

DEDOSCOPIO MANUAL PARA LA INCLUSIÓN

An illustration of two hands, one on the left and one on the right, reaching towards each other. The hands are rendered in a light skin tone with simple line art for fingers. Above the hands, a vibrant galaxy of yellow and orange stars and nebulae is depicted against a dark blue background filled with small, distant stars. The overall composition is centered and symmetrical, evoking a sense of exploration and discovery.

DESCUBRIENDO EL UNIVERSO
CON EL TACTO

Carla Fuentes Muñoz
Pamela Paredes Sabando





**DEDOSCOPIO MANUAL
PARA
LA INCLUSIÓN**

DEDOSCOPIO MANUAL PARA LA INCLUSIÓN, DESCUBRIENDO EL UNIVERSO CON EL TACTO

Primera Edición Enero 2023

Libro realizado gracias al programa Dedoscopio del Núcleo Milenio TITANS NCN19-058 y fue financiado en el marco de los proyectos de Proyección al Medio Externo de la Iniciativa Científica Milenio.

DIRECTOR DEL PROYECTO: Neil Nagar

DIRECTORAS DE CONTENIDO: Carla Fuentes Muñoz, Pamela Paredes Sabando ([@dedoscopio_cl](https://twitter.com/dedoscopio_cl))

ILUSTRACIONES, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: Tracy Catalán Véliz ([@acuakishuu](https://twitter.com/acuakishuu)).

EDITORIA: María Belén Bascur Ruiz



Nuestra historia

La ciencia está presente en nuestro día a día, sin que muchas veces seamos conscientes de ello. Sin embargo, no es necesario trabajar en un laboratorio o ser científicos para dejarnos encantar con sus resultados, basta con desear aprender y entusiasmarnos con lo que este maravilloso conjunto de conocimientos nos ofrece.

En 2016 Carla y Pamela eran estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Concepción e integrantes del grupo de divulgación científica de esta misma facultad. En este periodo pudieron conocer la importancia de dar a conocer el quehacer científico, al que muchas veces no todos tienen la posibilidad de acceder.

Combinando sus experiencias y conocimientos, en 2018 decidieron crear un proyecto de divulgación científica innovador, que nació de la necesidad de acercar la ciencia a la comunidad y expandirla desde la región del Biobío hasta todos los rincones del territorio nacional. Se trata de “Dedoscopio”, iniciativa que busca acercar la astronomía a personas que tengan alguna discapacidad visual.

Durante estos 5 años han podido participar de diversas actividades y crear distintas instancias para que la astronomía llegue a la mayor de gente posible. La experiencia ganada con Dedoscopio les confirma que el material y las actividades que han producido no son solo para personas

con discapacidad visual, sino que hacen que las experiencias en astronomía sean inclusivas.



Sobre el libro

En la última década, la astronomía ha adquirido un rol cada vez más protagónico en la cotidianidad de las noticias locales, y, por qué no decirlo, del mundo entero. Bajo este contexto, a principios del 2018 nace el proyecto de astronomía inclusiva “Dedoscopio”, que tiene por objetivo acercar la astronomía a personas con alguna situación de discapacidad visual, estimulando el sentido del tacto.

Este proyecto inició dejando de lado las clásicas charlas científicas, para dar paso al uso de maquetas táctiles, a fin de poder hablar sobre la astronomía sin barreras. Con actividades lúdicas, observaron que niños, niñas, adultos e incluso adultos mayores, eran capaces de entender los fenómenos físicos que ocurren en el universo a través del material que prepararon durante 5 años.

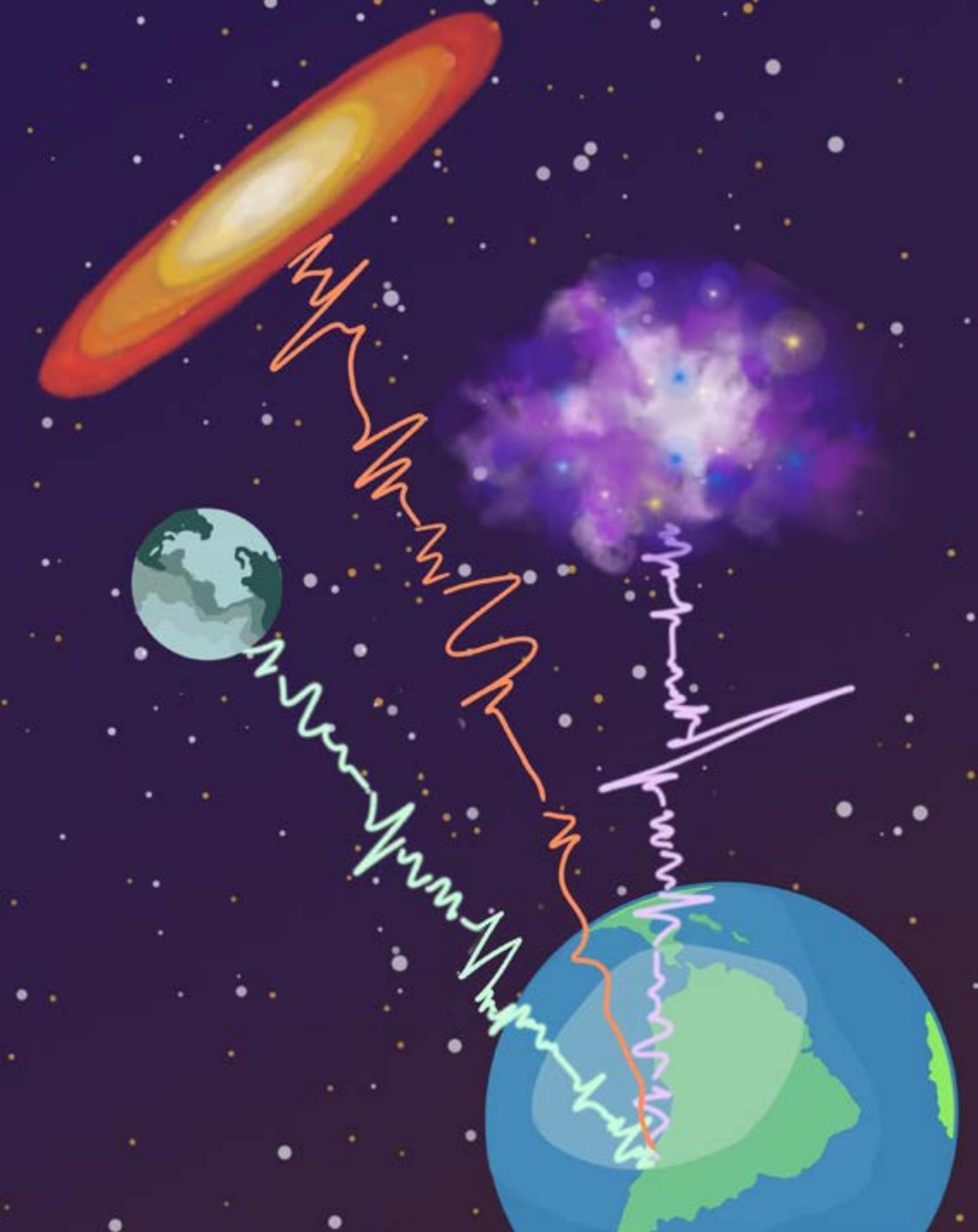
Carla y Pamela tienen claro que existe una gran necesidad de que la astronomía llegue a cada rincón del mundo. Que cada profesor o profesora, cuidador/cuidadora, facilitador o cualquier persona comprometida con la enseñanza de la ciencia debe ser capaz de transmitir la información de la manera más precisa y correcta, y para esto el trabajo y apoyo de los divulgadores científicos es fundamental.

Con esta meta en el horizonte, “Dedoscopio” pone al servicio de la comunidad esta obra instructiva, que recopila las maquetas que han creado y probado con diferentes audiencias. Para ello, se detalla su construcción paso a paso y cuál es su uso, con el propósito de hacerlas accesibles para que cualquier persona pueda replicarlas, adaptarlas y, por qué no, mejorar los modelos aquí explicados.

¡ES HORA DE CREAR!

Para comenzar a construir las maquetas, en cada una de ellas necesitarás los siguientes materiales:

- Cola fría
- Una tijera
- Un corta cartón
- Lana blanca
- Una regla



El Sol y su espectro

La astronomía es la rama de la física que estudia el universo y los fenómenos que afectan a los cuerpos celestes, es decir, todo aquello que vemos en el cielo. Esto es posible gracias a las ondas electromagnéticas que nos llegan desde los diferentes objetos que componen el universo.

Los planetas, la luna, las estrellas y las galaxias son los cuerpos celestes más comunes que vienen a nuestra mente. La estrella que nos ha dado la vida y que está más cercana a la Tierra es el Sol, por eso, su estudio es fundamental para el entendimiento de nuestra existencia en el universo.

El objetivo de esta actividad es explicar qué son y por qué es importante para la astronomía entender el funcionamiento de las ondas electromagnéticas. Para ello, tomaremos de ejemplo a la estrella que es el centro de nuestro sistema solar: el Sol.

LAS ONDAS

Una onda consiste en la propagación de una perturbación de las propiedades del espacio, como la densidad, la presión, el campo eléctrico o el campo magnético. Para que esto se produzca, debe existir un transporte de energía, pero no necesariamente de materia, ya que el espacio perturbado puede ser el aire, el agua o incluso el vacío.

Según su medio de propagación, las ondas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Ondas mecánicas:** necesitan un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse. Un ejemplo de este tipo de ondas es el sonido, que se propaga por el aire y llega a perturbar nuestro tímpano.
- **Ondas electromagnéticas:** se propagan por el espacio sin necesidad de un medio, es decir, en el vacío, y son las ondas producidas por las oscilaciones de un campo eléctrico en relación con un campo magnético asociado. Las ondas de radio y televisión son un ejemplo de este tipo de ondas.
- **Ondas gravitacionales:** son perturbaciones que alteran la geometría misma del espacio-tiempo como, por ejemplo, la explosión asimétrica de una estrella, llamada supernova.

Las ondas sonoras no siempre son iguales, pues dependen de su frecuencia, es decir, si las escuchamos más agudas o graves. Los cantantes son capaces de vocalizar diferentes notas musicales para cantar de manera más melodiosa, de esta forma pueden alcanzar un gran rango de frecuencias, que conocemos como notas musicales: Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do. Cuando el tono musical es más alto, la frecuencia es mayor y, por tanto, más agudo es el sonido.

Por su parte, las ondas electromagnéticas conforman el “espectro electromagnético”. Entender este espectro y sus características nos ayudará a estudiar el universo de manera más detallada.

Las ondas con frecuencias más bajas son: IR (radiación infrarroja), submilimétrico y radio, las cuales nos muestran regiones más frías del universo. En la parte central se encuentra el rango visible, llamado así por la parte del espectro que es capaz de ser visto por los seres humanos. Como se puede apreciar, se observa solo una pequeña parte de la luz proveniente del espacio, sin embargo, el resto del espectro no es visible a nuestros ojos y necesitamos instrumentos especiales para poder mirarlo.

Los observatorios más comunes son los que observan en el rango visible, sin embargo, en Chile tenemos observatorios que son capaces de estudiar el universo con frecuencias en radio, como el famoso ALMA, que observa la porción de ondas de radio en longitudes de onda milimétricas y submilimétrica.

En tanto, las ondas con frecuencias más altas son: rayos gamma, rayos X y UV, que nos muestran partes del universo más energéticas y con más temperatura. Así como en los exámenes médicos vemos nuestros huesos a través de una radiografía, o a los bebés con una ecografía, para observar con rayos X se necesitan instrumentos especializados.

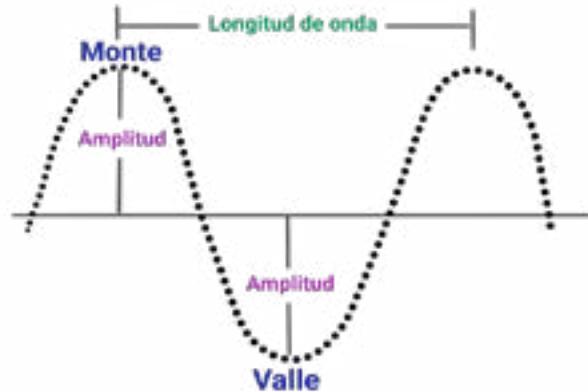
Si bien estas ondas resultan fundamentales para entender cómo funciona el universo, también pueden ser dañinas para las personas si es que no se toman los resguardos necesarios. Por ejemplo, los rayos UV del Sol son bloqueados por la atmósfera terrestre, puesto que de lo contrario nos derretiríamos. Sin embargo, su potencia es muy grande, por lo que es importante protegernos y usar bloqueador solar para que no cause daño a nuestra piel.

Además de servir como un escudo frente a los rayos UV, la atmósfera también bloquea los rayos gamma y rayos X, y en parte, los IR. Es por ello por lo que, para poder observar el universo, se han lanzado telescopios fuera de la Tierra, ya que de esta manera los astrónomos pueden observar el universo y los fenómenos que ocurren fuera de la órbita terrestre.

¡MANOS A LA OBRA!

Antes de construir las primeras maquetas, te ayudaremos a entender mejor los conceptos que hemos revisado con un pequeño juego, que deberás realizar en grupo. Para ello, es importante que conozcas que las ondas, graficadas en maqueta N° 1, están conformadas por:

- **Monte/Cresta:** Es el punto de máxima elongación.
- **Valle:** Es el punto más bajo de la onda.
- **Amplitud:** Es la distancia vertical entre el monte/cresta y la horizontal (punto medio de la onda, ver esquema).
- **Longitud de onda:** Es la distancia que hay entre el mismo punto de dos ondulaciones consecutivas.
- **Período:** Es el tiempo que tarda la onda en ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.
- **Frecuencia:** Es el número de veces que es repetida dicha longitud de onda por unidad de tiempo.

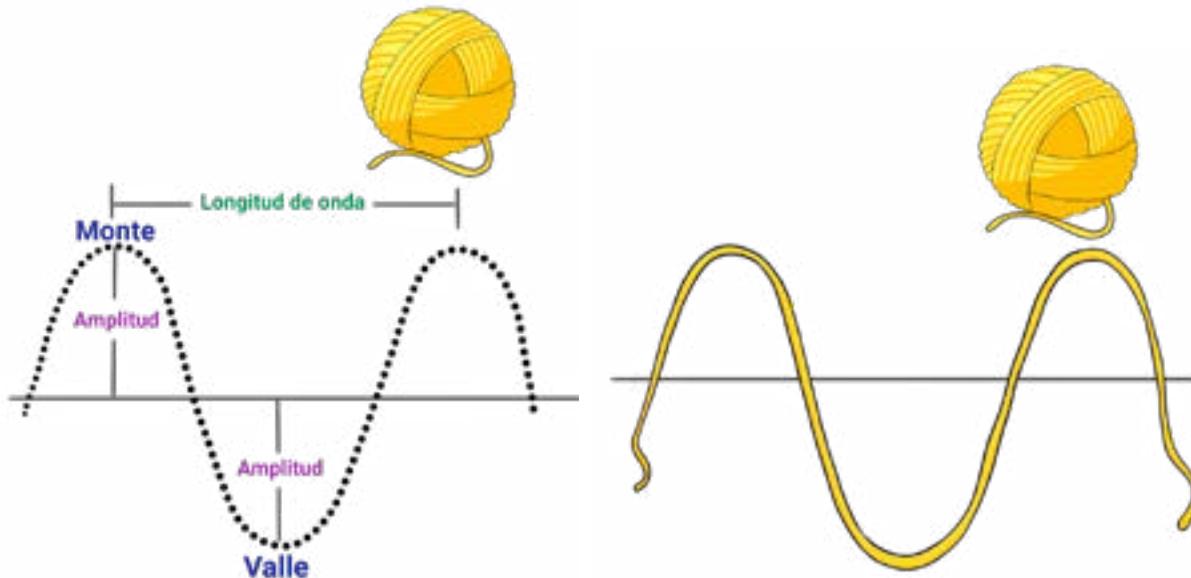


Para comenzar el juego, todos los participantes deben ubicarse en círculo. Luego deberán tomarse de las manos, de manera que su mano derecha quede hacia arriba y la izquierda hacia abajo.

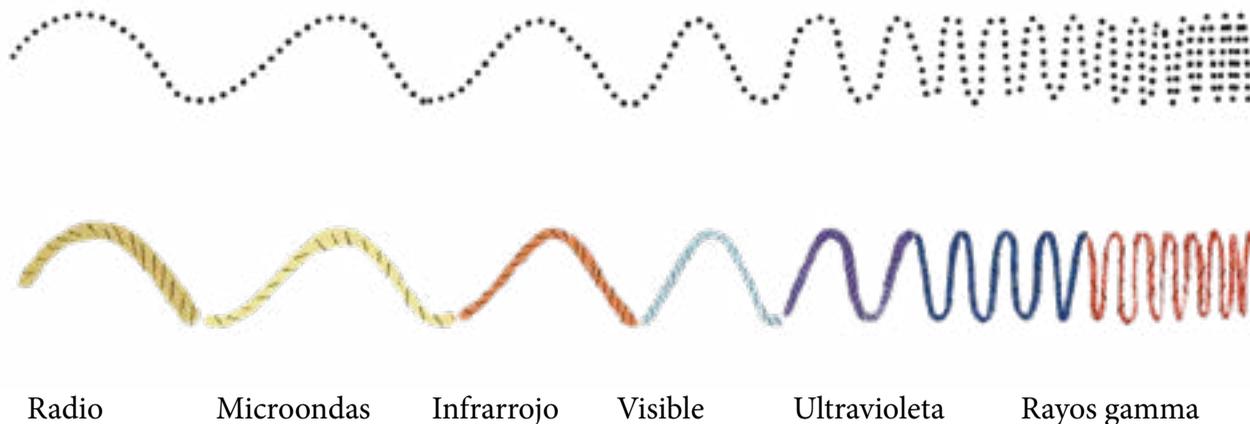
Uno de los integrantes del grupo empezará a aplaudir con la mano de su compañero y éste aplaudirá la mano de la persona que está a su lado, para luego dar paso a que todos repitan esta dinámica. La onda empezará entre recibir el primer aplauso y terminará al dar el segundo aplauso a la persona contigua. Los aplausos se escuchan uno al lado del otro, por lo que diremos que la longitud de onda es pequeña. Luego de que ejecuten esta primera dinámica, deberán extender sus brazos y repetir el experimento, para así agrandar el círculo.

Como podrán descubrir, el resultado de esta segunda dinámica es que los aplausos se oyen con más distancia entre ellos, lo que refleja que su longitud es mayor, por lo tanto, la onda es más larga. En cambio, en la primera dinámica, los aplausos se escuchan más cerca. Además podemos comparar sus frecuencias, en la primera dinámica la frecuencia de la onda es más rápida y en la segunda dinámica su frecuencia es más lenta.

Ya hemos conocido un poco más sobre las ondas, así que ahora te enseñaremos sobre sus características, que graficamos en las maquetas N°1, N°2 y N°3. Finalmente, usando la maqueta N°3, mostramos una aplicación directa de cómo usamos las distintas partes del espectro electromagnético de nuestra estrella, el Sol, para estudiarla a fondo:

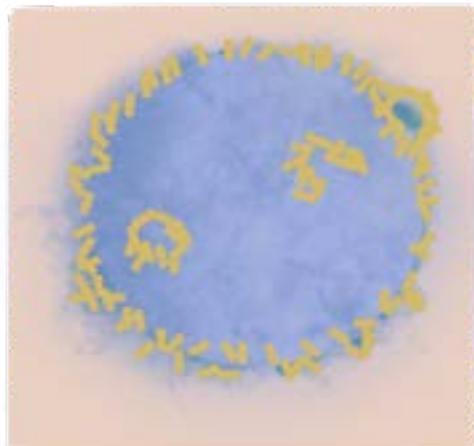
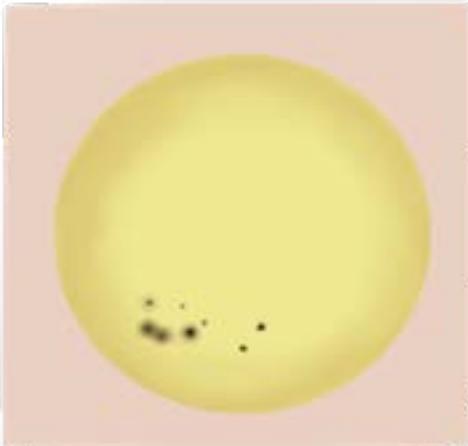
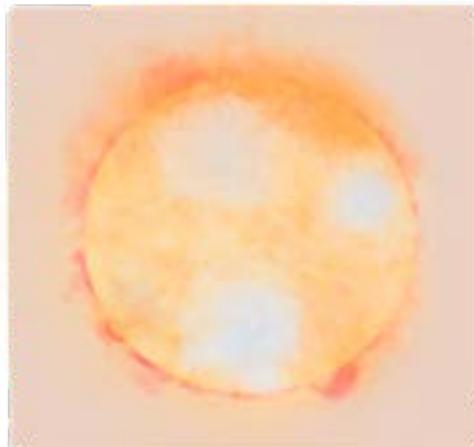


MAQUETA N°1:
"Parte de las ondas"



MAQUETA N°2:
"Espectro Electromagnético"

- **Sol en Radio:** nos muestra una estructura del Sol llamada “región de transición” donde el componente principal del Sol es gas, y es aquí donde nacen las llamaradas solares.
- **Sol en IR:** podemos observar la “cromósfera” donde se aprecian grandes masas de hidrógeno en distintas partes del Sol.
- **Sol en Visible:** observamos la “fotosfera”, donde se ven manchas negras que aparecen y desaparecen de manera constante.
- **Sol en RX:** se ve la “corona”, estructura de forma de loop, arco y serpentina que de manera activa erupciona constantemente.



MAQUETA N°3:
“Sol y su espectro”

Gracias al estudio del espectro electromagnético del Sol, podemos decir con certeza que es una estrella viva y que genera gran actividad en sus distintas capas.

MATERIALES

MAQUETA N°1: “Parte de las ondas”

- Cartón de 20x15 cm
- Lana

MAQUETA N°2: “Espectro Electromagnético”

- Cartón negro de 50x20cm
- Lana blanca de dos grosores diferentes
- Pita y otro hilo grueso
- Spaghetti N°5

MAQUETA N°3: “Sol y su espectro”

- 4 cuadrados de cartón negro 10x10cm
- Imprimir los soles en 9 cm de diámetro de la sección Material para Imprimir: El Sol y su Espectro: Maqueta N°3: “Sol y su espectro”
- Diferentes materiales para cubrir las impresiones, sugerencias:
- Radio: impresión y tela de felpudo/algodón
- IR: impresión y azúcar
- Visible: impresión y goma eva negra
- Rayos X: impresión y cabellos de ángel (fideos n°51).

¡A trabajar!

MAQUETA N°1: “Parte de las ondas”

1. Dibujar una onda y pegar sobre ella lana con tal de que quede sobresaliente.
2. Hay que destacar sus partes con sus nombres: Cresta, Amplitud, Longitud.

MAQUETA N°2: “Espectro Electromagnético”

1. Imprimir Maqueta N°2: “Espectro Electromagnético” desde la sección Material para Imprimir: El Sol y su Espectro.
2. Marcarlo en el cartón con tal de que quede de 40 cm de largo y una altitud de 5 cm.
3. Usar pita para representar una onda de radio.
4. Usar lana gruesa blanca para representar una onda y media del Submilimétrico.
5. Usar pita para representar dos ondas de IR.
6. Usar lana delgada para representar una onda visible.
7. Usar lana gruesa para representar tres ondas y media de UV.
8. Usar lana delgada para representar siete ondas de Rayos X.
9. Usar tallarines para representar ocho ondas de Rayos Gamma.

MAQUETA N°3: “Sol y su espectro”

1. Pegar en cada cuadrado los círculos con las imágenes del Sol.
2. En la que representa el “Sol en Radio”, recortar algodón con tal de que cubra la

superficie.

3. Pegar azúcar en toda la superficie de la impresión en “Sol en IR”. Esperar a que se seque para aplicar varias capas de azúcar en las partes más oscuras.
4. En el círculo de “Sol en Óptico” pegar goma eva negra con forma de pequeñas manchas.
5. Antes de pegar el círculo de “Sol en RX” sobre la cartulina, se debe pegar sobre una superficie como goma eva. Luego, se deben cortar los cabellos de ángel con aproximadamente 1cm de largo e incrustarlos en la goma eva donde están las explosiones.



Buscando Asteroides

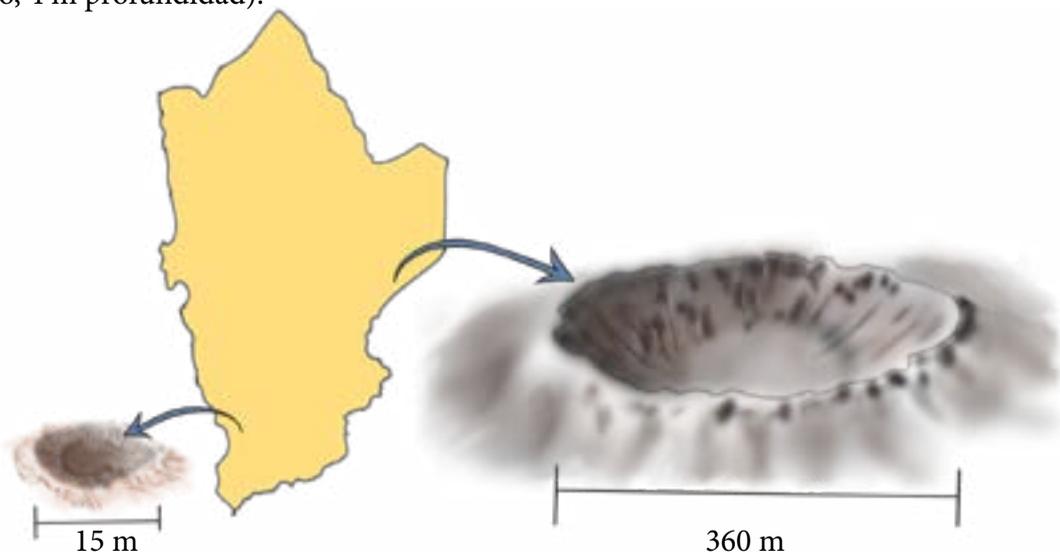
El 30 de junio es el Día Internacional del Asteroide, donde se conmemora la caída de un meteorito en Tunguska, en Siberia, ocurrido el 30 de junio de 1908, que causó la caída de árboles en un área de 2.150 km² y un gran incendio.

Esta fecha es la mejor instancia para conocer sobre los posibles peligros por el impacto de nuestros vecinos asteroides, y así aprender sobre estos objetos cercanos a nuestro planeta.

Para ello, les presentamos esta actividad que tiene como objetivo entender por qué los asteroides son objetos que hay que analizar, pues nos permiten comprender la formación del sistema solar.

CRÁTERES, METEORITOS Y ASTEROIDES

Podemos encontrar cráteres en distintos países del planeta Tierra. Dos ejemplos cercanos son los que están ubicados en la Región de Antofagasta. El primero de ellos es Monturaqui, que impactó hace más de 100 mil años y que es tan grande que nos tomaría 10 minutos caminando atravesarlo. Es tan extenso, que cubre tres veces un estadio (360 m diámetro, 34 m profundidad). Y en segundo lugar, encontramos el cráter Imilac, que es más pequeño, solo nos tomaría 15 pasos para atravesarlo (15 m diámetro, 4 m profundidad).



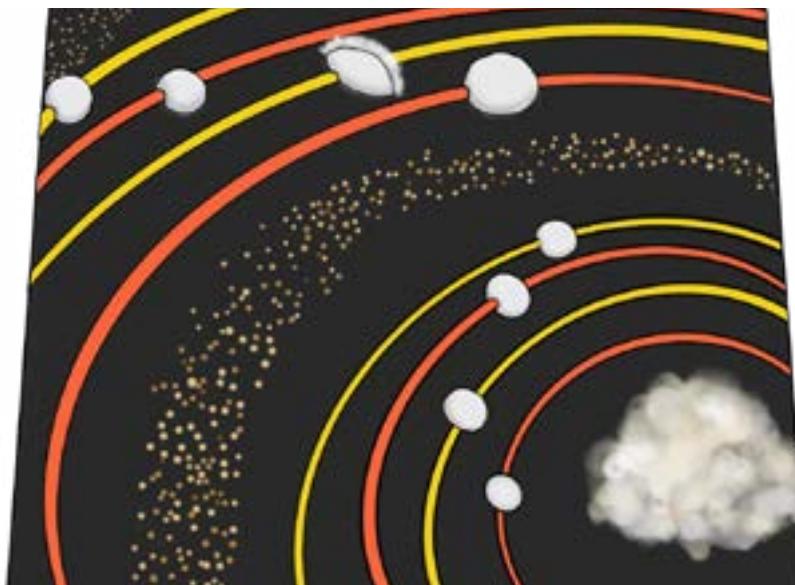
Otro cráter de características muy curiosas es el Nördlingen Ries, ubicado en Alemania, que se formó hace aproximadamente 14,5 millones de años. Los habitantes de este país lo transformaron en la ciudad vieja de Nördlingen, que cuenta con 26 km de diámetro.

Por esta razón, es importante estudiar los meteoritos, que son cuerpos rocosos que alcanzan la superficie de un planeta, a fin de conocer y adecuarnos al eventual daño que pueden producir. La idea no es asustarnos, sino prepararnos, para que algún día sepamos qué hacer si observamos que uno grande se acerca a la Tierra.

Al igual que los meteoritos, los asteroides nos ayudarán a entender la evolución de la formación planetaria.

Los asteroides son rocas espaciales que habitan nuestro sistema solar y orbitan tranquilamente al Sol, al igual que los planetas. Están repartidos por todo este sistema, pero hay tres lugares donde más se concentran:

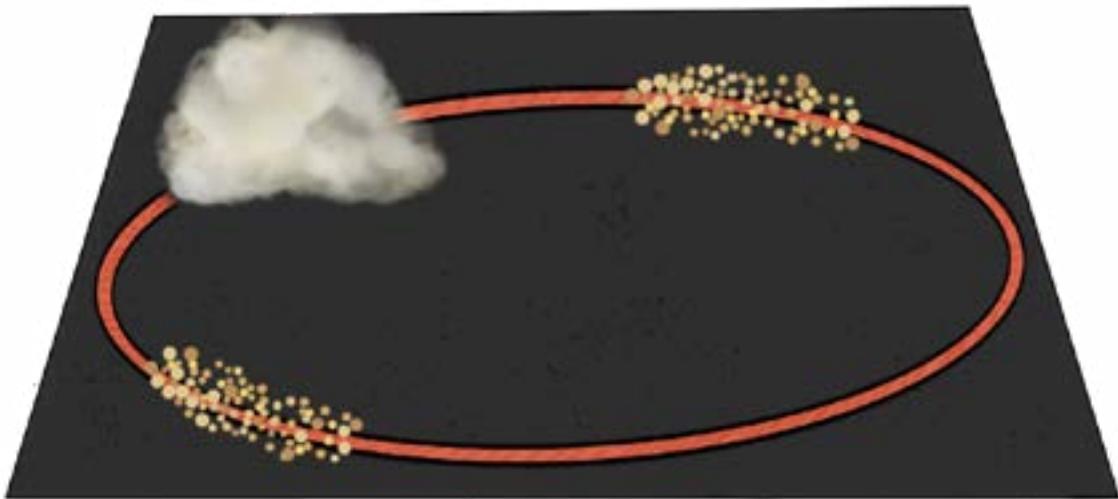
- **Cinturón de Asteroides:** se encuentra entre los planetas Marte y Júpiter. Su forma parece un anillo formado por rocas mucho más pequeñas que un planeta, compuestos por roca, níquel y hierro. En este cinturón encontramos el planeta enano Ceres.
- **Cinturón de Kuiper:** es una región situada en el plano del sistema solar, más allá de la órbita de Neptuno. Es conocido por ser el lugar donde se encuentra Plutón (planeta enano). Los asteroides que se encuentran aquí tienen la particularidad que aparte de roca contienen hielo, hidrocarburos (metano) y amoníaco.



MAQUETA N°1:
“Asteroides y el sistema solar”

- **Trojanos:** se ubican en la órbita de los planetas y su nombre se debe a la famosa guerra de Troya. Los más conocidos son los de Júpiter, pero también se encuentran en Marte, Neptuno, Urano y nuestra Tierra (Asteroide 2010 TK7). Se caracterizan por ser de colores rojizos, y están específicamente en los puntos de Lagrange (L4 y L5), regiones gravitacionalmente equilibradas que se ubican alrededor de dos cuerpos masivos (como el Sol y un planeta).

Como hemos mencionado, los trojanos más conocidos del sistema solar son los de Júpiter. Antes y después de este planeta se encuentra un enjambre de asteroides (más de 5 mil) que junto a él orbitan el Sol.



MAQUETA N°2:
“Trojanos”

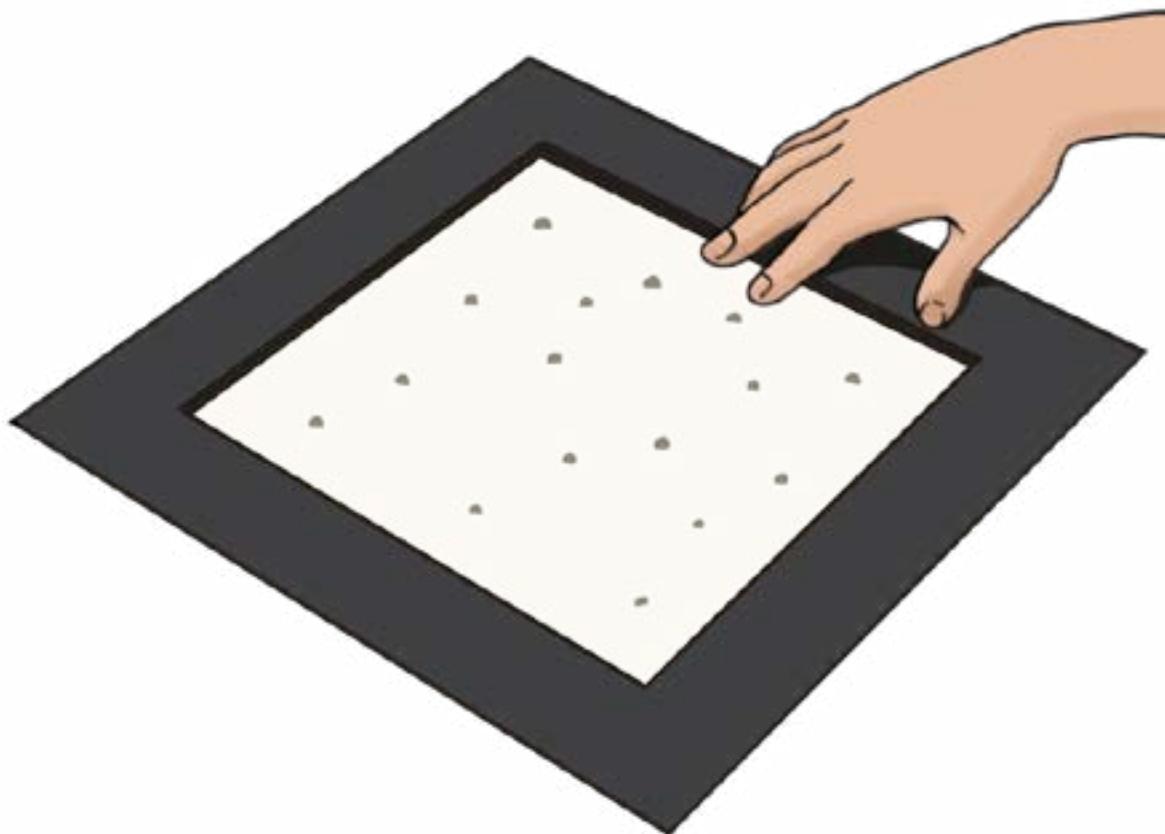
Una de las grandes preocupaciones de los astrónomos y astrónomas ha sido monitorear los asteroides del sistema solar. La NASA (National Aeronautics and Space Administration) tiene un departamento que se dedica exclusivamente a esto, donde los profesionales trabajan en la detección y vigilancia de las órbitas de los asteroides, especialmente de aquellos que están cercanos a la Tierra.

Además, esta agencia cuenta con una gran división de exploración espacial donde diversos ingenieros e ingenieras, astronautas, astrónomos y astrónomas, personal técnico (mecánicos, electricistas y electrónicos) trabajan para fabricar y enviar satélites a distintas partes del sistema solar. Los asteroides no son excepciones. Para poder estudiar más de cerca estos objetos, como el asteroide VESTA, RYUGU o BENNU, se han enviado sondas para orbitarlos y varios asteroides han sido aterrizados en su superficie para estudiar su composición. Incluso se envió DART, una nave espacial que impactó a un asteroide logrando cambiar ligeramente su órbita.

¡MANOS A LA OBRA!

Ahora jugaremos a que somos parte de la NASA y buscaremos nuestros propios asteroides. Cada uno tendrá en su poder un cuadrado con un borde duro, el que estará dentro de otro material colmado de puntos sobresalientes.

Usaremos dos dedos para identificar los puntos en los dos lados del cuadrado. Recomendamos utilizar el dedo índice sobre el cuadrado y pulgar por debajo. Lo que representa es un pedacito de cielo, lleno de diferentes puntos, unos más anchos que otros. Cada lado del cuadrado representa un pedazo de cielo con una hora de diferencia.



MAQUETA N°3:
“En busca de asteroides”

Los puntos representan objetos en el universo, los más anchos son los más brillantes y los más pequeños son los que se pueden observar de manera más débil. Al identificar los puntos van a encontrar en algún momento un punto que está ligeramente corrido, es decir, no estarán exactamente en el mismo lugar, ése será nuestro asteroide perdido.

¿Cuántos pueden identificar? Normalmente, en un cuadrado como éste solo hay un asteroide (o capaz que ninguno), pero como estamos jugando el primero en encontrarlos todos gana.

MATERIALES

MAQUETA N° 1: “Asteroides y el sistema solar”

- Cartón o superficie plana y rígida de 30x35 cms de color negro
- Un sistema solar de plumavit
- Fideos circulares (se encuentran en el comercio con el nombre de granizos)
- Un puñado de algodón

MAQUETA N°2: “Troyanos”

- Cartón o superficie plana y rígida de 20 x 20 cm, de color negro
- Un plato de servilleta
- Una esfera de plumavit por la mitad (tamaño medio)
- 50 cm de lana (color en contrastes con la superficie)
- Un puñado de fideos forma de círculo (se encuentran en el comercio con el nombre de granizos)

MAQUETA N°3: “En busca de asteroides”

- Dos micas transparentes de 11 x 11 cms, de color negro
- Un cartón de 12 x 12 cm como en la sección Material para Imprimir: Buscando Asteroides: Maqueta N°3: “Marco”
- Un lápiz sin tinta (u otro material puntiagudo) de la sección Material para Imprimir: Buscando Asteroides: Maqueta N°3: “En busca de asteroides”
- Pegote o masking tape y pegamento

¡A trabajar!

MAQUETA N°1: “Asteroides y el sistema solar”

1. Seccionar el cartón de tal forma que en la esquina derecha baja estará el Sol, luego las órbitas de los 8 planetas, y al medio el “Cinturón de Asteroides” (entre la cuarta órbita y la quinta) de tal manera que sea una franja curva, y en la esquina izquierda arriba estará el “Cinturón de Kuiper”.
2. Pegar la lana en el lugar donde se posicionan las órbitas de los planetas, de preferencia intercalar dos colores que contrastan el color del cartón.
3. Cortar las pelotas de plumavit con forma de sistema solar por la mitad y ubicarlas en las órbitas, de tal forma que la primera pelota esté cerca del límite del cartón a la izquierda, el segundo arriba del primero, pero un poco desplazado hacia la izquierda, el tercero sobre el segundo y también desplazado hacia la izquierda, y así sucesivamente hasta que las semi pelotas se ubiquen como una escalera.
4. Rellenar los cinturones con el fideo o pelotitas pequeñas.
5. Pegar en la esquina derecha baja una semi pelota de plumavit y cubrirla con un poco de algodón.

alrededor del círculo.

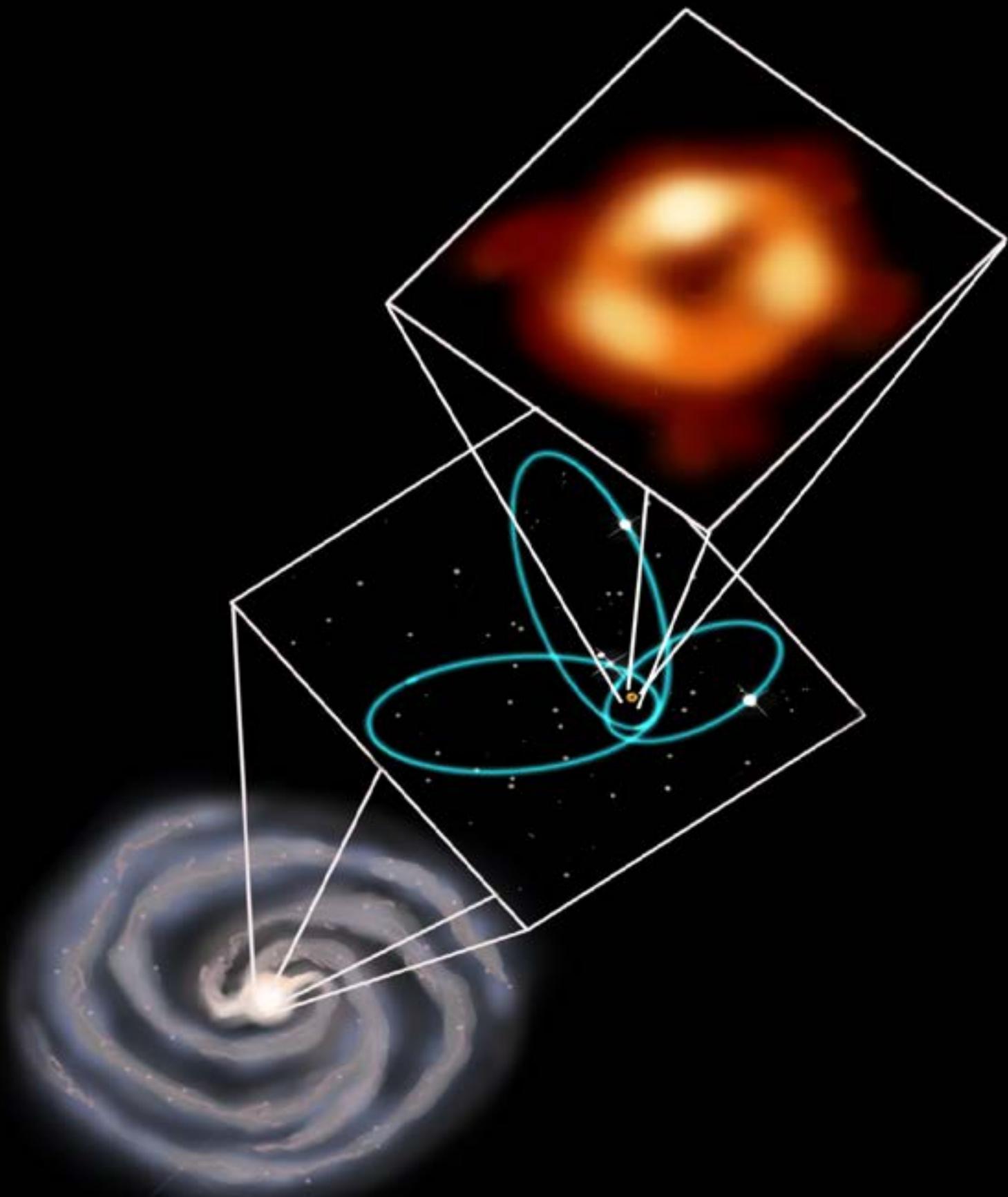
3. Arriba del punto central, interceptando con la órbita, marcar un punto y pegar una semi esfera de plumavit. Cubrir con algodón tal que represente un planeta gaseoso
4. Marcar la órbita con una lana como guía.
5. Pegar los fideos en lugares de órbita, por delante y por detrás de la pelota de plumavit.

MAQUETA N°3: “En busca de asteroides”

1. Poner una de las micas sobre la impresión A y otra sobre la impresión B. Con ayuda del lápiz marcar los puntos y el cuadrado que hay en las imágenes “En busca de asteroides”, si son más gruesas, hacer los puntos más gruesos.
2. Unir ambas micas con masking tape de tal forma que los puntos sobresalientes estén hacia afuera y los cuadrados coincidan.
3. Unir los “Marcos” de cartón a las micas con pegamento de tal forma que quede: marco de cartón, micas, marco de cartón.

MAQUETA N°2: “Troyanos”

1. Dibujar en el centro del cartón un punto con una estrella.
2. Poner el plato al medio y marcar el contorno, de tal manera que quede



Los Misteriosos Agujeros Negros

El 19 de abril del 2019 el Telescopio del Horizonte de Eventos (ETH, por su sigla en inglés) logró obtener evidencias de uno de los misterios más grandes de la astronomía. Gracias a la combinación de ocho radiotelescopios de diversas partes del globo terráqueo, el equipo de investigadores obtuvo la primera prueba visual directa de la existencia de un agujero negro supermasivo y su sombra.

El objetivo de esta actividad es entender el funcionamiento de los agujeros negros y su importancia en la evolución galáctica. Se caracterizan por ser muy misteriosos, pero también son necesarios para la vida y formación de las galaxias.

UN POCO DE HISTORIA...

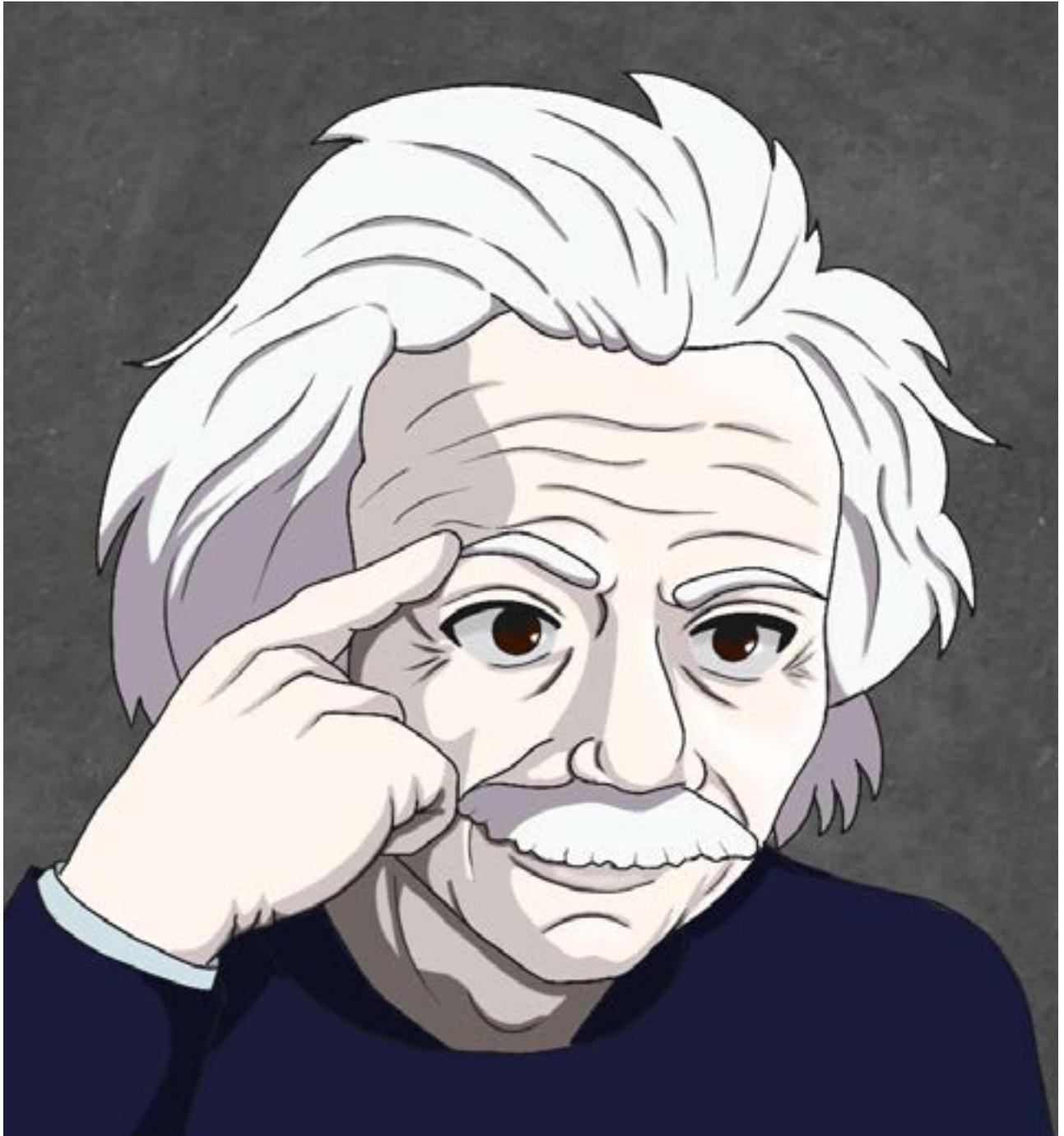
Para haber alcanzado este hito de la astronomía, los astrónomos y físicos de la edad moderna (siglos XVII y XVIII) fueron claves, ya que gracias a su capacidad para cuestionar los fenómenos naturales que estaban a su alrededor, fueron capaces de establecer las leyes físicas que estudiamos hoy en día.

Gracias al físico, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés Isaac Newton (1643-1727), sabemos que cualquier objeto con masa tiene atracción gravitacional. Un claro ejemplo de esto es nuestro planeta Tierra, que cuenta con una masa suficiente para que nosotros estemos atraídos hacia ella. ¿Cómo podemos comprobar esto? Es muy sencillo, basta con que nos pongamos de pie y saltemos, al cabo de un segundo volveremos al suelo a causa de la gravedad.

Newton descubrió que a mayor masa, mayor es la gravedad ejercida. Para escapar de la gravedad de cierto objeto, necesitamos alcanzar su velocidad de escape, así, para escapar de la gravedad de la Tierra, necesitamos acelerar hasta aproximadamente 11 km/s.

En los años posteriores a este descubrimiento, distintos físicos y astrónomos (como John Michell y Pierre-Simon Laplace) explicaron la posibilidad de que la luz actuase como partículas que escapan de las estrellas. Se planteó que existía una estrella tan masiva que su propia luz no era capaz de escapar de ella misma. A estos cuerpos se les denominó estrellas oscuras, pero solo de manera teórica.

Albert Einstein tomó estas premisas y en 1915 (120 años más tarde) propuso su teoría de la “Relatividad General” que plantea que la gravedad es una distorsión del espacio-tiempo. Así, en presencia de una masa, el espacio-tiempo se deforma, es decir, que, si una persona camina sobre una recta en el espacio y se encuentra con un cuerpo masivo, se ve obligada a desviar su trayectoria.



AGUJEROS NEGROS

Dentro de la inmensidad del universo, existen estrellas tan grandes que superan 10 o 15 veces el tamaño del Sol. En su última etapa de vida, estas estrellas se convierten en fríos restos que no permiten que ninguna partícula material escape de ellas, a causa de su poderosa fuerza gravitatoria. Son objetos tan densos que ni la luz es capaz de salir de ellos y generan una gran distorsión en el espacio-tiempo a su alrededor.

Existen dos características de los agujeros negros importantes de comprender. La primera de ellas es su horizonte de eventos, que básicamente representa su límite, puesto que cada cuerpo celeste que traspase este horizonte no es capaz de regresar. En segundo lugar, tenemos la singularidad, punto casi infinitamente pequeño donde el espacio-tiempo se curva tanto que todas nuestras teorías se rompen. Es el punto central, el corazón de los agujeros negros, donde toda la masa está concentrada y por ello las ecuaciones de la física no funcionan, porque justamente en este punto la gravedad, la densidad y muchas otras cantidades físicas se vuelven infinitas.

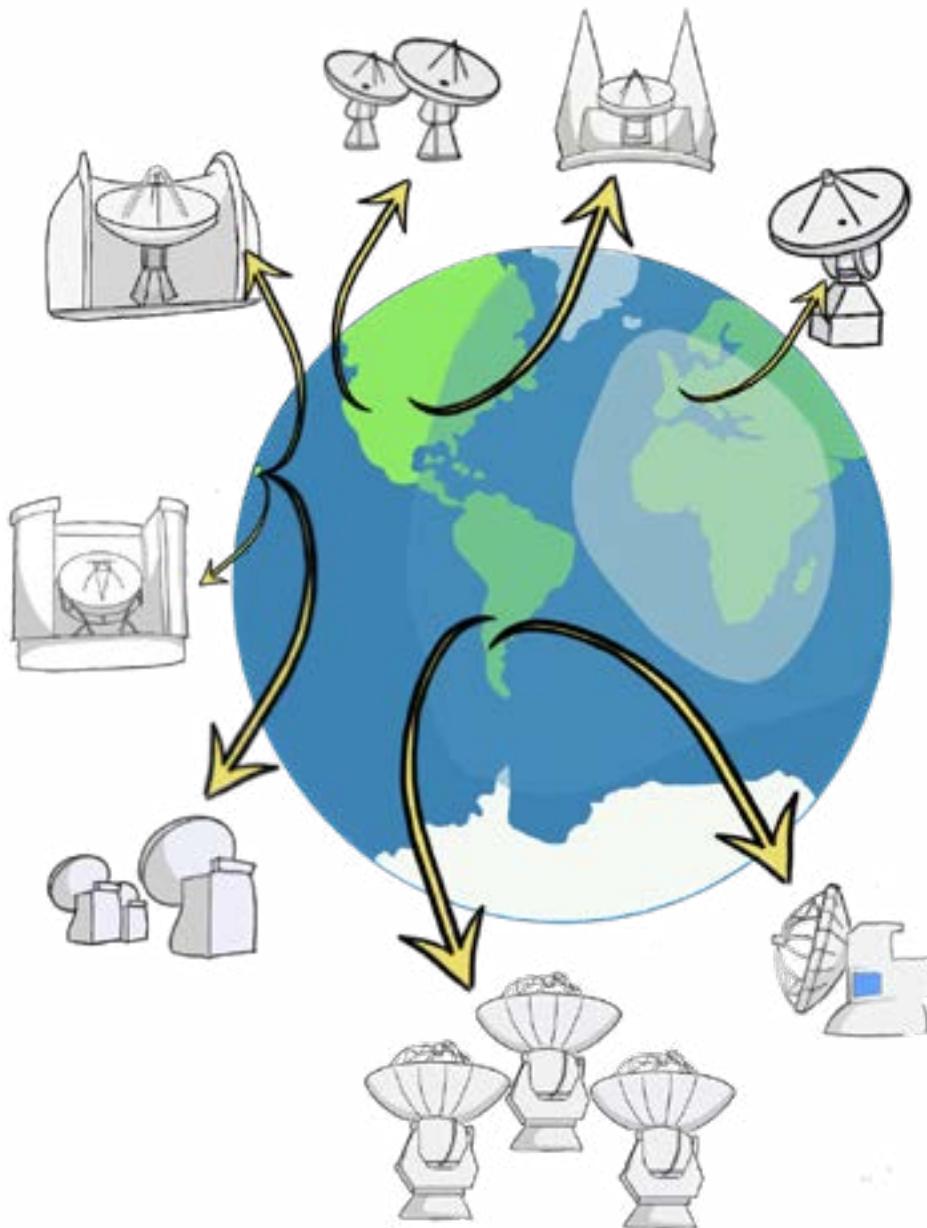
Se piensa que existe un agujero negro super masivo en el centro de cada galaxia. Para detectar el que está dentro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, se midió el comportamiento de la trayectoria de las estrellas y resultó que éstas aceleraban cada vez que pasan cerca del Agujero Negro.

Además, hay galaxias que tienen en su centro agujeros negros super masivos en los que existe materia que gira en su rededor, llamadas Galaxias con Núcleo Activo (AGN en inglés). La evolución galáctica nos explica que cada galaxia pasó por un período de adolescencia donde la actividad al interior de ella fue muy parecida a los cambios hormonales que sufrimos los humanos durante ese período. Esto es debido a un agujero negro super masivo activo que afectaría su alrededor y así al resto de la galaxia.

Para poder detectar los AGN se necesitan instrumentos que observen en rayos X, ya que son objetos que irradian en energías muy altas. Si se busca obtener una imagen más detallada, también se ocupan las antenas de radio. La más famosa es ALMA que se ubica al norte de nuestro país en el desierto de Atacama.

Durante los años 2009 a 2018 se trabajó en una colaboración internacional que tuvo como objetivo capturar la primera imagen de un agujero negro a través de un telescopio del tamaño de la Tierra. Para esto, se consideraron radio-telescopios en distintos puntos del planeta y se pusieron de acuerdo para que observen el mismo objeto al mismo tiempo. Este es el famoso Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT), que logró obtener la primera imagen justo alrededor del agujero negro M87. Sus resultados fueron consistentes con la Teoría de la Relatividad General de Einstein, y se consolidaron como un gran acercamiento a la demostración visual de los agujeros negros, puesto que previamente solo se habían realizado predicciones matemáticas.

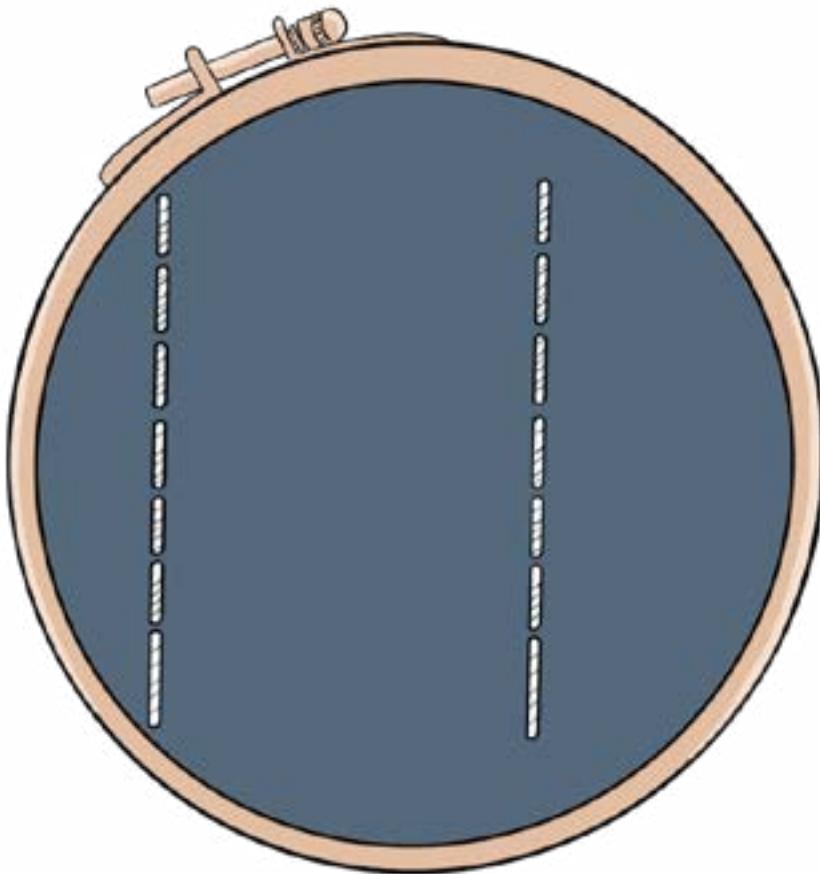
La técnica usada por el EHT se conoce como interferometría, que es la combinación de diferentes telescopios para poder formar una imagen más detallada del objeto. En este caso el EHT se formó por los siguientes telescopios alrededor del mundo: (LMT) México, (ALMA) y (APEX) Chile, (SPT) Polo Sur, (JCMT) y (SMA) en Hawái, (SMT) Arizona y (IRAM) España.



El telescopio EHT se seguirá usando para distintos propósitos, siendo el principal obtener imágenes de los agujeros negros supermasivos en las galaxias.

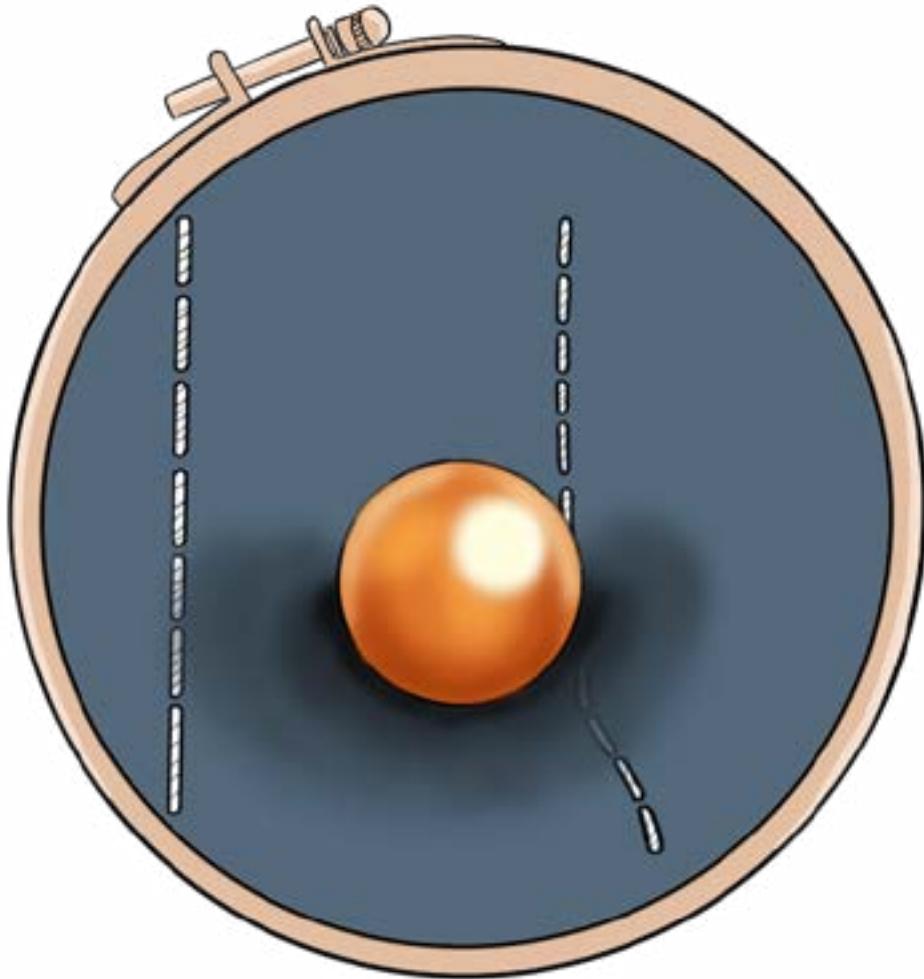
¡MANOS A LA OBRA!

Uno de los conceptos que revisamos con anterioridad fue la Teoría de la Relatividad. Este planteamiento, es bastante complicado de entender, así que lo explicaremos con la maqueta N° 1. Lo primero que haremos es simular observar dos estrellas, una al lado de otra. La luz de cada una viaja en línea recta hacia nosotros, lo que graficaremos con lana y llamaremos trayectoria de la luz, y el espacio lo representaremos en un plano con una tela negra.



MAQUETA N°1:
“Deformación del espacio”

Luego vamos a poner un objeto pesado al medio y seguiremos la trayectoria de la luz que emiten las estrellas. En este punto podrás preguntarte si hubo algún cambio. La trayectoria de la luz de las estrellas parece desviarse, pero lo que en realidad pasa es que el objeto masivo curvó el espacio.



MAQUETA_Nº1:
“Deformación del espacio”

Hoy sabemos que estos objetos masivos pueden ser un cúmulo de galaxias o un agujero negro, sorprendente ¿verdad?

En la maqueta N°2 que construiremos, vamos a representar las dos partes de un agujero negro.

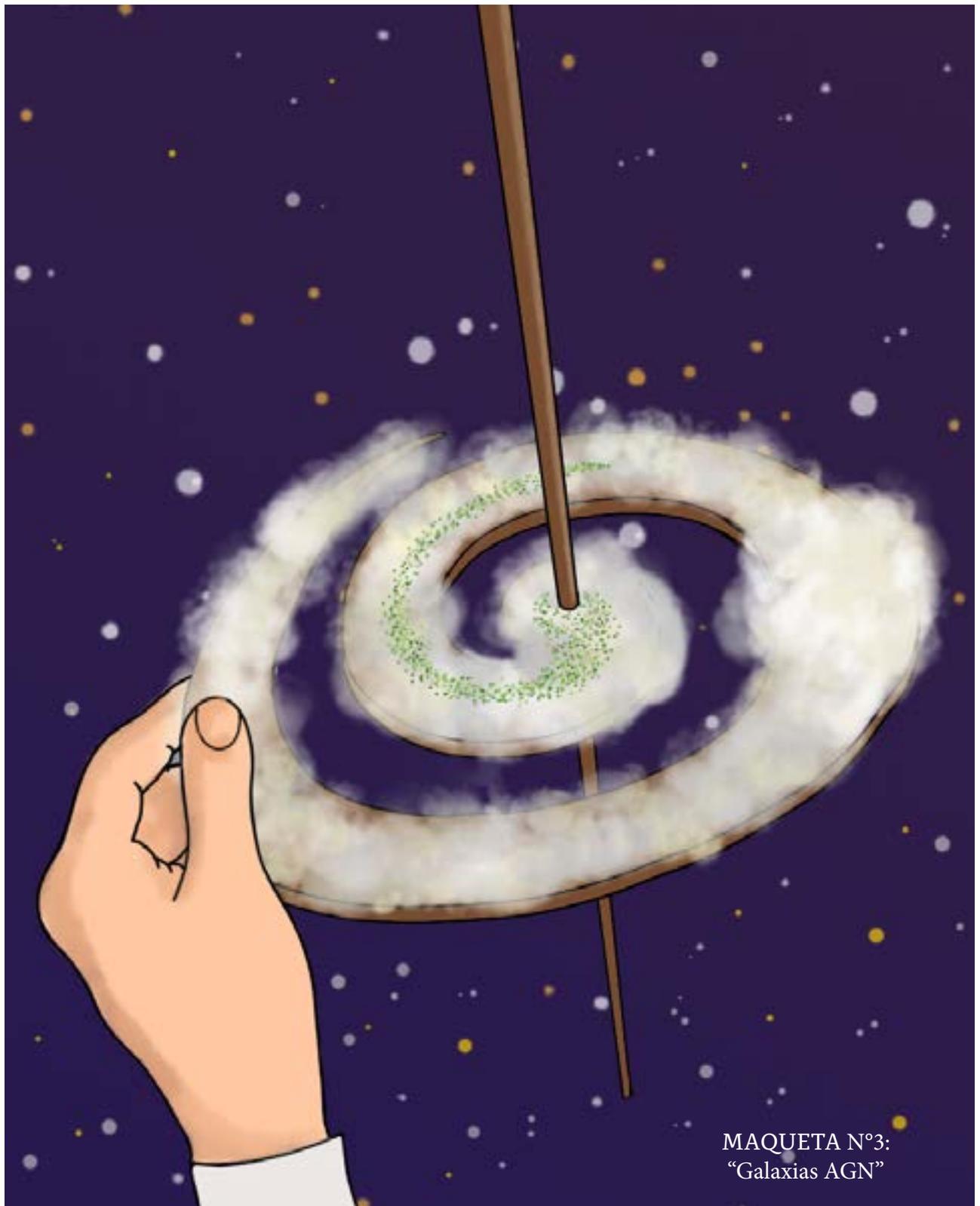
La primera de ellas será el horizonte de eventos, que es el límite del agujero negro. Cada cuerpo celeste que traspase el horizonte no es capaz de volver. Para ello, pasaremos un imán cerca de cada metal, con tal de que se sienta una atracción. Luego acercaremos el imán de manera cuidadosa, de tal forma de no pasar a llevar los dedos y juntar el metal con el imán al momento de traspasar el horizonte.

La segunda parte es la singularidad, punto casi infinitamente pequeño donde el espacio-tiempo se curva tanto que todas nuestras teorías se rompen. Esta sección, la representaremos con el metal.



MAQUETA N°2:
“Agujeros negros”

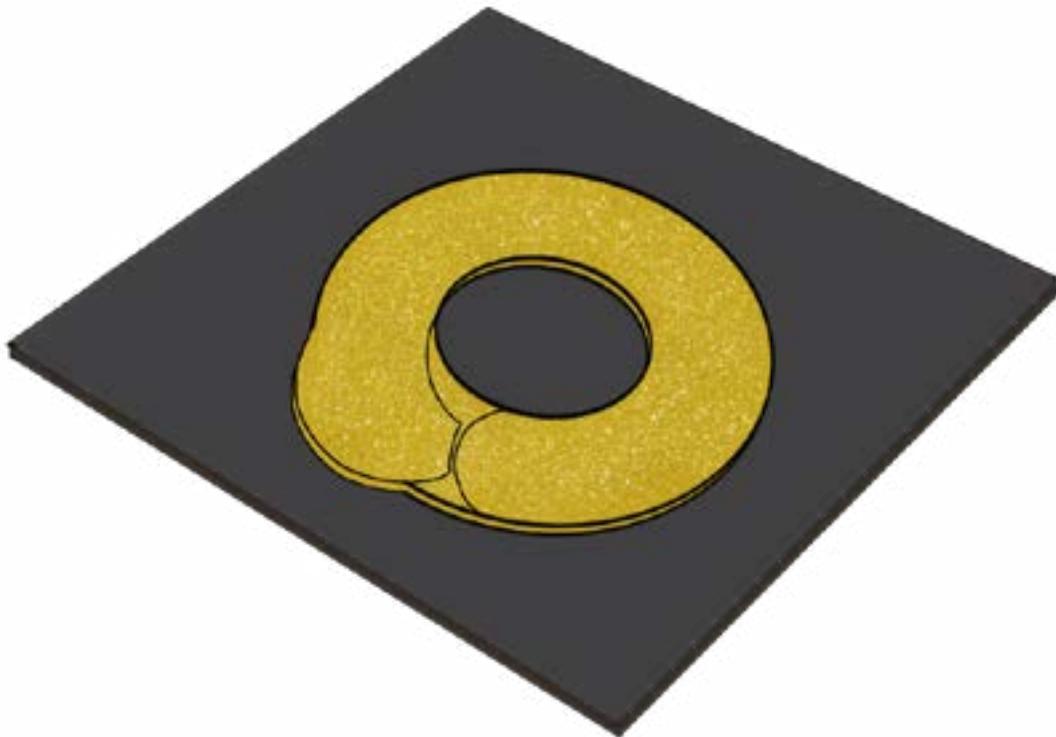
En la maqueta N°3 revisaremos las galaxias AGN (siglas que corresponden a galaxias con núcleo galáctico activo) en las que su núcleo consume una gran cantidad de materia y energía a su alrededor.



MAQUETA N°3:
"Galaxias AGN"

- **Toro:** gas que rodea al agujero negro y que se aglomera de manera apelotonada. Esta parte la representaremos con algodón.
- **Disco de acreción:** disco de gas y polvo que está girando unido al agujero negro, por lo que al caer su materia, el agujero negro la va consumiendo. La materia que gira pierde energía y libera radiación en forma de rayos X y otras radiaciones electromagnéticas antes de atravesar el horizonte de eventos. Para representar el disco vamos a usar algodón y tierra.
- **Jets de luz:** luego de que el agujero negro consume material del disco de acreción, éste expulsa material hacia ambos lados del disco en forma de luz y gas, representado por el palo de maqueta.
- **Agujero negro:** constituye la parte más central del AGN.

Finalmente, para representar la primera imagen de un agujero negro super masivo, usaremos la maqueta N°4. En esta última maqueta, la parte de goma eva representa lo que se observó con el Telescopio del Horizonte de Eventos. Se aprecia una brillante media luna formada por plasma caliente que se arremolina alrededor de M87 en forma de anillo asimétrico, y una parte central oscura, donde se cree que se marca el horizonte de sucesos.



MAQUETA N°4:
“Telescopio del Horizonte de Eventos”

MATERIALES

MAQUETA N°1: “Deformación del espacio”

- Tela elástica (lycra), en forma cuadrada de 30x30 cm
- Bastidor circular de 20 cm de diámetro
- Lana gruesa de color blanco de 50 cm
- Una pelota bien pesada de 5 cm de diámetro (recomendamos usar una de metal o rellenar una pelota de pin pon con arena)

MAQUETA N° 2: “Agujeros negros”

Un par de imanes potentes, pero seguros y cómodos de emplear

MAQUETA N°3: “Galaxias AGN”

- Napa de 30x30 cm
- Cartón en espiral sección
- Material para Imprimir: Los Misteriosos Agujeros Negros: Maqueta N°3: “Galaxias AGN”
- Tierra 1 cucharadita
- Palo de maqueta de 2mm ancho y 50cm largo

MAQUETA N°4: “Imagen del Telescopio del Horizonte de Eventos”

- Un cartón de 10x10 cm
- Goma eva de color amarillo tamaño carta
- Goma eva de color amarillo con escarcha/brillo tamaño carta

¡A trabajar!

MAQUETA N°1: “Deformación del espacio”

1. Poner la tela en el bastidor y cortar el resto que sobra.
2. Marca una línea que cruce el centro de la tela (diámetro del bastidor) y una segunda línea paralela entre el centro y el borde del bastidor.
3. Coser ambas líneas con la lana, para así crear un relieve.

MAQUETA N° 2: “Agujeros negros”

1. Él o la participante debe sostener un metal que sea cómodo de sujetar con sus manos.
2. Él o la presentadora debe acercar el imán con mucho cuidado.

MAQUETA N°3: “Galaxias AGN”

1. Incrustar un lápiz en el centro del cartón con forma de espiral con mucho cuidado para no romperlo.
2. Cubrir y pegar con cola fría la parte más externa, en forma de anillo, con napa de manera uniforme, de tal manera que quede todo cubierto de napa con dos capas. Luego, encima de esta capa, abultar ciertos sectores con napa adicional por ambos lados del cartón, para crear relieves.
3. En la parte espiral, cubrir y pegar con cola fría una delgada capa de napa. Cuando esté seco pegar un camino de tierra, por

ambos lados del cartón.

4. Una vez que todo esté seco, incrustar el palo de maqueta en el centro, de forma que quede bien ajustado, si es necesario pegarlo con silicona.

MAQUETA N°4: “Telescopio del Horizonte de Eventos”

1. Cortar un círculo de goma eva de 8 cm de diámetro.
2. Hacer un círculo concéntrico, es decir al medio, de 6 cm, de tal forma que parezca una dona.
3. Cortar dos círculos de 2 cm de diámetro de goma eva con brillo, ponerlos uno sobre otro y pegarlos.
4. Cortar dos trozos de goma eva con brillo, de tal manera de que no sean más anchos que dos 2 cm y más largos que 3 cm. Ponerlos uno sobre otro y pegarlos.
5. Pegar las últimas formas de goma eva en la parte baja de la dona, para que queden en una mitad.
6. Pegar esta figura en el cartón.



Telescopios y Contaminación Lumínica

Con el desarrollo de las ciudades y el asentamiento de grandes cantidades de población, el alumbrado público fue cobrando relevancia, especialmente para velar por la seguridad de las personas. Las primeras luminarias de este tipo se remontan al siglo XVI, en Francia, donde los pobladores de las grandes urbes debían colgar una luz en la puerta de sus casas. Sin embargo, no fue hasta fines del siglo XIX que las farolas eléctricas comenzaron a masificarse en las principales capitales del mundo.

El objetivo de esta actividad será conocer las partes de los telescopios y por qué es importante entablar conversaciones sobre la contaminación lumínica a la que nos vemos expuestos día a día.

Si bien han constituido parte esencial de la vida nocturna de las ciudades, tienen un lado negativo, puesto que alteran la oscuridad natural de la noche, ya que la luz se propaga en todas las direcciones y a 300.000 kilómetros por segundo. A este fenómeno se le conoce como contaminación lumínica, la cual crea un brillo o halo luminoso en el cielo, que puede generar diversos impactos que incluyen a la biodiversidad, la calidad de vida y la salud de las personas y también el desarrollo sostenible.

OBSERVATORIOS EN CHILE

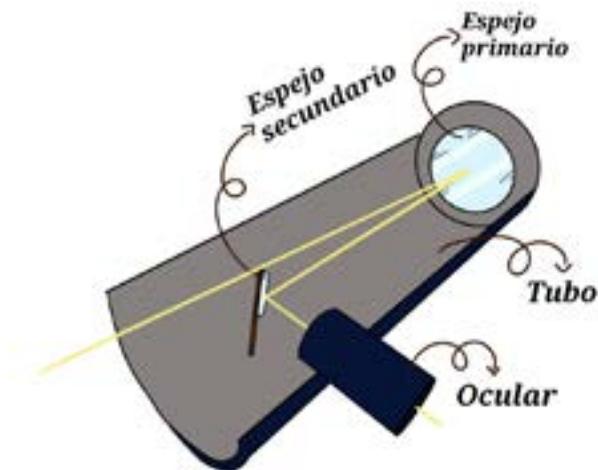
En el día del equinoccio de otoño se celebra en nuestro país el Día de la Astronomía, bajo el lema “Chile Mira Tu Cielo”, el cuál nos invita a reflexionar sobre el impacto que tiene la contaminación lumínica en las investigaciones astronómicas. Particularmente el norte de Chile cuenta con un cielo excepcional, con condiciones climáticas de baja o nula humedad, poca nubosidad y gran altura, lo que hace un excelente lugar para instalar grandes y revolucionarios telescopios, como los que actualmente se encuentran ubicados en la Región de Antofagasta y Coquimbo.



En un futuro el 70% de los observatorios del mundo estarán en el norte de Chile. Es nuestro deber sentir orgullo del lugar donde nos tocó vivir y valorar los cielos nocturnos como patrimonio natural, y sobre todo protegerlos.

Sin embargo, ¿conocemos realmente qué es un telescopio o cómo funciona? Un telescopio es una herramienta que permite a los astrónomos observar el Universo. Funcionan a base de espejos, los cuales captan la luz, la reflejan y enfocan en el lugar de salida de datos. La óptica de un telescopio implica que los espejos deben tener la forma perfecta para recolectar y concentrar la luz. No pueden tener manchas, raspaduras u otros defectos, sino, la imagen resultaría borrosa, deformada y difícil de observar.

En la Maqueta N°1 podrás conocer el interior de un telescopio, el cual se compone principalmente por:



MAQUETA N°1:
“Construyendo un telescopio”

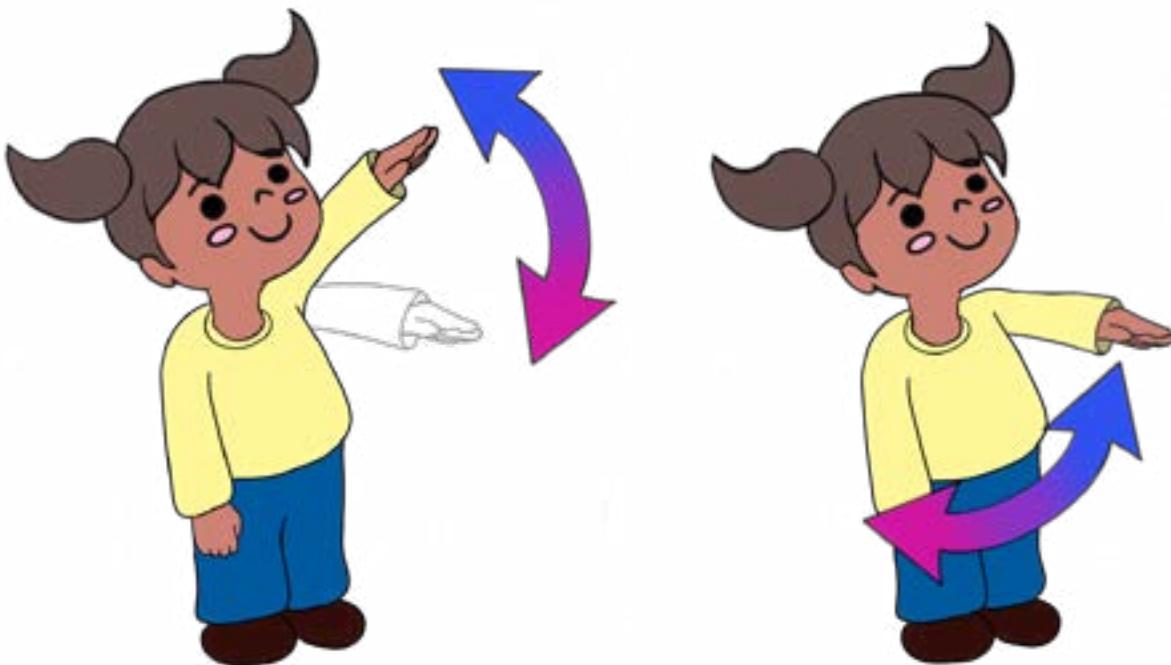
- **Tubo:** Lugar en el que entra la luz y la recorre hasta llegar a su destino.
- **Ocular:** Tubo pequeño desde donde sale la luz luego de su camino por el tubo. En los telescopios comunes es donde ponemos un ojo para mirar. En los telescopios profesionales se pone un artefacto llamado CCD que convierte la luz en señal para obtener no solo una foto, sino que también una imagen con información del objeto a estudiar, como la intensidad de la luz y los elementos químicos de ellos.
- **Espejo primario:** Es el elemento que permite captar la luz, por tanto, mientras más grande, más luz captamos. Esto permite que podamos estudiar los objetos más lejanos con mayor detalle.
- **Espejo secundario:** Es una estructura más pequeña que está enfrente al espejo primario en 45°. Su función es dirigir la luz hacia el ocular.
- **Montura:** Es la parte del telescopio que se encarga, por un lado, de sostener el tubo óptico y, por otro, de permitir realizar los movimientos de éste para encontrar los objetos celestes. En palabras más simples, es lo que le da movilidad al telescopio durante la noche.

Hay dos tipos de monturas en los telescopios:

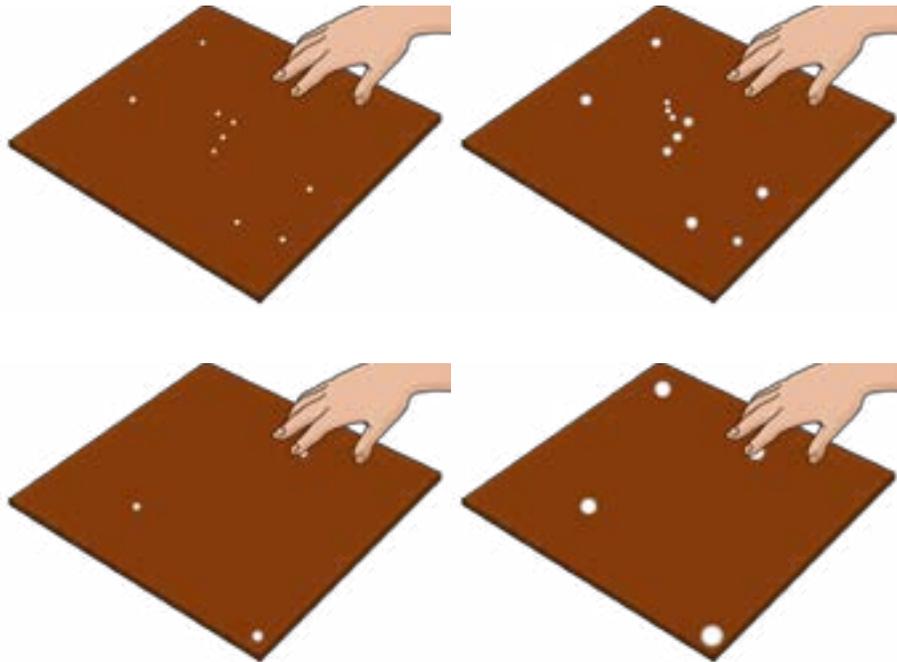
- **Montura altazimutal:** Permite mover el telescopio en cualquier dirección (arriba y abajo y derecha e izquierda) gracias a sus dos ejes (horizontal y vertical).
- **Montura ecuatorial:** Permite realizar el seguimiento de los astros, uno de los ejes se sitúa paralelo al eje de rotación de la Tierra, de modo que el movimiento rotatorio de la Tierra queda compensado. Esto nos permite seguir el movimiento de los astros moviendo un solo eje. Este tipo de montura es utilizada por los telescopios profesionales, ya que son un poco más complejos y necesitan contrapesos para que la alineación del telescopio quede perfecta. Para seguir los astros ocupan, además, un motor.

¡MANOS A LA OBRA!

Para entender mejor cómo se mueven los telescopios, podemos realizar el siguiente ejercicio. Imagina que tu mano es un objeto, extiende un brazo hacia el este y muévelo hacia adelante unos grados, imitando la trayectoria del Sol. Para ello, deberás moverlo hacia arriba y luego hacia abajo, cambiando de posición. Como te darás cuenta, te demorarás menos en recorrer su trayectoria en el cielo que el Sol. Así el telescopio se mueve junto a los objetos en el cielo, pero en distintas posiciones a lo largo de la noche.



En la maqueta N°2 podrás ver cómo afecta la contaminación lumínica al cielo. En cielos limpios, libres de este problema, se pueden observar las constelaciones. Las más populares son las que cuentan con nombres de mitologías griegas, las cuales durante cientos de años permitieron que los navegantes pudieran distinguir el norte del sur y el este del oeste.

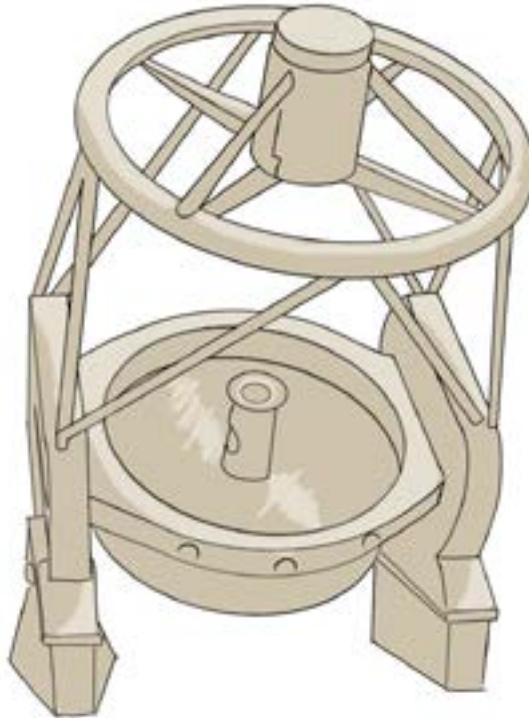


MAQUETA N°2:
“Contaminación”

Tal como contamos anteriormente, la contaminación no solo afecta a la astronomía, sino que también a los animales, ya que confunden las luces de las calles con la Luna y se desorientan, o con el Sol y no saben si es día o noche. Asimismo, las personas también pueden sufrir las consecuencias de este problema, ya que un exceso de luminosidad en la noche altera los ciclos de sueño.

La contaminación de los cielos nos afecta a todas y todas. Para poder regular este problema, es necesario generar normativas que protejan el cielo nocturno, a raíz de ello, se ha instalado una mesa de trabajo entre distintos ministerios (de Obras Públicas, de Energía), superintendencias (del Medio Ambiente, de Electricidad y Combustibles) y el Servicio de Evaluación Ambiental que trabajan codo a codo con el consorcio astronómico (AURA, ESO, Las Campanas, Telescopio Magallanes), SOCHIAS (Sociedad Chilena de Astronomía), Fundación Imagen Chile y la OPCC (Oficina para la Protección de los Cielos del Norte), a fin de velar por la calidad astronómica de los cielos del norte de nuestro país.

Si quieres conocer más sobre los telescopios, te invitamos a construir de manera opcional la maqueta N°3. Ésta te permitirá ver cómo funciona un telescopio más profesional.



MAQUETA N°3:
“Telescopio profesional”

Para ello deberás acceder al enlace: https://www.eso.org/public/products/models3d/3dmodel_002/, aquí encontrarás un modelo imprimible del Very Large Telescope (VLT), el cual es un conjunto de cuatro telescopios de 8.2 metros de diámetro, que al trabajar en conjunto forman un telescopio más grande (interferometría). El VLT se encuentra en Cerro Paranal a una altura de 2.635 metros en el desierto de Atacama en la región de Antofagasta.

Además, podrás acceder al enlace: <https://www.lco.cl/3d-printable-models/>, aquí se muestra la gráfica del Telescopio Magallanes del Observatorio Las Campanas, el cual está ubicado en las montañas del desierto de Atacama a una altura de 2.400 metros sobre el nivel del mar en la región de Atacama. Este telescopio empezó su funcionamiento desde el año 2000 con un espejo primario de 6.5 metros, que desde entonces ha estado a la vanguardia con los descubrimientos del cosmos a nivel nacional.

El último enlace que puedes acceder es: https://prc.nao.ac.jp/3d/subaru_models_e.html, aquí se grafica el Telescopio Subaru (NAOJ), el cual es un telescopio japonés óptico-infrarrojo ubicado en Maunakea, Hawaii, desde 1999. Su espejo primario mide 8.2 metros de diámetro a una altura de 4.139 metros. Debido a su altura, las operaciones de este telescopio se realizan desde Hilo, localidad de Hawaii.

MATERIALES

MAQUETA N°1: “Construyendo un telescopio”

- Envase de papas fritas en forma de tubo
- Un cartón de 5x4 cm (puede ser usando parte de un rollo de papel higiénico)
- Un palo de helado
- Círculo de 5 cm diámetro de cartón metálico o cartón forrado brillante
- Papel para forrar el tubo, puede ser adhesivo
- Una elipse de 3x2 cm de cartón metálico o cartón forrado brillante

MAQUETA N°3: “Telescopio profesional”

- Impresión en 3D de telescopio, pero esta parte es opcional

MAQUETA N°2: “Contaminación”

- Modelo de constelación a gusto o imprimir de la sección Material para Imprimir: Telescopios y Contaminación Lumínica, Maqueta N°2: “Contaminación”
- 2 Cuadrados de cartón de 10x10 cm (se recomienda que sean de color negro) por modelo
- Pintura acrílica blanca

¡A trabajar!

MAQUETA N°1: “Construyendo un telescopio”

1. Limpiar el tubo de papas fritas.
2. Sostener el tubo de forma horizontal, cortarlo de manera transversal con tijeras, y remover la parte superior, dejando el fondo intacto. (Ver imagen “MAQUETA N°1: “Construyendo un telescopio”).
3. Forrar el tubo por fuera con papel para forrar que puede ser de vinilo.
4. Tomar el cartón pequeño y formar un cilindro grueso.
5. Medir el diámetro, hacer un semicírculo de 3 cm en la parte superior (contraria al fondo) y recortar.
6. Pegar el tubo pequeño en el semicírculo.
7. Cortar el palo de helado con un largo de 2 cm. Pegar en la punta la elipse de cartón brillante.
8. Incrustar el palo de helado de tal forma que quede mirando al tubo pequeño y al fondo del tubo de papas fritas en 45°.
9. En la parte del fondo del tubo de las papas fritas, pegar un círculo de cartón metálico.

MAQUETA N°2: “Contaminación”

1. Escoger una o más constelaciones.
2. Marcar con un lápiz las estrellas que conforman la constelación en el cartón.
3. Poner en cada marca pequeñas gotas de pintura acrílica en cada punto ya marcado.
4. Esperar a que se sequen y comprobar

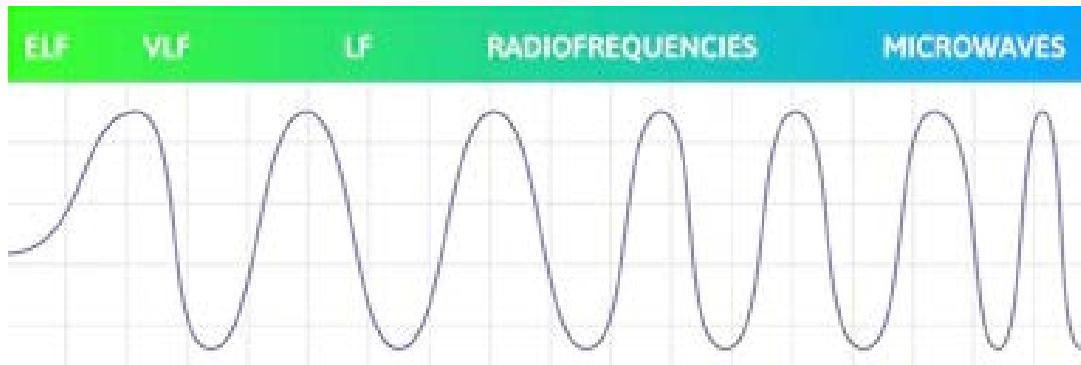
que se nota el relieve, si no es así vuelve a marcar.

MAQUETA N°3: “Telescopio profesional”

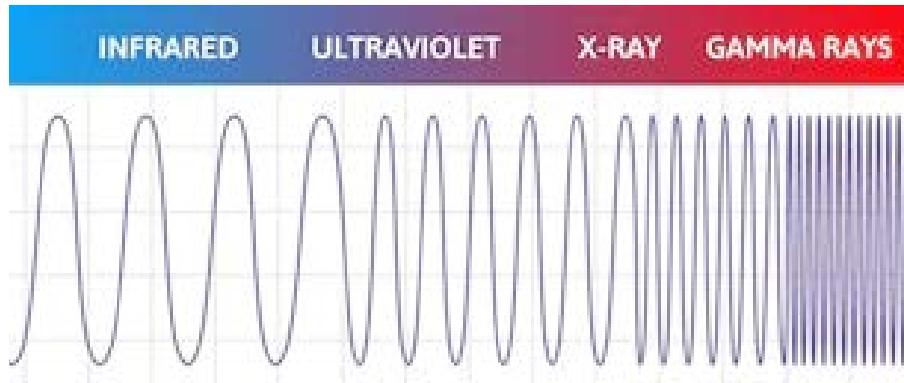
1. Impresión en 3D de algún telescopio, pero esta parte es opcional.

Material para Imprimir

CAPÍTULO 1: EL SOL Y SU ESPECTRO

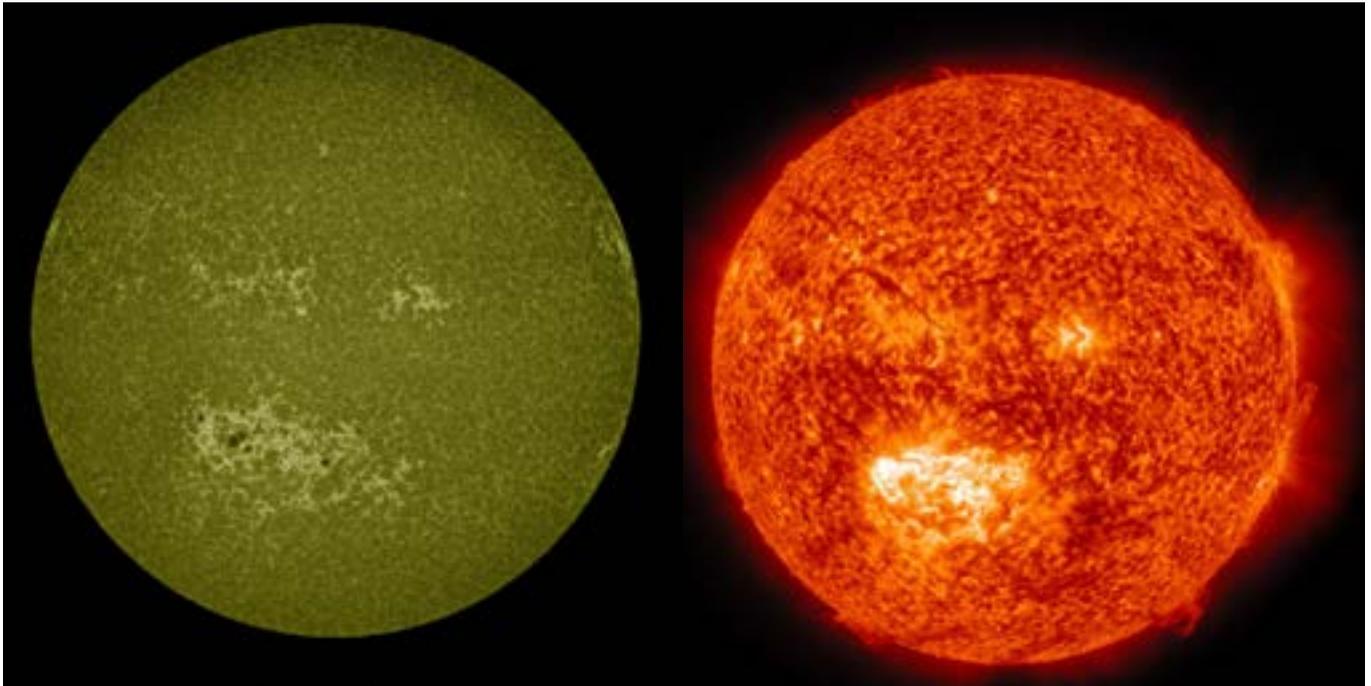


MAQUETA N°2



MAQUETA N°2

CAPÍTULO 1: EL SOL Y SU ESPECTRO

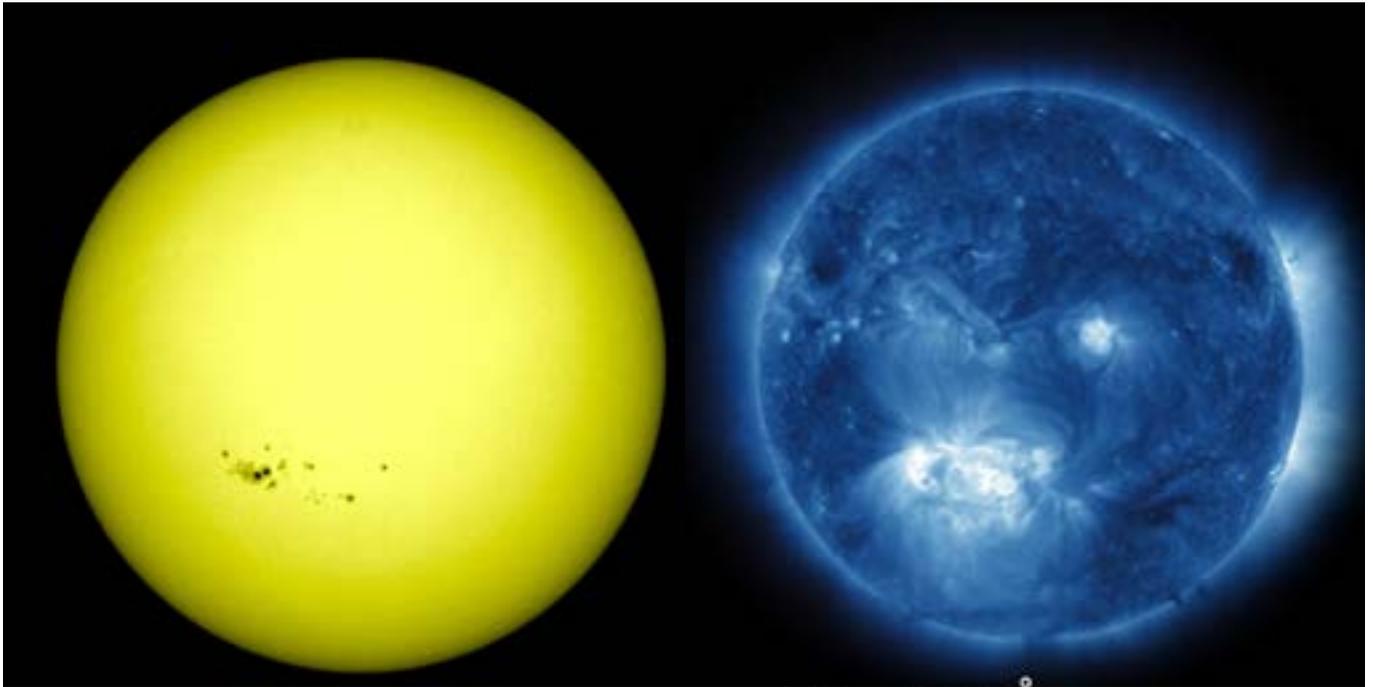


Sol en radio

Sol en infrarrojo

MAQUETA N°3

Créditos: NASA/SDO/Goddard Space Flight Center



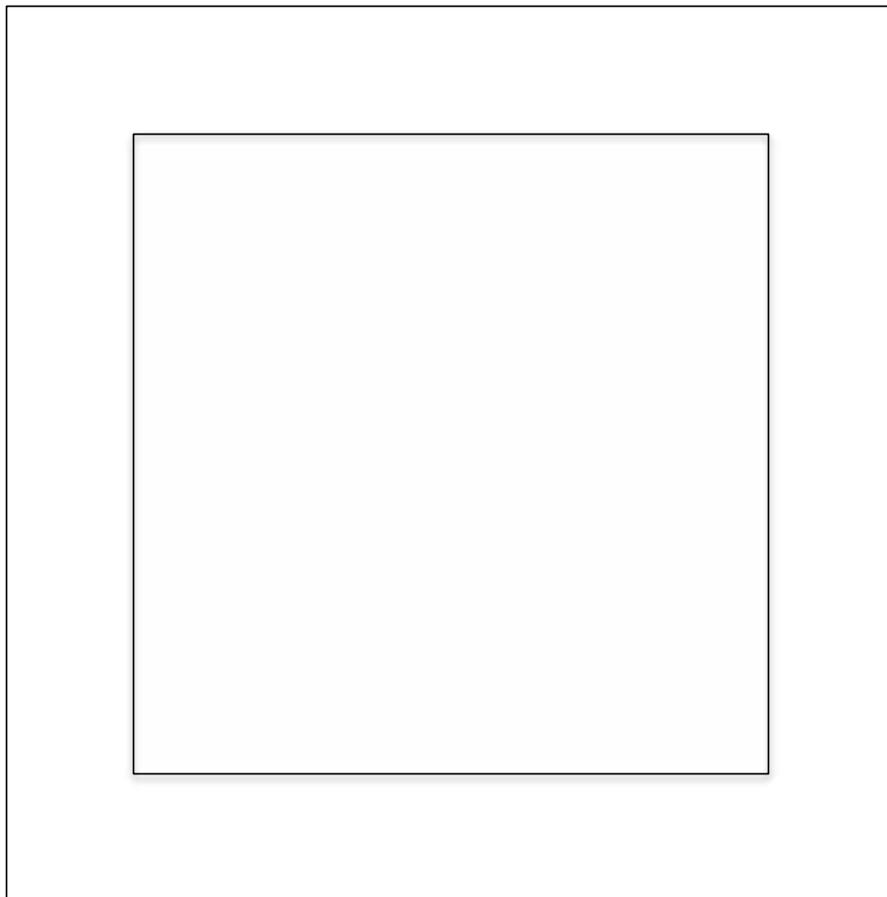
Sol en óptico

Sol en rayos x

MAQUETA N°3

Créditos: NASA/SDO/Goddard Space Flight Center

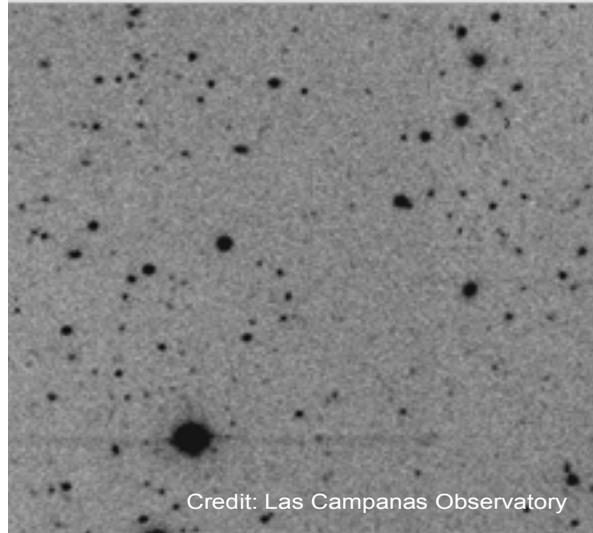
CAPÍTULO 2: EN BUSCA DE ASTEROIDES



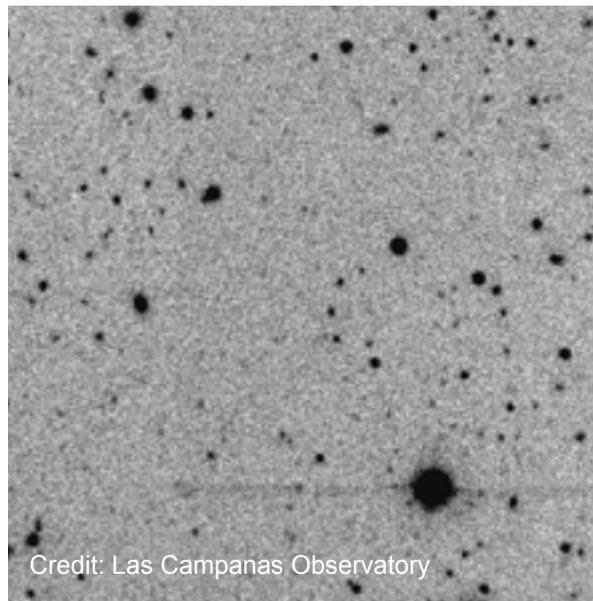
MAQUETA N°3
Créditos: Dedoscopio

CAPÍTULO 2: EN BUSCA DE ASTEROIDES

Impresión A



Impresión B



MAQUETA N°3

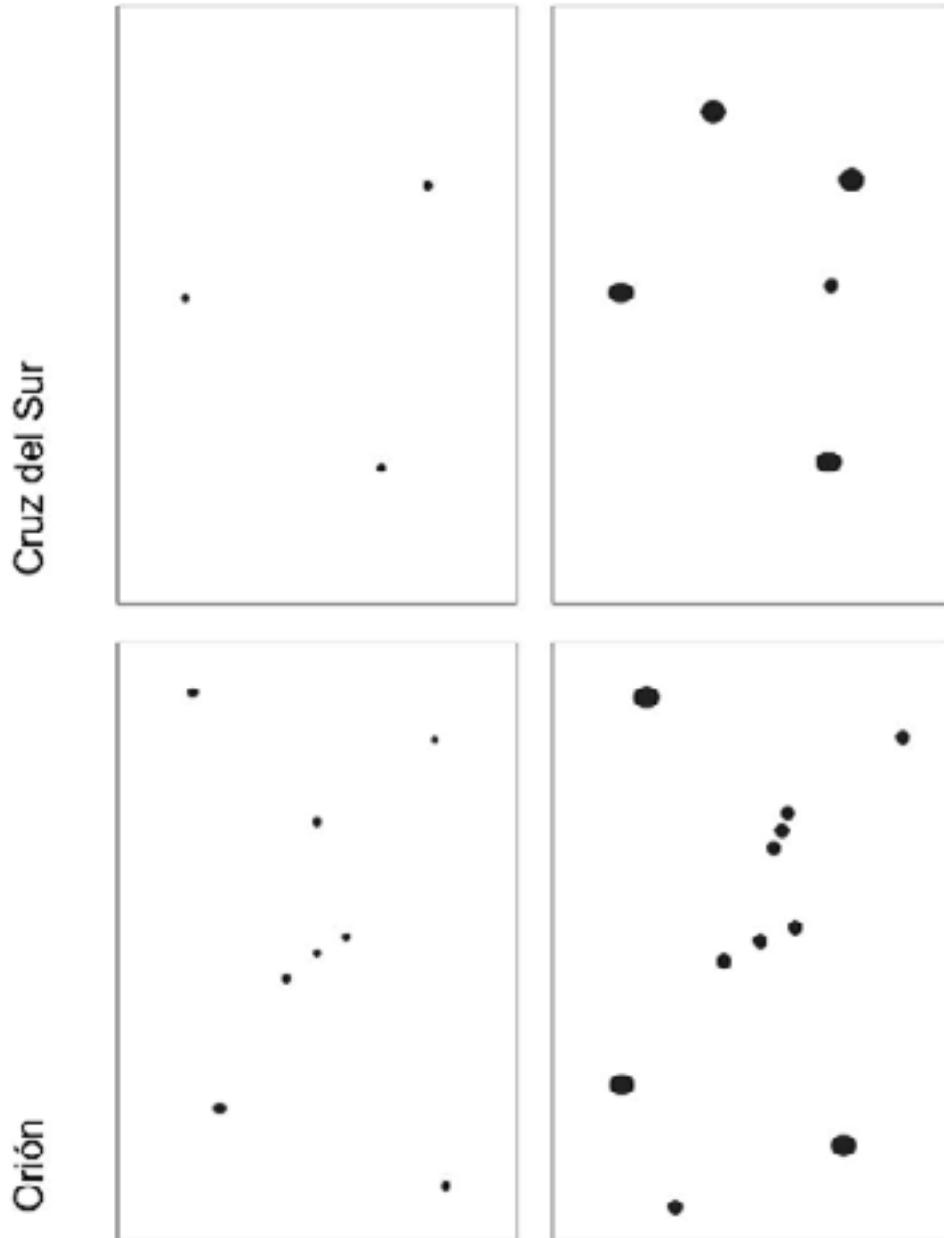
Créditos: Observatorio Las Campanas

CAPÍTULO 3: LOS MISTERIOSOS AGUJEROS NEGROS



MAQUETA N°3
Créditos: Dedoscopio

CAPÍTULO 4: TELESCOPIOS Y CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



MAQUETA N°2
Créditos: Dedoscopio



[@dedoscopio_cl](https://www.instagram.com/dedoscopio_cl)



