(optics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lens_(optics))

<https://es.scribd.com/doc/52558759/74/Principio-de-reversibilidad-optica>

## **Fotografías**

Ángeles Sofía Alvarado Muñoz (figuras 1 a la 12).

# Juegos planetarios

PAVEL ENRIQUE MANCERA PIÑA

## Principios a revisar

- Sistema Solar y Sistema Heliocéntrico
- Gravedad y órbitas
- Planetas
- Traslación y rotación
- Estaciones del año
- Eclipses
- Tránsitos planetarios

## Material

- Espacio amplio
- Cuerda o estambre y gis
- Letreros de identificación para cada astro

Para poder explicar todos los conceptos se requieren de al menos cinco participantes.

## Procedimiento

1. El juego consiste en aprender cómo se mueven los cuerpos que hay en el Sistema Solar. Para ello cada participante representará el astro que más le guste (no se pueden repetir). Los indispensables son el Sol, los planetas interiores y la Luna. Si hay suficientes personas se pueden usar también los planetas exteriores, sus lunas y el cinturón de asteroides, por ejemplo.
2. Una vez escogidos los astros, cada uno se debe colocar en su respectiva órbita. Las órbitas no tienen que ser precisas, basta con que sean aproximadamente circulares y que estén a diferentes distancias del Sol (no olvides mencionar que las posiciones son ilustrativas y no están a escala).

3. Una vez colocados los planetas, se indica cómo se mueven alrededor del Sol y ellos deben ir siguiendo sus órbitas de traslación (sin olvidar su inclinación y movimiento de rotación propios).

## Preguntas

¿Por qué los planetas giran alrededor del Sol? ¿Cómo se mueven? ¿Cómo afectan los movimientos de la Tierra a las estaciones del año? ¿Cómo se forma cada tipo de eclipses? ¿Qué es un tránsito planetario y con qué planetas es posible?

## Marco teórico

El Sistema Solar (SS de aquí en adelante) está formado básicamente por el Sol, los planetas que giran a su alrededor —como la Tierra—, sus lunas y algunos asteroides, además de grandes cantidades de gas. Durante mucho tiempo se creyó que todos los cuerpos, incluido el Sol, giraban en torno de la Tierra en un modelo llamado *sistema geocéntrico*. Sin embargo, los astrónomos (incluso desde tiempos de los griegos) pronto se dieron cuenta de las dificultades que presentaba ese modelo para explicar los movimientos observados de los astros y poder predecirlos con exactitud, por lo que, con el paso del tiempo, otro modelo se fue arraigando más y más. El nuevo modelo, desarrollado formalmente por el monje y astrónomo polaco Nicolás Copérnico (al que le tomó cerca de 25 años completarlo), tomó el nombre de *modelo heliocéntrico*, pues afirmaba que los cuerpos giraban alrededor del Sol.

Este modelo se ajustaba mucho mejor a las observaciones y, a pesar de tener algunas ideas no del todo precisas, el concepto central era correcto, por lo que la teoría de Copérnico revolucionó la astronomía. Gracias a los trabajos posteriores de otros astrónomos como Galileo Galilei, Tycho



Brahe, Johannes Kepler e Isaac Newton, entre otros, ahora sabemos con bastante precisión cómo se mueven todos los cuerpos del SS y cómo se mueve él mismo en un brazo espiral de nuestra galaxia, la Vía Láctea, e incluso cómo se mueve esta última en nuestro vasto Universo.

Los planetas y demás cuerpos del SS giran alrededor del Sol en caminos o trayectorias llamadas *órbitas*. Estas, que en principio pueden ser cerradas (periódicas) o abiertas (de forma que los objetos nunca vuelven a pasar por donde ya pasaron) son prácticamente circulares (en realidad son elipses, pero muy cerca de ser círculos perfectos) y son distintas para cada planeta. Los planetas y cuerpos no se mueven a la misma velocidad y están a diferentes distancias del Sol, por lo que todos tardan tiempos distintos en dar una vuelta completa a nuestra estrella (un tiempo al que llamamos *periodo orbital*). A cada vuelta al Sol se le suele llamar *año*, así que en cada planeta los años duran un tiempo distinto (¡La llave de la eterna juventud está en viajar a otro planeta! Por ejemplo, una persona de ochenta años en la Tierra, en Júpiter tendría menos de siete años «jupiterinos»... claro que no por eso vivirías más, pero al menos serías siempre joven hasta la llegada de la Catrina).

A todo esto, ¿por qué orbitan los planetas? Debido a la atracción gravitacional que el Sol ejerce sobre ellos. La gravedad es una fuerza que atrae dos cuerpos cualesquiera en el Universo con más intensidad mientras más masivos sean y más cerca estén. Como el Sol es lo más masivo cercano a nosotros, todos los planetas se sienten atraídos por él, y la fuerza que ejerce sobre ellos genera el movimiento planetario en las órbitas. Otro enfoque que se le puede dar es el del mismísimo Albert Einstein: de acuerdo con él, los cuerpos muy masivos deforman el espacio (y el tiempo) a su alrededor (como una pelota pesada en una sábana

extendida), y los movimientos orbitales son solamente las trayectorias de los planetas a través de la curvatura generada. Para fines prácticos es lo mismo y resulta en que estamos girando y dando la vuelta al Sol y así será hasta que nuestro planeta deje de existir.

¿Es válido que en nuestro juego pongamos todos los cuerpos a la misma altura? Sí, porque, debido al proceso de formación planetaria, los planetas están situados prácticamente en un mismo plano llamado *eclíptica*. Otra cosa interesante es que los planetas no están «derechitos», sino más bien inclinados, como una persona a la que le pesara la cabeza y se fuera de lado. El ángulo de inclinación se mide a partir del *eje de rotación*, que es una línea imaginaria que atraviesa el planeta por ambos polos.

El movimiento de traslación da lugar a los años; el de rotación da lugar al día y la noche: cuando el Sol ilumina una parte del planeta en ese lugar es de día, y cuando esa parte de la Tierra está «de espaldas» al Sol, en ese lugar es de noche. ¿Qué pasa con las estaciones del año? Estas son originadas por la inclinación del planeta respecto de la eclíptica: por ejemplo, cuando la Tierra se mueve con el eje del polo norte viendo hacia el Sol, el hemisferio norte recibe más radiación solar que el hemisferio sur, y viceversa, cuando es el polo sur el que está apuntando al Sol recibe una mayor cantidad de radiación. En conclusión, cualquier hemisferio que apunte al Sol se traduce en verano. Estas diferencias en la radiación recibida dan lugar a los cambios de clima a los que llamamos *estaciones*.

Un último punto interesante para mencionar son los eclipses lunares y los tránsitos planetarios, fenómenos que son semejantes entre sí: los eclipses ocurren entre el Sol, la Tierra y la Luna. Cuando la Luna se interpone entre la Tierra y el Sol, se genera un eclipse solar (nos eclipsan,

es decir, nos tapan el Sol). Cuando la Tierra se interpone totalmente entre el Sol y la Luna haciendo que la Luna se ensombrezca al no recibir luz del Sol directamente, ocurre un eclipse lunar.

Por otra parte, un tránsito sucede cuando un planeta se interpone entre otro planeta y el Sol. Debido a que nosotros estamos en la Tierra, los únicos planetas cuyos tránsitos podemos ver son Mercurio y Venus, pues son los que están más cerca del Sol que nosotros. Durante los tránsitos, lo que se puede observar es cómo un pequeño círculo (muy pequeño debido al tamaño de Mercurio y Venus comparados con el Sol) va atravesando el disco solar. Los tránsitos son fenómenos muy raros, porque, además de ser solo posibles con dos planetas (desde nuestro punto de observación, la Tierra), es necesario que estos estén alineados entre sí. Por ejemplo, en un siglo completo solamente hay un promedio de 13 tránsitos de Mercurio.

### **Abordaje sugerido**

El juego se puede acortar o extender dependiendo de los conceptos que se quieran revisar. Es posible poner a las personas del taller en las distintas órbitas y pedirles que se muevan de la forma que ellos quieran y comprobar que se movieron sin orden ni concierto. Quizá la única regla que todos siguieron inconscientemente fue moverse en torno del Sol. Esto se debe a que desde pequeños nos enseñan que el sistema heliocéntrico, propuesto hace cerca de quinientos años por el astrónomo Nicolás Copérnico, es el que se adecua a la dinámica de nuestro SS.

Además, ¿te das cuenta de lo caótico que sería si los planetas pudieran moverse con la libertad como lo hacemos nosotros? Habría choques por todas partes, colisiones espectaculares y seguramente un espectáculo pirotécnico de

primer nivel. Lamentablemente, por eso mismo, no habría ninguna posibilidad de que hubiera humanos observando y, en general, que cualquier forma de vida pudiera surgir:

Evidentemente, los movimientos del SS no son aleatorios y siguen unas reglas específicas. La física impone las reglas de cómo se mueven los planetas, y la «mandona» en este caso es la ya mencionada gravedad. Como el Sol es el «grandulón» de nuestro SS, mantiene atados gravitacionalmente todos los demás cuerpos. Gracias a la gravedad y al proceso de formación planetaria, los planetas se mueven en trayectorias bien delineadas y que no se cruzan, permitiendo que nuestro SS sea un lugar muy tranquilo. Estas trayectorias se llaman *órbitas*; aunque no son círculos perfectos, están cerca de serlo, lo que sabemos gracias a las observaciones de astrónomos como Tycho Brahe y Johannes Kepler. El hecho de que todos los planetas estén en el mismo plano o a la misma altura es debido a que se formaron de material que estaba girando y una propiedad llamada *momento angular* hace que el material se distribuya en un plano (como cuando los pizzeros giran una pizza rápidamente y la masa se vuelve un disco cada vez más largo y angosto).

Para representar los planetas con participantes, debemos recordar los dos principales movimientos planetarios: el de traslación alrededor del Sol, y el de rotación sobre su propio eje.

Comencemos con la traslación, que es el movimiento a través de las órbitas. Como los planetas giran más rápido mientras más cerca del Sol estén, el participante que representa Mercurio impone el ritmo al que los demás deberán orbitar: ¡A aguantar el paso! No hay que olvidar que cada planeta puede tener lunas, que, a su vez, se trasladan alrededor de ellos, ¡no vayan a dejarlas por ahí!

En cuanto a la rotación, se trata de girar sobre sí mismo respecto de un eje, como un palo que atraviesa una naranja. Cada planeta tiene distinta inclinación y la mantiene siempre igual durante su traslación. ¡Para ser un buen planeta, no hay que dejar de hacer los dos movimientos a la vez!

Sabemos que un año es el tiempo en el que un planeta da la vuelta al Sol. Mientras más lejos estemos de nuestra estrella, más tiempo dura un año, por lo que un año en un planeta lejano puede ser equivalente a cientos de años (de vueltas al Sol) para un planeta cercano.

Nos podemos percatar también de que, debido a la inclinación del eje de rotación en los planetas para distintas épocas de la vuelta al Sol, se recibirá mayor o menor radiación, cambiando así el clima y dando lugar a las estaciones del año. El hemisferio de cada planeta que esté orientado hacia el Sol disfrutará de las estaciones cálidas, mientras que el hemisferio opuesto pasará un poco de frío.

Una vez que ya estamos familiarizados con el movimiento de traslación y rotación, podemos concentrarnos en los tránsitos planetarios y en los eclipses.

Durante el desarrollo del juego nos damos cuenta de que algunas veces las lunas de los planetas se interponen entre ellos y el Sol. Esto impide a la luz llegar a las superficies planetarias, oscureciendo nuestro día por el tiempo que dure el eclipse. Este bloqueo de luz puede ser total o parcial. Si las lunas solamente bloquean una parte de la luz (lo cual es más común), se origina un eclipse solar parcial; cuando se bloquea toda la luz, un eclipse total solar. Por otra parte, cuando es el planeta el que se interpone entre los cálidos rayos del Sol y alguna luna, se produce un eclipse lunar; debido a que el planeta genera una sombra que oscurece a la luna.

Los tránsitos ocurren cuando un planeta se interpone entre el Sol y otro planeta, viéndose como una mancha que

atravesará el disco solar. Los participantes que son planetas exteriores tendrán varios tránsitos, pues tienen más planetas entre ellos y el Sol; conforme nos acerquemos a los planetas interiores, menos probables serán los tránsitos. Desde la Tierra solamente se pueden apreciar los tránsitos de Mercurio y Venus. ¡Si se te presenta la oportunidad no la desaproveches!

Ten cuidado: si ves acercándose algún cuerpo sin una órbita como la de los planetas, podría ser algún asteroide que se salió del cinturón de asteroides que hay entre Marte y Júpiter; si la mala suerte te acompaña, podría chocar contigo y no sería nada agradable, ¡pregunta a los dinosaurios!

### Datos curiosos

Los planetas tienen distintos ángulos de inclinación respecto de la eclíptica; los hay muy pequeños, como el de Mercurio, que prácticamente no tiene inclinación ( $0.01^\circ$ ); medianos, como el de la Tierra ( $23.26^\circ$ ); o muy grandes, como el de Urano, que en realidad gira «acostado» ( $\sim 98^\circ$ ) o el de Venus, que está «de cabeza» ( $\sim 177^\circ$ ).

Decíamos que un año es distinto en cada planeta, por ejemplo, un año en Mercurio dura unos 3 meses terrestres, en Saturno dura 29.5 años terrestres, y uno en el planeta enano, Plutón, equivale a 248 años en la Tierra.

Las velocidades de rotación también son muy diversas: Mercurio tiene un día de 58 días terrestres, Venus de 243, Saturno 10 horas y 40 minutos, y Neptuno poco más de 16 horas, por poner algunos ejemplos.

¿En qué dirección giran los planetas? La mayoría sigue el llamado *movimiento directo*, que quiere decir que orbitan en contra de las manecillas del reloj visto desde el polo norte solar. En el SS, Venus y Urano giran en *movimiento retrógrado*, es decir, en el sentido de las manecillas del reloj. Esto se debe a lo inclinados que están sus ejes de rotación.

# Planetas en la palma de tu mano

BERENICE GÓMEZ MARTÍNEZ

## Principios a revisar

- Introducción a la astronomía
- Características de los planetas

## Material

- Hilo elástico para pulsera
- Cuentas para pulsera: chaquiras negras, estrella amarilla o naranja\*
- Piedrita dorada para representar a Mercurio\*\*
- Piedrita café para representar a Venus
- Piedrita azul (un poco más grande que la anterior) para representar a la Tierra
- Piedrita roja para representar a Marte
- Piedrita blanca o grisácea que represente a Júpiter
- Piedrita amarilla para Saturno
- Piedrita azul para Urano
- Piedrita en otro tono de azul para representar a Neptuno

## Procedimiento

1. Colocar la estrella que representa al Sol en el hilo elástico.
2. Enseguida, poner 5 o 6 chaquiras negras (dependiendo del tamaño que quieras la pulsera). Se aconseja que el elástico mida aproximadamente 22 centímetros.

\*Los colores son aproximaciones. Cada persona deberá tener 8 piedritas que representarán a cada planeta, una estrella y varias chaquiras negras que simbolizarán el espacio.

\*\*El tamaño de la estrella y las piedritas puede variar, pero se debe tener en cuenta que se hará una pulsera con ellas, por lo que no deben ser muy grandes.

3. Colocar a Mercurio y 5 chaquiras negras, después Venus y 5 chaquiras negras, repetir el proceso hasta terminar con el último planeta que es Neptuno.
4. Atar los extremos con firmeza para evitar que se zafe.

## Preguntas

¿Cuántos planetas hay en nuestro Sistema Solar? ¿Cuáles son rocosos y cuáles gaseosos? ¿Hay algún planeta que gire en sentido inverso a los demás?

## Marco teórico

El Sol es una estrella, una esfera de gas muy caliente y brillante. La mayor parte de la energía utilizada por los seres vivos procede del Sol. Las plantas la absorben directamente y realizan la fotosíntesis, los herbívoros absorben indirectamente una pequeña cantidad de esta energía comiendo las plantas, y los carnívoros absorben una pequeña cantidad de esta energía comiendo a los herbívoros.

Mercurio es el planeta más cercano al Sol y el más pequeño de nuestro Sistema Solar. Mercurio es menor que la Tierra, pero más grande que la Luna. No tiene atmósfera que lo proteja de los meteoritos y por eso está lleno de cráteres. Los romanos le pusieron el nombre del «mensajero de los dioses» porque se movía más rápido que los demás planetas.

Venus tiene una capa tan gruesa de nubes que no podemos ver su superficie. Contiene azufre, que le da un color amarillento y el efecto invernadero que produce es tan fuerte que derrite la superficie de piedras. Su tamaño es parecido al de la Tierra. Los primeros astrónomos pensaban que Venus era dos cuerpos diferentes porque unas veces se ve un poco antes de salir el Sol y otras justo después de la puesta. Venus gira sobre su eje muy lentamente y en sentido contrario al de los planetas, por eso el dicho de que las mujeres son de Venus.



La Tierra se formó hace 4,600 millones de años, es el planeta en el que vivimos y el único habitado de nuestro Sistema Solar. Está situado en la ecosfera, un espacio que rodea al Sol y que tiene las condiciones adecuadas para que exista vida. La Tierra es el más denso y el quinto mayor planeta del Sistema Solar. Los elementos químicos más presentes son el hierro (alrededor del 32 por ciento), el oxígeno (alrededor del 30 por ciento) y el silicio (alrededor del 15 por ciento).

Marte es el cuarto planeta del Sistema Solar, conocido como el «planeta rojo» por sus tonos rojizos debido a que predomina óxido de hierro en su superficie. Los romanos lo identificaban con la sangre, le pusieron el nombre de su dios de la guerra; los babilonios lo llamaron Nergal, que significa *estrella de la muerte*. El planeta Marte tiene una atmósfera muy fina, formada principalmente por dióxido de carbono, razón por la cual no hay agua en estado líquido en Marte, puede haber vapor y es sabido que hay hielo,, pero no agua líquida.

Júpiter es un planeta gaseoso. El astrónomo Galileo Galilei observó 4 pequeñas «estrellas» cerca de Júpiter; en un primer momento eso creía, pero lo que había observado en realidad eran las 4 lunas más grandes de Júpiter, que se llaman Ío, Europa, Ganímedes y Calisto. Estas 4 lunas se conocen hoy como satélites galileanos. Júpiter es el planeta más grande del Sistema Solar, con un diámetro de 69,911 kilómetros, casi 11 veces el diámetro de la Tierra. Hasta el momento se han descubierto más de 60 satélites en Júpiter.

Saturno es el segundo planeta más grande del Sistema Solar y el único con anillos visibles desde la Tierra. Se ve claramente achatado por los polos a causa de la rápida rotación. Es el único planeta que tiene una densidad menor a la del agua, es decir, si encontráramos un océano suficientemente grande, Saturno flotaría.

Urano es el séptimo planeta desde el Sol, el tercero más grande y el cuarto con más masa del Sistema Solar. William Herschel descubrió Urano en 1781 usando un telescopio diseñado por él; su verano dura 42 años, y tiene la atmósfera más fría de todo el Sistema Solar; su temperatura mínima llega a ser de  $-224^{\circ}\text{C}$ .

Neptuno es el planeta más exterior de los gigantes gaseosos y el primero que fue descubierto con predicciones matemáticas, es decir, primero se calculó su existencia y trayectoria y luego se observó en septiembre de 1846; su interior es de roca fundida con agua, metano y amoníaco líquido; el exterior es hidrógeno, helio, vapor de agua y metano, lo que le da ese color azul.

Neptuno es un poco más pequeño que Urano, pero más denso. Para entender que tan lejos está Neptuno, una nave tendría que viajar 12 años para llegar y, desde allí, sus mensajes tardarían más de 4 horas para volver a la Tierra.

### **Abordaje sugerido**

¿Cuántos planetas hay en nuestro Sistema Solar? Exactamente son ocho planetas porque en el 2006 la Unión Astronómica Internacional redefinió el concepto de planeta y ahora Plutón es conocido como plutoide ya que no cumple con las características de un planeta: es incapaz de limpiar su órbita de cuerpos menores.

Hay dos tipos de planetas: rocosos como Mercurio, Venus, Tierra y Marte, y los llamados gaseosos o jovianos como Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno y están formados en su totalidad por hidrógeno y helio.

### **Datos curiosos**

La Luna es la principal causante de las mareas, pero el Sol también es responsable de algunas, pues durante el día

sucedan diversos fenómenos gravitacionales que cambian las bajas o altas olas, según la posición del Sol respecto de la Tierra.

Si comparamos al Sol, Júpiter y la Tierra con objetos, el Sol sería una pelota de playa, Júpiter una pelota de golf y la Tierra un chicharo.

Galileo Galilei fue la primera persona en observar Marte a través de un telescopio. Lo hizo en 1609, a sus 45 años de edad.

Urano tiene 27 lunas, todas ellas tienen nombres de obras de William Shakespeare y Alexander Pope.

En Marte hay hasta un 62 por ciento menos de gravedad que en la Tierra, siendo el lugar ideal para aquellos que quieren bajar de peso en poco tiempo, pues una persona que en nuestro planeta pesa, por ejemplo, 100 kilogramos, pesaría apenas unos 40 kilogramos en el planeta rojo.

Antes de 1609, los seres humanos solo conocían 6 planetas.

Existen 5 plutoides en nuestro Sistema Solar: Plutón, Eris, Haumea, Ceres y Makemake.

## Referencias

BOBE, Emily: *El gran libro de las estrellas y los planetas*, Madrid, Usborne, 2017

*Descubre el universo y los planetas*, Madrid, Editorial Libsa, 2016

DUSEK, Jiri y Pavla Kleinova: *Atlas del Espacio*, Madrid, Beascoa, 2015

MOLEDO, Leonardo: *Curiosidades del Planeta Tierra*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1997

\_\_\_\_\_: *El Big Bang*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1995



# ¿Por qué brillan las estrellas?

Susana Astrid Pliego Madero

## Principios a revisar

- Pulsares
- Evolución y clasificación de las estrellas
- Ondas electromagnéticas y gravitacionales
- Ley de la conservación

## Material

- 5 globos de cada color: azul oscuro, azul claro, verde o amarillo claro (casi blancos), amarillo, anaranjado, rojo
- 1 bolsa de diamantina de cada color: anaranjado, azul, verde
- 1 bolsa de confeti
- 1 bomba para inflar globos

## Procedimiento

1. Dividir a los participantes en equipos y darles un globo de cada color; pedirles que los inflen (no demasiado para no correr el riesgo de tronarlos) y los acomoden de izquierda a derecha, poniendo en el extremo izquierdo el color que crean corresponde a estrellas más frías, y en el derecho las más calientes. Deben justificar el acomodo que hicieron.
2. Tener listo un juego de globos de cada color con aproximadamente 2 cucharadas de diamantina y 4 de confeti en su interior y acomodarlos según la clasificación de estrellas por color y temperatura (azul fuerte, azul cielo, verde o amarillo muy claro, blanco, amarillo, anaranjado y rojo). Explicar aquí que las estrellas con alta temperatura tienen alta luminosidad, y las de baja temperatura tienen baja luminosidad.

3. Pedir a un participante (que no tema la explosión de globos) que te ayude a bombear un globo hasta hacerlo explotar; y explicar que el confeti podría ser visto como todos los elementos que constituyen una estrella (el tamaño de la estrella y su cantidad de masa define hasta qué elemento puede sintetizar).
4. Preguntar a los participantes cómo creen que los astrónomos descubrieron las estrellas de neutrones, y explicarles la manera en la que tradicionalmente se estudiaban (por la longitud de onda que tenían y por la luz). Preguntar también de qué otra manera creen que podrían ser estudiadas. Explicar que la interacción entre cuerpos masivos es una opción usada para estos estudios y que hay mexicanos trabajando en ello.

## Preguntas

¿De qué están hechas las estrellas? ¿Por qué brillan las estrellas? ¿Qué es una estrella de neutrones? ¿Qué les pasa al morir? ¿Cómo se puede ver la evolución de una estrella de neutrones y las consecuencias de su muerte?

## Marco teórico

Aunque la bóveda celeste ha sido un tema de especial interés para el ser humano desde sus orígenes, la astrofísica moderna nació a comienzos del siglo XIX con Joseph von Fraunhofer como pionero en estudios de espectroscopia.\* Los cuerpos celestes son entonces uno de los principales campos de estudio en astrofísica: los planetas (que no emiten luz propia y giran alrededor de una estrella), los

\* La espectroscopia estudia la interacción entre la radiación (propagación, emisión o transferencia de energía por cualquier medio) y la materia. Referidos de esta manera por J. L. Serrano Martínez: El espectro electromagnético. Absorción visible–ultravioleta, pp. 1–9.

satélites, los cometas (el más famoso es el Halley y son pequeños cuerpos celestes que también orbitan el Sol en elipses muy alargadas), meteoritos (fragmentos de cuerpos celestes mayores procedentes del espacio exterior) y estrellas, que se clasifican según su tamaño en súper gigantes, gigantes, medianas, pequeñas y enanas.

Además, las estrellas también se clasifican por su temperatura (que les da brillo y luz). Resulta imprescindible identificar la diferencia de intensidades de brillo, y esto es posible gracias a los espectros que cada una tiene, así como sus colores: azul fuerte, azul claro, verde amarillento casi blanco, blanco, amarillo, anaranjado y rojo. Estos colores también dependen de su tamaño, la cercanía que tienen a la Tierra y su temperatura, de tal manera que puede haber gigantes rojas, enanas blancas, etcétera. Si explotan se pueden clasificar en novae y supernovas (figura 1).

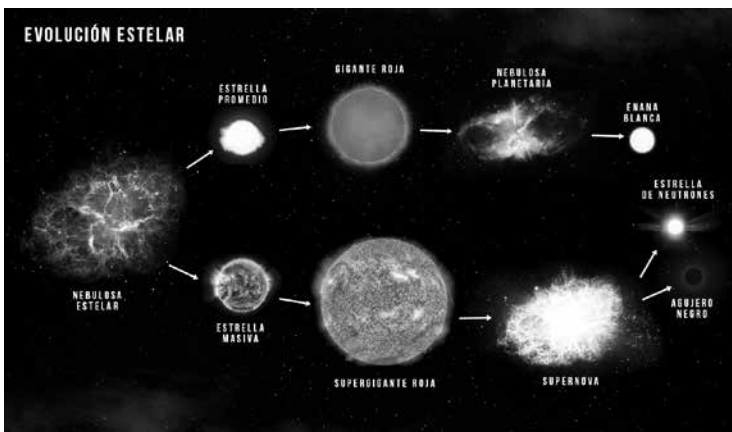


Figura 1. Evolución estelar: Tomada de red-estelar:webcindario.com

Las estrellas con una masa mayor a 9 o 10 masas solares\*\* tienen despedidas ruidosas y caóticas, tienen explosiones bastante perceptibles, incluso desde la Tierra —y a simple vista—. Aparecen en lugares monitoreados constantemente y que antes no daban manifestaciones relevantes, y de pronto se producen destellos de luz muy intensos que duran desde semanas hasta meses.

El rápido aumento de intensidad les hace decrecer el brillo lentamente hasta desaparecer. Esta explosión elimina las capas externas de las estrellas por medio de unas fuertes<sup>3</sup> ondas de choque y liberando elementos pesados al espacio; los restos (remanentes) posteriormente componen nubes de polvo y gas. Cuando esta explosión alcanza otras nubes de gas y polvo, se comprimen y esto forma nebulosas planetarias.

Una estrella de neutrones (pulsar) son los restos dejados por una estrella supergigante (figura 1), pues después de agotar el combustible de su núcleo, los electrones y los protones se unen formando neutrones y neutrinos, al terminar el proceso de degeneración que brindaban los electrones presentes en el núcleo la estrella comienza a contraerse otra vez, y este proceso se puede detener si la masa de la estrella está por debajo de 3 masas solares.

Cuando termina la contracción, la estrella llega a un equilibrio, formando una estrella de neutrones, que es un objeto compacto y masivo. Para darnos una idea de la magnitud de su masa, imaginemos 2 veces la masa de nuestro Sol contenida en una esfera de 10 kilómetros de radio.

\*\* Masa solar (representada como  $M_{\odot}$ ) es una unidad de medida utilizada para medir comparativamente la masa de las estrellas y otros objetos astronómicos muy masivos, como galaxias. Es igual a la masa del Sol y equivale a unas 332,950 veces la masa de la Tierra.



Al disminuir su tamaño (y por el principio de la conservación del momento angular) la velocidad de giro de una estrella de neutrones aumenta significativamente y esto intensifica su campo magnético. El pulsar más conocido se encuentra en la Nebulosa del Cangrejo, y tiene un periodo de 33 milisegundos (gira sobre su eje 30 veces por segundo).

### **Abordaje sugerido**

Las estrellas han llamado nuestra atención desde siempre. ¿Será por su brillo especial, único y característico? ¿O será porque tal vez creemos que nuestra historia comenzó ahí, en ese enorme Universo lleno de cosas que no entendemos y tratamos de comprender a toda costa?

Sea cual fuere la razón de nuestro interés, las estrellas están presentes en nuestra vida cotidiana (las veamos o no) y eso ha motivado la exploración, generación tras generación, de sus tipos, según cuatro cosas: su masa, su brillo, su temperatura y su color. Las estrellas más calientes son las de colores azules, y las de colores anaranjados y rojos son las menos calientes. Sus tamaños varían: súper gigantes, gigantes, medianas, pequeñas y enanas.

Cuando las estrellas más grandes explotan pueden suceder dos cosas: la primera es que se generen hoyos negros que consumen materia y energía alrededor; la segunda es que se formen otras estrellas llamadas pulsares o estrellas de neutrones. Adivinen por qué se llaman así. ¡Correcto! Están hechas de neutrones (en su mayoría) y su peculiaridad radica en que son cuerpos muy pequeños con una gran cantidad de masa y que además giran muy, muy rápido sobre sí mismas.\*\*\*

\*\*\* Para que la Tierra se convirtiera en una estrella de neutrones, ¡tendría que tener un radio de apenas unos cientos de metros! (Instituto de astronomía UNAM, 2017).

La manera en la que los astrónomos encontraban estos pulsares siempre fue por medio de la luz que emitían, lo que significaba que cuando dejaban de brillar (al final de sus vidas) ya no era posible saber qué estaba sucediendo con ellas o a sus alrededores. Sin embargo, recientemente y gracias a las ondas gravitacionales descubiertas en el laboratorio Laser Interferometric Gravitational-Wave Observatory (LIGO) en Estados Unidos, se ha podido saber qué sucede al colisionar 2 sistemas binarios de estrellas (sistema de 2 estrellas que giran alrededor de su centro de masa e intercambian materia). Es importante destacar que nunca antes se había observado la fusión de estos cuerpos, hecho que ocurrió en la galaxia NGC 4993, a una distancia relativamente cercana a la Tierra (130 millones de años luz).

### Datos curiosos

1. Un fragmento de pulsar (estrella de neutrones) del tamaño de un centímetro cúbico de chocolate tiene la misma cantidad de masa que toda la población humana.
2. Si el Sol se convirtiera en una estrella de neutrones ocuparía el mismo volumen que el Monte Everest.
3. La gravedad en la superficie de una enana blanca es 100,000 veces más fuerte que la de la Tierra.

### Referencias

«Red Estelar» en *Evolución de las estrellas*, disponible en <http://red-estelar.webcindario.com/Evolucion-estelar.html>

SERRANO, J.: *El espectro electromagnético. Absorción visible-ultravioleta*, Cartagena, Universidad de Cartagena, 2007

# **Radioastronomía: Universo en colores**

JESÚS IVÁN SANTAMARÍA NAJAR

## **Principios a revisar**

Procesamiento de ondas de radio para producir imágenes

## **Material**

- Plantilla cuadriculada
- Colores

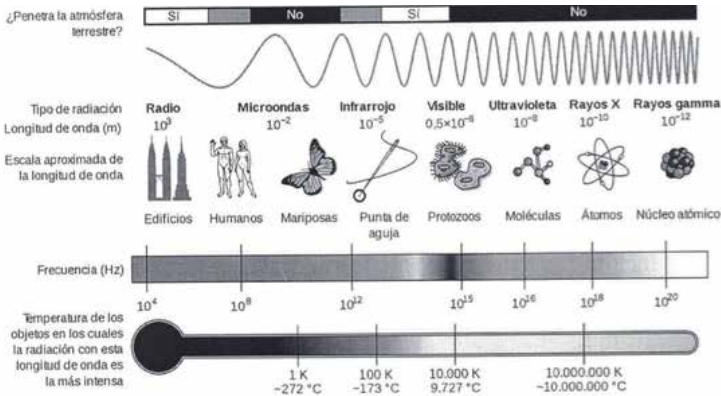
## **Procedimiento**

1. Presentar un radiomapa en el cual ya se han asignado los números en cada uno de los puntos.
2. Entregar a cada participante una hoja con la plantilla cuadriculada.
3. Pedir que asignen un color a cada uno de los números que aparecen en la plantilla.
4. Colorear la plantilla respetando el color de cada número.
5. Observar la figura que se formó.

## **Preguntas**

¿Qué es un radiotelescopio? ¿Qué detectamos con los radiotelescopios? ¿Cómo se forman las imágenes en radiofrecuencias? ¿Cuál es el color dominante en ondas de radio?





Las ondas de radio son radiaciones electromagnéticas de longitud de onda larga, aproximadamente entre un milímetro y varios metros, aunque la región utilizada para la radioastronomía suele llegar solo hasta decenas de centímetros.

Las ondas de radiofrecuencias tienen ciertas ventajas sobre otro tipo de radiación. Una de ellas es que tienen la libertad de ser observadas desde la Tierra, pues la atmósfera terrestre impide el paso de la mayoría de las longitudes de onda de la radiación electromagnética.

## Abordaje sugerido

Las ondas de radio son especialmente útiles en astronomía para estudiar objetos que se encuentran en el interior de nubes de gas y de polvo. La radiación de estos objetos en el espectro visible está totalmente oscurecida por el material que se encuentra delante de ellos, por lo que no se pueden observar con telescopios ópticos. Sin embargo, las ondas de radio, al tener una longitud de onda mayor, no son afectadas por el gas o el polvo, permitiéndonos así el estudio de objetos en regiones densas y oscurecidas, como pueden ser las zonas de formación estelar.

Lo que obtiene un radiotelescopio cuando rastrea un área del cielo no son imágenes en sí: son intensidades de las ondas de radio. Posteriormente, en el procesamiento de los datos obtenidos, se asigna un número a cada punto dependiendo de la intensidad que presenta; finalmente, se establece una escala de colores para poder obtener una imagen.

Una de las ventajas de las ondas de radio es que, debido a su longitud de onda larga, no interfieren con el material que se encuentra a su paso. Por este motivo podemos escuchar la radio dentro de nuestras casas, ya que las ondas de radio atraviesan las paredes y son detectadas por los receptores de nuestros aparatos de radio, que las convierten en sonido.

## Referencias

- KARTUNNEN, Hannu y Pekka Kroger: *Fundamental astronomy*, New York, Springer, 2006
- GALADÍ Enríquez, David y Jordi Gutiérrez Caballero: *Astronomía teórica y práctica*, Barcelona, Omega, 200
- PIRIS Silvera, Mario: *Física cuántica*. La Habana, ISCTN, 1999
- Imagen del espectro electromagnético tomada de De Crates, disponible en: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3573497>

# Tela relativista

MIGUEL GARCÍA GUERRERO,

CON IDEA ORIGINAL DE ARTHUR EDDINGTON

## Principios a revisar

- Teoría general de la relatividad
- Curvatura del espacio-tiempo
- Órbitas planetarias

## Material

- 1 tela elástica redonda de 1.5 metros de diámetro
- 1 pelota de hule de 20 centímetros de diámetro
- 50 canicas

## Procedimiento

1. Sacar todo el aire a la pelota y llenarla con agua. Asegurarse de que prácticamente no quede aire en su interior para que el líquido la haga ser mucho más pesada de lo normal.
2. Extender la tela y pedir a todos los participantes que la sostengan por las orillas, de modo que adquiera una forma redonda. Cerciorarse de que todos la mantengan a la misma altura y que no se encuentre muy tensa.
3. Explicar cómo, según la teoría general de la relatividad de Einstein, tiempo y espacio son parte de la misma cosa. Dentro del juego la tela va a representar el continuo espacio-tiempo y la pelota hará las veces del Sol.
4. Colocar la pelota en el centro de la tela y preguntar a los participantes qué le está haciendo nuestro Sol al espacio-tiempo. A partir de ahí, presentar la idea de la curvatura del espacio-tiempo.
5. Lanzar una canica a la tela para observar los efectos de la curvatura en un planeta. Posteriormente, invitar a los participantes a un concurso en el cual intentarán lograr que

su planeta (canica) sea el que dé más vueltas alrededor del Sol (la pelota).

## Preguntas

¿Qué le pasa a nuestro espacio (la tela) con la presencia del Sol (la pelota)? ¿Cómo afecta la curvatura de la tela al movimiento de los objetos que se encuentran cerca de la pelota? ¿Se relaciona esto con el movimiento de los planetas? ¿Qué pasa si de pronto aumenta considerablemente la curva en el espacio?

## Marco teórico

La teoría de la relatividad, desarrollada por Albert Einstein, fue una de las teorías científicas más revolucionarias del siglo pasado y se postuló en dos etapas: una inicial llamada *teoría especial de la relatividad* y posteriormente la más completa y compleja (matemáticamente) *teoría general de la relatividad*. Se trata de aportes que abordan fenómenos físicos a grandes escalas.

La teoría especial afirma que no hay nada que se pueda mover más rápido que la luz en el vacío, cuya velocidad es de 299,792 kilómetros por segundo. Esto genera consecuencias considerables en el espacio y el tiempo, que anteriormente se consideraban absolutos, pero que en realidad se ven alterados para cuerpos desplazándose a velocidades cercanas a la de la luz. En estas condiciones el tiempo se dilata (transcurre más lento) y el espacio se contrae (se hace más pequeño).

La teoría general de la relatividad ofrece una nueva perspectiva acerca de la gravitación. Previamente, con su famosa ecuación  $E=mc^2$ , Einstein había demostrado que todas las formas de energía son equivalentes a la masa. Así, para la nueva teoría, el campo gravitacional no es producido



solo por la masa de los cuerpos en un sentido tradicional, sino que también surge de todas las formas de energía. A partir de esto, nuestra visión de la gravedad sufrió un vuelco completo: dejó de ser una fuerza que nos jala en un sentido tradicional y se convirtió en una propiedad en la geometría del espacio.

Albert Einstein introdujo el concepto de *espacio curvo* para explicar la aparición de la gravedad. Quedó atrás la idea de la gravedad de la Tierra jalando a los cuerpos hacia su centro, haciéndolos caer en el proceso. Con el nuevo enfoque ya no existe tal fuerza, pues la masa en los cuerpos curva el espacio a su alrededor y de ahí surge la manifestación del peso.

La teoría general de la relatividad describe la deformación del espacio-tiempo creada por el Sol y cualquier otro objeto, incluso de aquellos que tienen una gran masa, como planetas, otras estrellas o incluso agujeros negros.

Con base en la nueva visión, la gravedad no empuja a la Tierra alrededor del Sol; nuestro astro deforma el espacio a su alrededor. El espacio curvado hace mover a la Tierra alrededor del Sol en las famosas órbitas elípticas (con la luz se presenta una situación similar; se desvía al pasar cerca de un cuerpo masivo como consecuencia de la deformación del espacio creada por ese objeto).

El 19 de mayo de 1919 tuvo lugar un eclipse total de Sol visible en el norte de Brasil y en la costa oeste de África. En Sobral, Brasil, y en la Isla Príncipe, el eclipse fue observado, no obstante que en el sitio africano llovió escasos minutos antes. Allí estuvo Arthur Eddington (el mismo científico al que se le ocurrió la idea de usar una tela para explicar la teoría general de la relatividad), quien tomó algunas fotografías y midió la desviación de la luz procedente de una estrella al pasar cerca del Sol.

Su posición no era la esperada de acuerdo con las predicciones astronómicas; había variado en un ángulo que cuadraba de manera formidable con las predicciones de la teoría de Einstein. En realidad la estrella tenía la misma posición pero, debido a la curvatura causada por el Sol en el espacio-tiempo, parecía estar en otro lado. Esta observación corroboró las predicciones de la teoría general de la relatividad de Einstein, impulsando la celebridad de su autor y abriendo las puertas a nuevas predicciones.

Normalmente, las estrellas finalizan sus vidas con una explosión, en la cual expulsan la mayor parte de su materia. Sin embargo, existen cuerpos con una masa tan grande que presentan otro final. Solo explota la parte exterior de la estrella, digamos la «cáscara», mientras que la mayor parte de la masa implota. Entonces, la gran masa ahora se encuentra en un espacio mucho más pequeño con una densidad enorme. Estos cuerpos deforman completamente al espacio, lo «desgarran» y colapsan. Se forma un *agujero negro* con una curvatura tan grande que absorbe todas las cosas que se encuentran suficientemente cerca de él (ni siquiera la luz puede escapar).

Ahora se ha demostrado la existencia de muchos agujeros negros en el Universo; aunque no se pueden ver, su existencia se distingue por sus efectos gravitacionales. En el centro de muchas galaxias se sabe que existen las condiciones adecuadas para la presencia de *agujeros negros masivos*.

## Abordaje sugerido

Lo que vemos con la tela y la pelota es una sencilla representación de la teoría general de la relatividad de Albert Einstein. Uno de sus principales fundamentos es que el espacio y el tiempo están unidos, formando un universo de 4 dimensiones, un continuo espacio-tiempo en el que vivimos.

En un cuerpo con una masa muy grande, como un planeta o una estrella, la masa deforma el espacio-tiempo y genera una curvatura que afecta a todas las cosas a su alrededor. De esta manera, la gravedad dejó de verse como una fuerza en el sentido tradicional y se convirtió en una propiedad geométrica en el espacio que rodea un objeto.

La curvatura gravitatoria es mayor en la medida que sea mayor la masa del cuerpo en cuestión —considerando como masa la materia del objeto y también todos los tipos de energía que contiene— así la curvatura causada por la Tierra es menor que la del Sol, que a su vez es mucho menor que la de un agujero negro.

Un agujero negro es una estrella que explotó en sus capas exteriores y al mismo tiempo implotó (explotó hacia adentro) en el resto de estructura. Esto hace que la mayor parte de su masa se concentre en un punto muy pequeño. La densidad es enorme y genera también una curvatura colosal en el espacio-tiempo.

## **Datos curiosos**

Cuando la luz de una estrella lejana pasa cerca de un cuerpo con una gran masa, como nuestro Sol, se desvía por la curvatura del espacio-tiempo. Esto fue predicho por la teoría de Einstein y se comprobó durante el eclipse solar de 1919. Este mismo principio explica la existencia de las lentes gravitacionales, que son cuerpos con gran masa que alteran considerablemente la trayectoria de la luz —proveniente de estrellas o galaxias— en su camino hacia nosotros. Con esto observamos imágenes distorsionadas o incluso multiplicadas de los objetos celestes originales.

## Referencias

[http://astroverada.com/\\_/Main/T\\_spacetime.html](http://astroverada.com/_/Main/T_spacetime.html)

<http://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/explainer-einsteins-theory-general-relativity>

<https://www.nytimes.com/2017/07/31/science/eclipse-einstein-general-relativity.html>







*Para jugar con la ciencia y el cielo*  
fue editado en la ciudad de Zacatecas  
por Texere Editores SA de CV  
Genaro Codina 748, Centro Histórico  
Zacatecas, Zacatecas  
[www.texere.com.mx](http://www.texere.com.mx)