



BEYOND THE SUN
En busca de una nueva Tierra



Que las estrellas iluminen tus sueños.





¡Hola! Me llamo Celeste.

Qué alegría verte leyendo estas páginas porque necesito tu ayuda.

No hay nada que me guste más en el mundo que explorar. Descubrir cosas nuevas, entender y alucinar con todo lo que pasa en la Tierra ... y más allá. Porque, ¿sabes qué? En el universo, pasan cosas... ¡miles de cosas! Y, aunque nosotros no las veamos con nuestros ojos, podemos verlas con los ojos que nos da la ciencia...

Así que, este año, me he propuesto convertirme en una EXPERTA CAZADORA DE PLANETAS. Sí, sí, exxxperta. Y, para serlo, necesito leer, jugar y contestar a las preguntas de esta guía.

Si me prestas tu ayuda, descubriremos cosas increíbles...

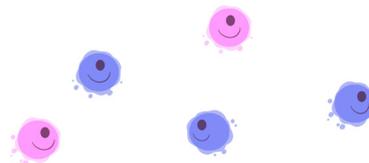
¿Te apuntas?



¡Hola! Yo soy Moon.

Una pequeña partícula de luz de una estrella muy, muy lejana. Os guiaré y entrenaré para convertirlos en cazadores de exoplanetas.

¡Ah, y éstas son mis ayudantes!



Estarán por aquí revoloteando siempre que necesites su ayuda.

¡Suerte!



Este cuaderno pertenece a:



Nombre:.....

Edad:.....

Colegio:.....

Clase:.....

Mi mejor amig@ se llama

Lo que más me gusta del mundo es

Mi animal favorito es





¡Bienvenid@s!

Lo primero que todo cazador de planetas debe conocer al dedillo son:
LOS OCHO PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR.

Celeste quiso demostrar que ya los conoce pero mis ayudantes la interrumpieron.





Vamos a ver qué tal andáis de memoria.
¿Listos?
¡Allá vamos!

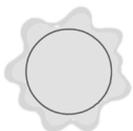
1. El planeta más cercano al Sol que se parece a la Luna se llama: **MERCURIO**
2. El que está lleno de nubes es: V_____
3. La T_____ A es la que tiene océanos, selvas y muchos animales.
4. _____ es rojo.
5. El planeta más grande se llama __P_____
6. S_T__NO... tiene anillos.
7. **URANO** ... ¡También tiene anillos y está tumbado!
8. Y, por último, NEPT__O ... está muy frío porque está muy lejos del Sol.

¿SABÍAS QUE? Cazar un planeta significa descubrirlo, detectarlo.
Por eso decimos que un cazador de planetas es alguien que busca...
y, con suerte, ¡encuentra planetas más allá del Sistema Solar!

Recordad siempre que el **Sol** que vemos todos los días no es un planeta, sino una **estrella**. Y sí, casi todos los puntitos brillantes que ves por la noche... ¡TAMBIÉN LO SON! La gran diferencia entre el **Sol** y aquellos que ves como puntitos de luz brillante por la noche es que nuestra **estrella** (el **Sol**) está mucho, mucho, mucho más cerca de nosotros que el resto de soles...



¡Pero ojo! Porque no todo lo que hay en el **Sistema Solar** son planetas y el **Sol**. ¿Qué más hay? Escoge las 4 opciones correctas.



Cometa – Estrella – Planeta enano – Galaxia – Lunas – Supernova – Asteroides

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____

¡Recuerda. Debes conocer las palabras que usan los cazadores de planetas. Usa el diccionario al final del cuaderno para saberlo todo sobre estas palabras!



En el viaje que hacemos en Beyond the Sun por el Sistema Solar, pasamos por una zona con miles y miles de "rocas" que flotan en el espacio. ¿Recuerdas su nombre?

C _ _ T _ _ _ N
DE
A _ T _ _ _ _ D _ S



Marte



Viajando por el Sistema Solar

Y... ¿entre qué dos planetas se encuentra?

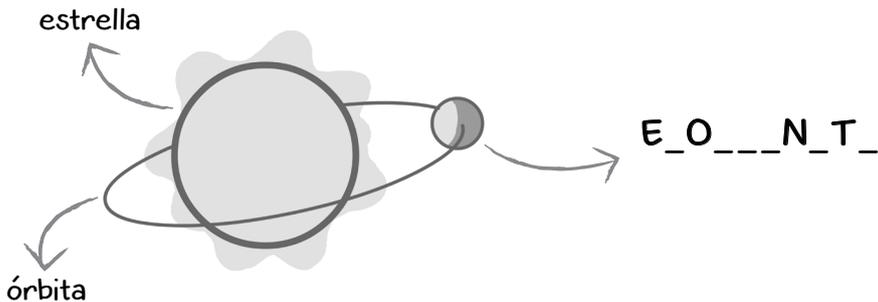
1. MARTE
2. J _ _ _ _ R



¡BRAVO! Acabas de pasar de nivel. Ya no eres un principiante y te lo has ganado por méritos propios. Ahora, presta mucha atención y pon a trabajar tu memoria porque... ¡nos vamos de caza!



¿Recuerdas como llaman los cazadores de planetas a un mundo que gira alrededor de otra **estrella** distinta del **Sol**?



!Se parece a Júpiter!



Exacto, pero este planeta está muy lejos del **Sistema Solar**. Es **Dimidium**, un mundo enorme y gaseoso que **orbita** muy cerca de su estrella muy similar a nuestro sol. Está clasificado como un **Júpiter caliente**.



¿Sabías que algunos **exoplanetas** tienen dos nombres? Por ejemplo, **Dimidium** es conocido por los cazadores de planetas como **51 Pegasi b**.



¿Por qué? Yo te lo explico:

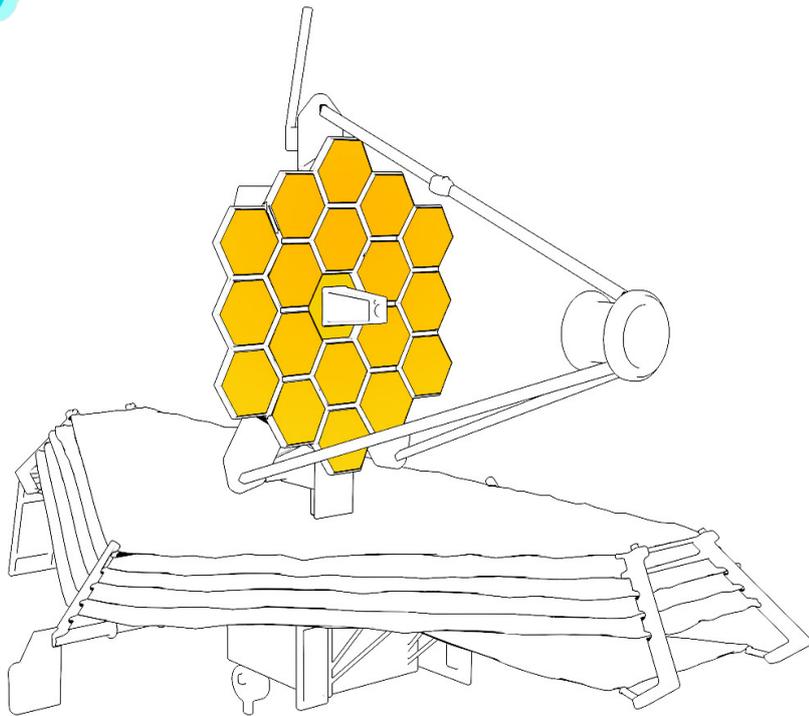
- **51 Pegasi** porque es el nombre en latín de la **estrella** alrededor de la que gira **Dimidium**.
- Y la letra **b** porque es el primer **exoplaneta** descubierto alrededor de esa estrella.

Ha llegado el momento de usar tu imaginación. ¿Qué nombre les pondrías tú a estos **exoplanetas**?



¿SABÍAS QUE? Existen concursos internacionales para dar nombre a los exoplanetas. *Dulcinea*, *Qijote*, *Poltergeist* y *Saffar* son algunos de los ganadores.

¿Qué te parece si hacemos un descanso y jugamos un rato?
¡Da color a este gran rastreador de exoplanetas!



TELESCOPIO ESPACIAL JAMES WEBB

¿SABÍAS QUE? Con este telescopio espacial, los cazadores de planetas esperan tomar la primera foto de un **exoplaneta** como la Tierra.

SOPA DE LETRAS

Ya has aprendido un montón de palabras de los cazadores de planetas.
Encuentra las **5** que se esconden en esta sopa de letras.



E	S	C	L	H	J	D	U	W	A	P	A	M	K
S	D	U	W	T	F	F	I	D	N	X	B	Z	A
T	C	C	B	F	T	A	G	W	E	R	Y	C	S
R	O	T	N	E	I	M	A	N	S	U	B	L	T
E	A	R	J	F	M	G	L	R	W	B	O	N	E
L	W	E	X	O	P	L	A	N	E	T	A	L	R
L	U	F	S	E	M	V	X	P	A	T	T	W	O
A	D	U	E	T	F	F	I	D	I	T	N	X	I
R	E	N	D	E	R	H	A	S	M	J	S	P	D
C	O	M	E	T	A	D	R	R	A	E	P	K	E



COMETA



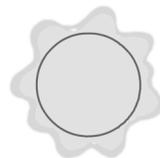
ASTEROIDE



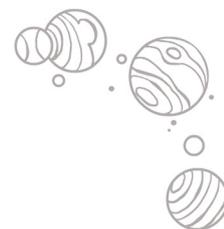
GALAXIA



EXOPLANETA



ESTRELLA





¡Quiero ser cazadora
de planetas!



¡Genial!

Porque estáis en el camino para conseguirlo.
Lo estáis haciendo muy bien. ¿seguimos?

¡No, no, aún mejor!
¡Quiero cazar una
nueva Tierra!



Cazar **exoplanetas** no es fácil. . . La mayoría
no pueden verse ni con los telescopios más
grandes y precisos. Pero los cazadores de planetas
han aprendido maneras de encontrarlos.



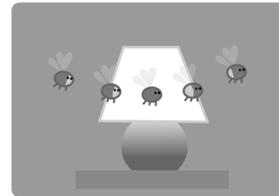
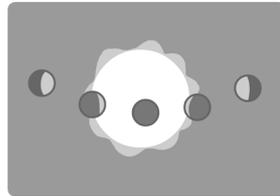
Las que más se utilizan son:

- Detección por tránsito.
- Detección por velocidad radial.



DETECCIÓN POR TRÁNSITO:

Este método consiste en medir la disminución de brillo de una **estrella** cuando un **exoplaneta** pasa por delante de ella y, a eso, lo llamamos **tránsito**.



¿Refrescamos?

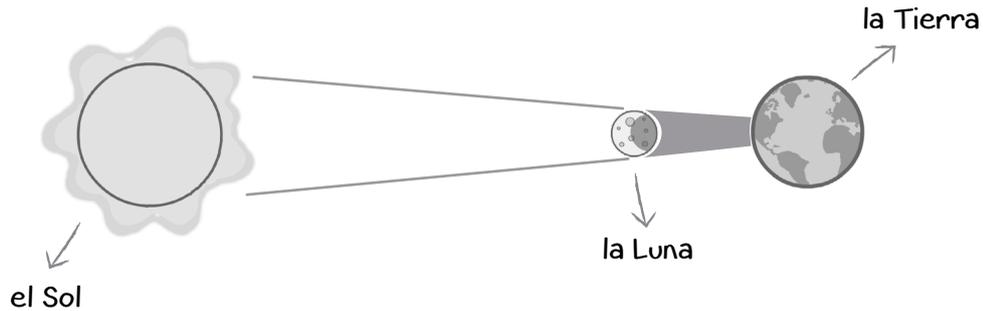
Pero, ¡Ojo! Para que este método funcione, la **estrella**, el **exoplaneta** y nosotros mismos, tenemos que estar todos alineados. . . ¡como en la fila del cole!



Si no es así, el **exoplaneta** nunca cruzará por delante de nosotros, no tapaná parte de la **ESTRELLA** y, entonces, no cambiará el brillo.



¡Oh! Creo que ya lo entiendo. Sucede algo parecido con los eclipses de Sol, ¿no es cierto?



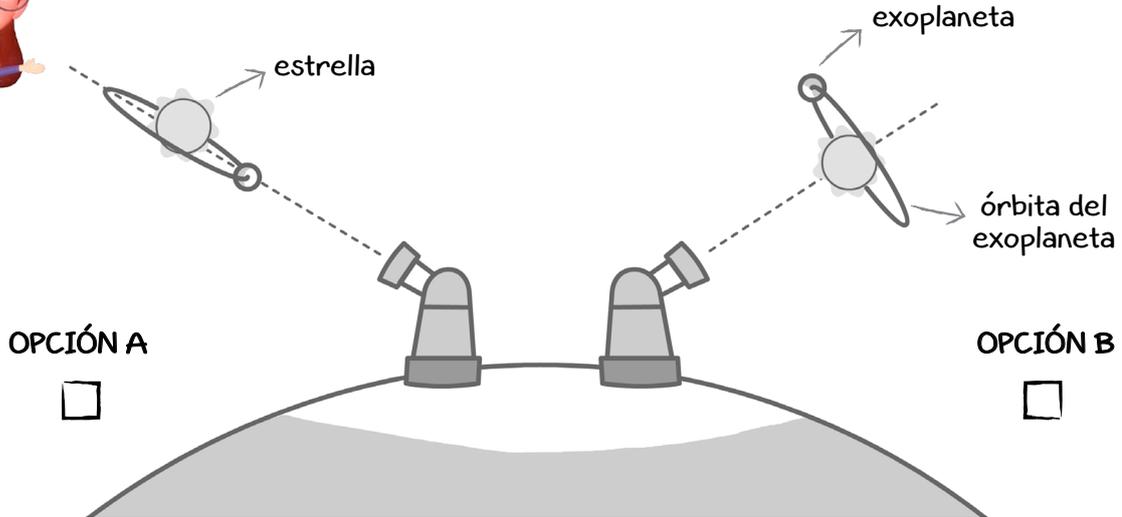
¡Exacto!

Pero nuestra luna es tan grande y está tan cerca de nosotros que llega a tapar completamente el Sol cuando todos quedan alineados.



ATRÉVETE CON ESTO

¿Cuál de estos exoplanetas podríamos descubrir con detección por tránsito?
Marca la opción correcta.



Alucinante, ¿no crees? Resulta que la gran mayoría de los **exoplanetas** no pueden verse ni con los telescopios más potentes, pero los cazadores de **exoplanetas** sí son capaces de saber si están allí. Y lo hacen con dos métodos: la **detección por tránsito** y la **detección por velocidad radial**. ¡Uauuu...!

He decidido que voy a explicar esto a mis amigos,
pero quiero estar segura de hacerlo bien...
¿Me ayudas a completar las frases?



- Que la **Tierra** tarda _ _ _ **DÍAS** aproximadamente en completar toda la **órbita** alrededor del **Sol**.
- Y que el tiempo que tarda un **exoplaneta** en completar toda la **órbita** es el _ **Ñ** _ del **exoplaneta**.
- Para poder descubrir un **exoplaneta** con el método de detección por **T___S_TO**, la **estrella**, el **exoplaneta** y nosotros mismos debemos estar alineados.



Genial... Ha sido un día genial.
He aprendido que “completar toda la **órbita**”
significa dar toda la vuelta de una **estrella**
y que el **Sol** es una **estrella** que está muy cerca de la **Tierra**.

¿Qué has aprendido tú?





Hemos llegado al segundo método con el que
los cazadores de planetas buscan nuevos planetas:
DETECCIÓN POR VELOCIDAD RADIAL.

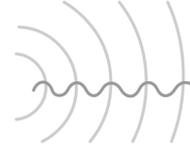
Si has llegado hasta aquí, tienes muchas, muchísimas posibilidades
de convertirte en cazador de planetas. Recuerda que esto es algo súper complicado.
Algo que incluso muchos adultos no son capaces de entender. Así que, tómate tu tiempo,
léelo las veces que haga falta y pide ayuda si la necesitas. Ahora cierra los ojos,
respira, cuenta hasta diez y... ¡sigamos!



Lo primero es comprender el EFECTO DOPPLER. ¿Lo recordamos?



El sonido se transmite en forma de onda.



¿Cómo las ondas que se generan al tirar una piedra a un estanque?



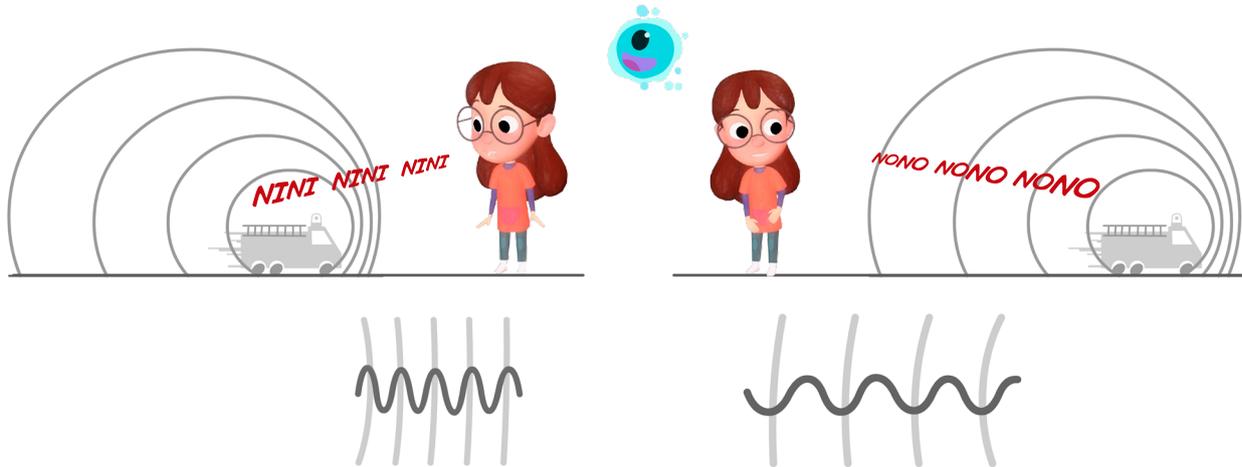
Exacto pero como el sonido viaja por el aire no podemos ver las ondas.



Ahora mira lo que ocurre cuando este camión de bomberos que emite el sonido se acerca y se aleja de nosotros.

¿Lo ves? A medida que el camión se acerca a nosotros, las ondas sonoras son más estrechas en la dirección en la que avanza el camión.

Y, a medida que el sonido se aleja de nosotros, nos llegan las ondas sonoras más anchas.



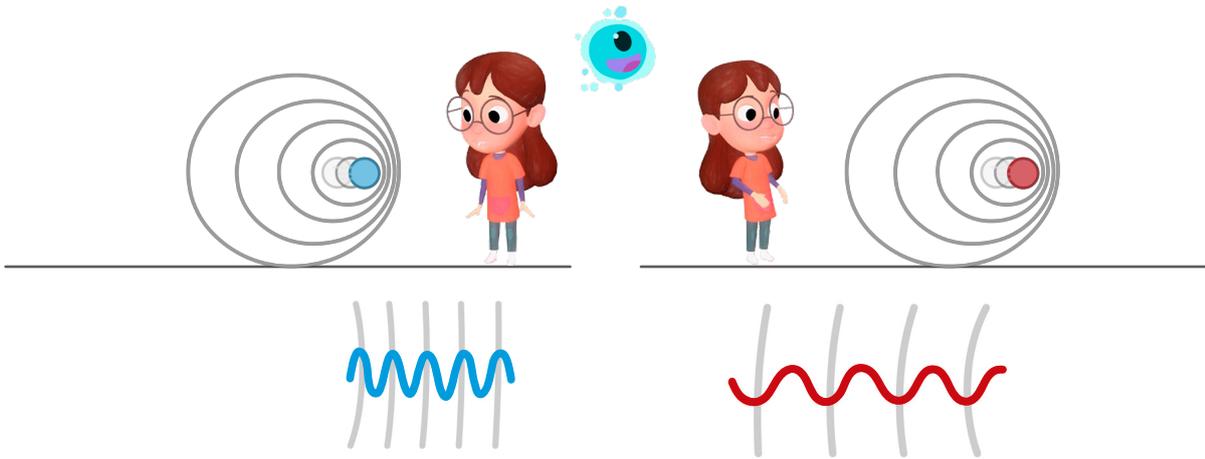
Al cambiar la forma de la onda sonora que llega a nuestros oídos. . . CAMBIA EL SONIDO.
Se hace más agudo cuando la onda sonora se estrecha y más grave cuando la onda sonora se ensancha. Esto se conoce como **efecto Doppler**.



¿Y esa luz de colores?

Es una estrella que al viajar hacia nuestra posición hace que veamos un cambio de color en su luz.

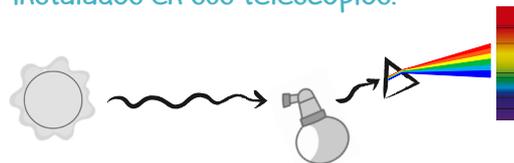
Al igual que el sonido, la luz también viaja en forma de onda. La luz de la estrella azul cuando la estrella se acerca a nosotros y enrojece cuando la estrella que emite la luz se aleja de nuestra posición.



Pues... no lo entiendo. Nunca he visto que las estrellas cambien de color rojo a azul y tampoco que se muevan a toda velocidad. ¡Yo las veo fijas en el cielo!



Te lo voy a explicar ¡Vamos por partes!
Los cambios de luz en las estrellas son tan pequeños que solo pueden verlos los cazadores de planetas analizando la luz con instrumentos súperespeciales instalados en sus telescopios.



Y tampoco ves su movimiento... ¡porque es imposible verlo a simple vista! Las estrellas están tan lejos que ni si quiera con los telescopios más potentes podemos ver su movimiento... pero si observamos su luz durante un tiempo y vemos que azulea y enrojece una y otra vez... sabremos que esa estrella se mueve aunque no veamos su movimiento.

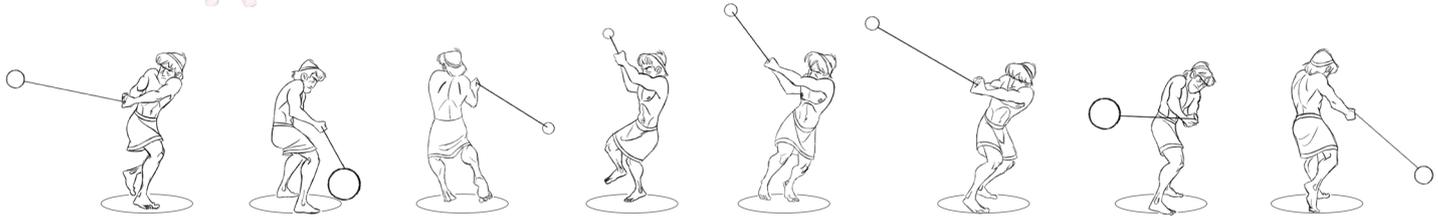
Y para que una estrella se mueva... tiene que haber un exoplaneta girando a su alrededor. ¡Y eso es justo lo que buscan los cazadores de planetas!



¿Sabes qué es más importante que verlo?
ENTENDERLO.

Así que, vamos allá. ¿Recuerdas al atleta?

El peso del martillo influye en el atleta y hace que éste se bambolee.



Cuanto más pese el martillo, más se bamboleará el atleta.

martillo
de 2 kg

poco bamboleo

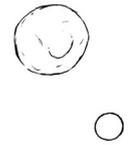
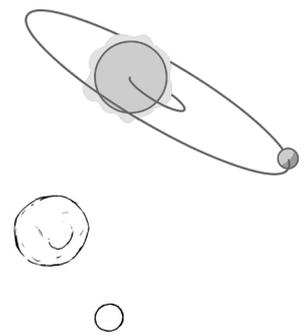


fuerte bamboleo



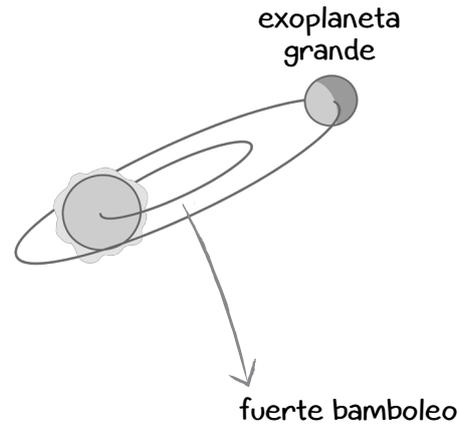
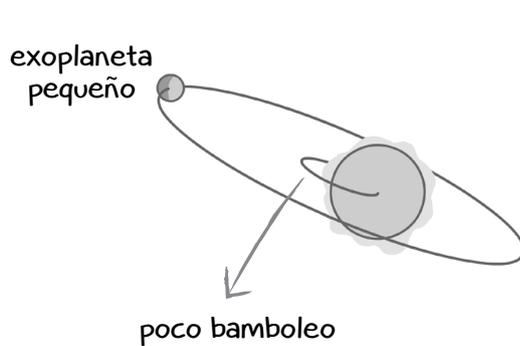
martillo
de 5 kg

Ocurre exactamente lo mismo con la estrella cuando un exoplaneta orbita a su alrededor.

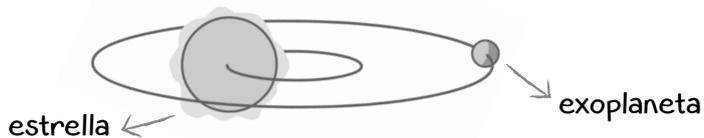


¡Recuerda! Lo que pueden medir los cazadores de planetas con sus telescopios son los cambios en la luz de la **estrella**. Si la estrella AZULEA Y ENROJECE es que alrededor hay un **exoplaneta**.

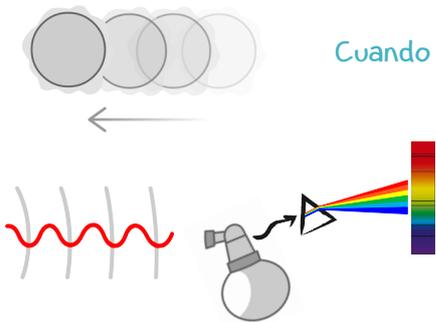
Y cuanto más grande sean los cambios de luz. . . ¡Más grande es el **exoplaneta** que gira a su alrededor aunque NO LO VEAMOS!



El exoplaneta hace que la estrella se bambolee.

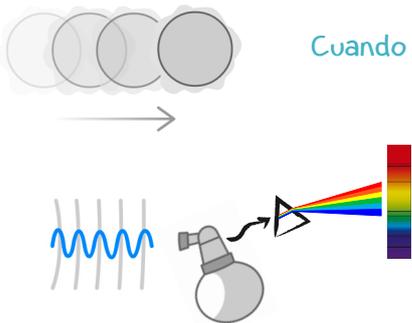


Cuando la estrella se aleja de nosotros. . .



la luz que recibimos enrojece.

Cuando la estrella se acerca a nosotros. . .



la luz que recibimos azulea.



¿SABÍAS QUE DIMIDIUM. . . ?

Es tan grande que dentro de este planeta cabrían más de **2000** Tierras.



Se mueve a **500.000** km/hora. ¡**500** veces más rápido que un avión!

Su temperatura en la superficie supera los **1.000** °C. Es tan alta que fundiría casi todos los metales. Por eso se le llama Júpiter caliente.



Su año dura menos de **5** días terrestres.



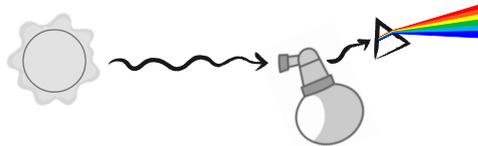


¿En cuál de estas dos opciones crees que podríamos descubrir un **exoplaneta**?

Celeste aún está pensando la respuesta. . .

¿Qué puede averiguar un cazador de planetas si al observar una estrella durante un tiempo la luz de la estrella no enrojece ni azulera?

- Que no hay ningún **exoplaneta** girando alrededor de esa estrella. Al no haber **exoplaneta** la **estrella** no se bambolea y por lo tanto no cambia su luz.
- Que hay un **exoplaneta** gigante, tan grande, que paraliza la estrella.

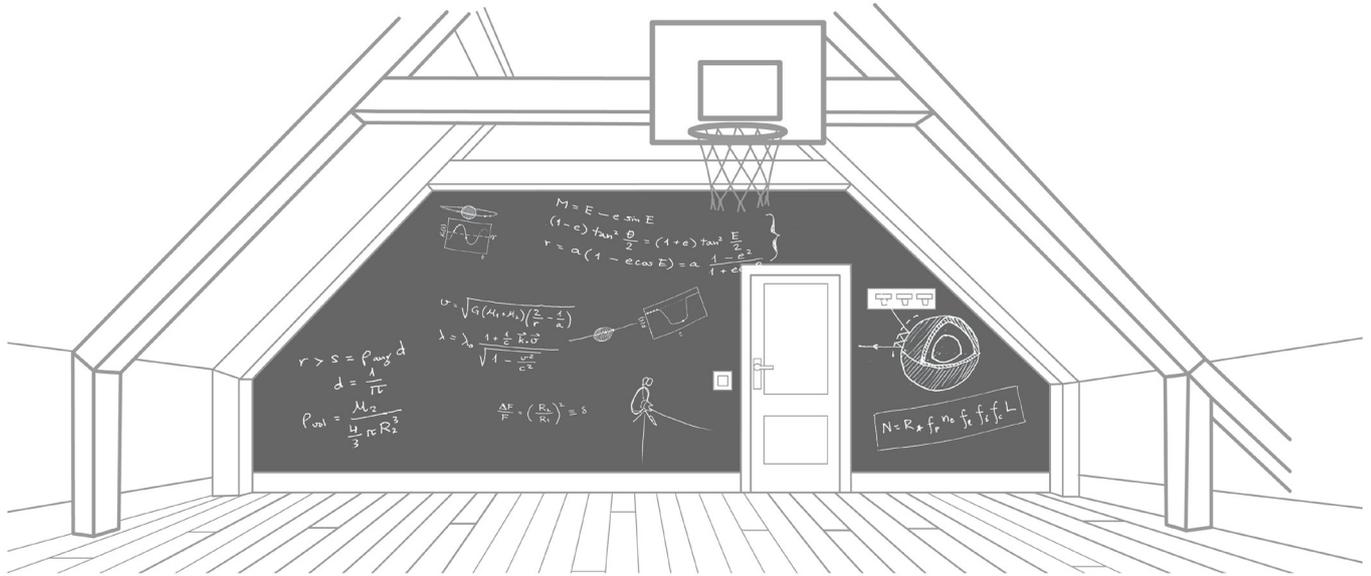




Ahora sé que solo los cazadores de exoplanetas son capaces de encontrar exoplanetas estudiando cómo cambia la luz de las estrellas con sus telescopios.



Si no entendéis esta pizarra, tranquilos. . . ¡Ni los mayores, ni tu profe,
ni tus padres serían capaces de hacerlo! Tan sólo
los cazadores de planetas podrían hacerlo,
después de estudiar muchos, muchísimos años. . .

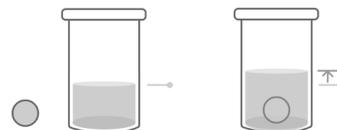
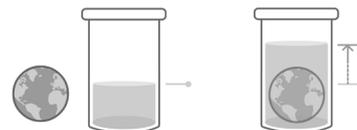


Esta fórmula, también es para mayores pero podemos intentar comprenderla. Si lo conseguimos, la recordaremos tooooooda la vida.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

- Todos los objetos que nos rodean tienen dos cosas en común: masa y volumen. Y todo lo que tiene masa y volumen, es MATERIA.
- La **masa (M)** de un objeto es una medida de la cantidad de materia que contiene. Cuanta más materia tiene el objeto, mayor es su masa.
- El **volumen (V)** de un objeto es una medida del espacio que ocupa. Así, cuanto más espacio ocupa, mayor es su volumen.

Sabemos la **densidad (rho)** de un objeto al dividir la masa de ese objeto entre el volumen que ocupa.



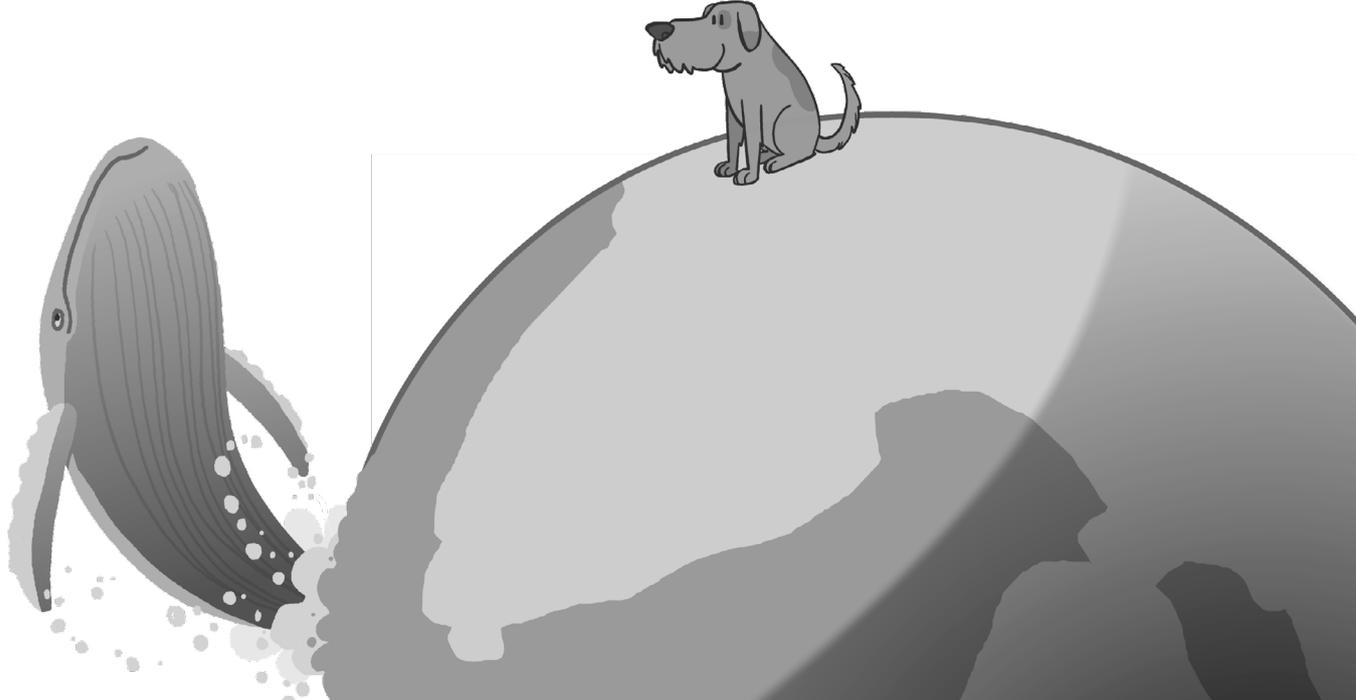
¿SABÍAS QUE? Al congelarse, el agua ocupa más espacio (aumenta su volumen). Esto hace que su densidad disminuya y por esta razón los cubitos de hielo flotan en el agua.

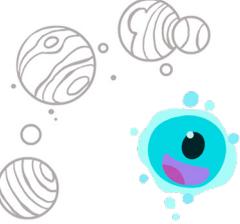
¡Si hay supertierras entonces también hay superperros, superballasas. . . !



En realidad, aún no hay pruebas de vida en otros planetas. . .

De momento, tan sólo podemos saber si el **exoplaneta**
se encuentra dentro de su **ZONA DE HABITABILIDAD**.



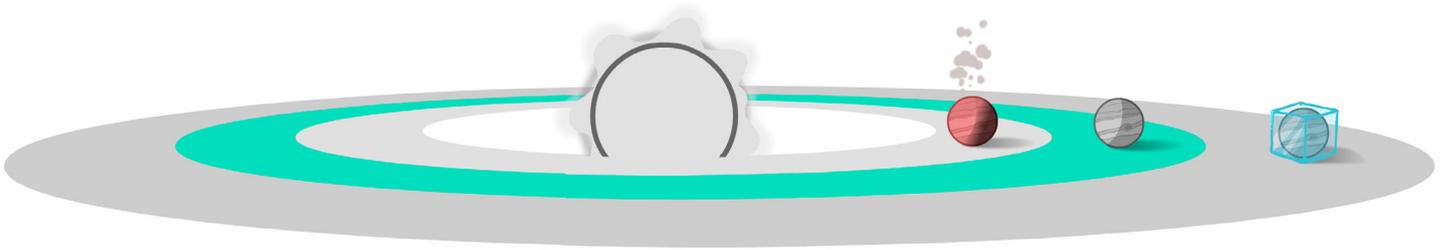


¿Sabes lo que significa eso?
Habitar quiere decir vivir en un sitio.

Así que, para que un planeta sea **HABITABLE**, es decir,
para que pueda haber vida en él, necesita cumplir ciertas condiciones.

La más importante es que pueda tener **AGUA LÍQUIDA EN SU SUPERFICIE**.

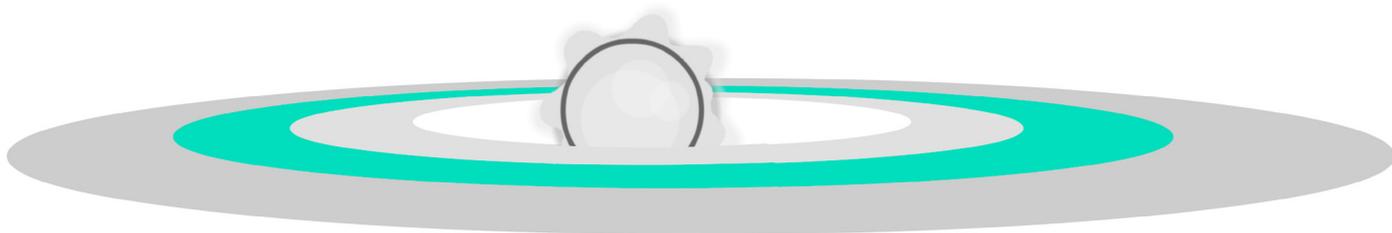
Si está demasiado cerca de su estrella, el agua se convertirá en vapor por el calor
y si está muy lejos, ¡se congelará!



¿SABÍAS QUE? Tardaríamos más de **300** años en contar de uno en uno,
los diez mil millones de planetas habitables que podría haber en la Vía Láctea.



¿Dónde pondrías el planeta helado? ¡Dibújalo en su posición! ¿Y el planeta oceánico?
¿Te atreves a dibujar también al Júpiter caliente donde le corresponde?



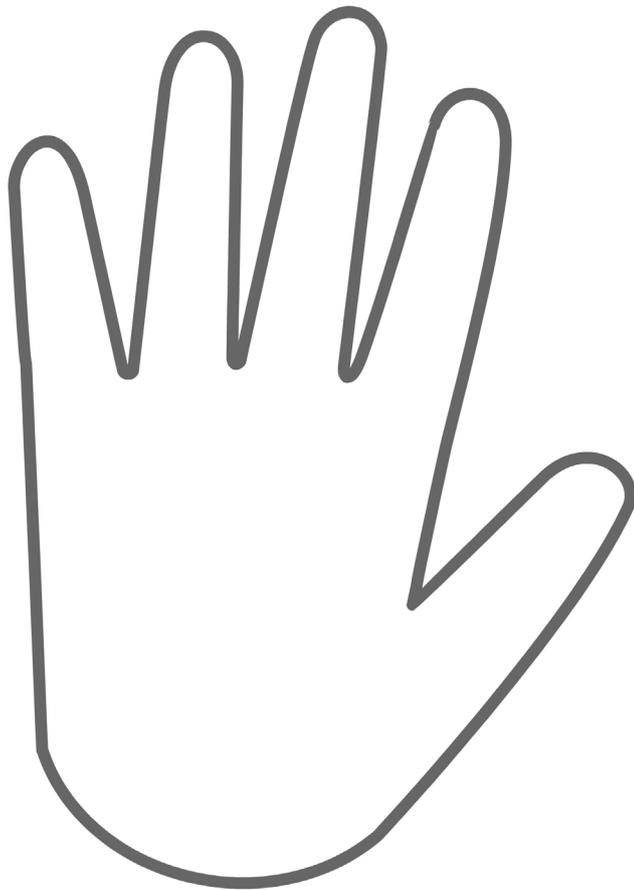


Pero también es fundamental la cantidad de luz que es capaz de reflejar el exoplaneta. ¿Recuerdas el **ALBEDO**...?

Ahora tienes la oportunidad de experimentarlo tú mismo para que nunca más se te olvide.

Pasa de página y deja que la luz del Sol caliente las páginas.
Dos minutos te sobran para calentarlo. Después coloca tus manos (una en cada hoja).
Cierra los ojos para sentir mejor cual de las dos hojas está más caliente.





Albedo alto: El color blanco refleja gran parte de la luz.





Albedo bajo: El color negro absorbe gran parte de la luz.

¿Qué hoja está más caliente?
¡Pues lo mismo ocurre con los exoplanetas!

¿Cuál de estos planetas tiene albedo más alto?



¿Cuál estará más caliente?

Pero además de agua líquida y el albedo, hay muchos otros factores que pueden influir en la existencia de vida en un exoplaneta.

¡Por eso encontrar una exotierra es un reto tan alucinante!

¿SABÍAS QUE? Tardaríamos unos **5.000.000** de años en llegar al exoplaneta más cercano a la Tierra si viajamos a la velocidad de un avión.

¡Qué bonita es la Tierra y tiene un montón de luces!



Tantas que sufrimos algo conocido como contaminación lumínica.



¿Por qué crees que todas las luces que tenemos en la Tierra nos impiden ver bien las estrellas?





Ahora, para que puedas divertirte y recordar lo que has aprendido aquí, quiero que experimentes tu mismo como nos afecta la contaminación lumínica.

El experimento es muy sencillo: trata de contar las estrellas que ves de noche en tu ciudad acompañado de alguien de tu familia. Lo mejor sería identificar una constelación del cielo (como por ejemplo Orión) y contar las estrellas que ves a su alrededor pero si no la encontráis no pasa nada. Simplemente cuenta las estrellas que se seas capaz de ver.





ESTRELLAS ALREDEDOR DE ORION visto desde mi ciudad.

¡En una calle con muchas farolas!



Cuando tengas la oportunidad, haz lo mismo pero esta vez busca un lugar con poca luz.
Puede ser a las afueras de un pueblo o en el campo.

ESTRELLAS ALREDEDOR DE ORION visto a las afueras de mi pueblo o en el campo.



¡Te sorprenderá la diferencia!
Y habrás experimentado cuanto nos influye
la contaminación lumínica para poder ver bien las estrellas.





Has hecho un trabajo excelente.
Y, no lo olvides. . . allí fuera puede haber una estrella
como nuestro Sol y, orbitando a su alrededor,
a la misma distancia que el nuestro,
un planeta que contenga océanos, junglas
y quién sabe. . . civilizaciones.





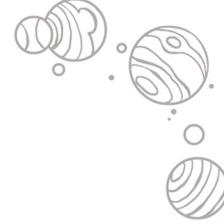
DICCIONARIO DE CAZADORES DE PLANETAS:

Veamos, todo aspirante a cazador de exoplanetas necesita unos conceptos previos para no perderse.

¡Ah! Y no olvides ir apuntando aquellos que descubras por ti mismo.

- **Tierra:** tercer planeta del Sistema solar. El mundo donde vives.
- **Universo:** es el lugar donde está todo lo que existe.
- **Órbita:** camino que sigue un planeta alrededor de su estrella. Tiene forma casi circular.
- **Albedo:** cantidad de luz que refleja un planeta.
- **Orbitar:** girar alrededor de una estrella (o un planeta en el caso de las lunas).
- **Completar la órbita:** dar toda la vuelta.
- **Año:** tiempo que tarda un planeta en dar la vuelta completa a su estrella. La Tierra tiene un año de 365 días aproximadamente.
- **Tránsito:** paso de un planeta por delante de su estrella.
- **Detección por tránsito:** método para descubrir exoplanetas analizando si hay disminución en el brillo de una estrella.
- **Detección por velocidad radial:** método para descubrir exoplanetas analizando si hay cambios en el color de una estrella.
- **Galaxia:** enorme colección de estrellas, polvo y gas agrupados.
- **Estrella:** enorme esfera de gas caliente y muy brillante.
- **Sol:** el Sol es una estrella. Aparece mucho más grande y brillante que las otras estrellas que vemos de noche porque nosotros estamos muy cerca de él.



- 
- 
- **Supernova:** es una superexplosión de una estrella.
 - **Planetas enanos:** pequeños mundos que giran alrededor de una estrella.
 - **Cometa:** objeto que se parece a una gran bola de nieve sucia. Cuando se acercan a una estrella el hielo se evapora y forma una larguísima cola.
 - **Lunas:** pequeños mundos que orbitan alrededor de un planeta. También llamados satélites. La Luna es el satélite de la Tierra.
 - **Asteroide:** objeto rocoso o metálico parecido a una gran roca que flota en el espacio.
 - **Zona habitable:** distancia a la que se debe encontrar un exoplaneta de su estrella para poder tener agua líquida en su superficie.
 - **Exotierra:** planeta gemelo a la Tierra.
 - **Supertierra:** es un exoplaneta oceánico o rocoso que puede tener el doble de tamaño que la Tierra.
 - **Júpiter:** quinto planeta del Sistema Solar. Es famoso por su gran mancha roja.
 - **Júpiter caliente:** es un exoplaneta gigante que gira muy cerca de su estrella.
 - **Cinturón de asteroides:** zona del Sistema Solar donde se encuentran miles y miles de asteroides que giran alrededor del Sol.
 - **Exoplaneta:** Planeta que gira alrededor de una estrella distinta del Sol.
 - **Dimidium:** primer exoplaneta descubierto. También se le conoce como *51 Pegasi b*.
 - **Sistema Solar:** así llamamos al lugar que reúne todos los planetas, lunas, asteroides y cometas que giran alrededor del Sol.
- 
- 



CRÉDITOS

Dirección
Javier Bollaín

Colaboradores

Luís Barrera. Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC
Javier Gorgas. Universidad Complutense de Madrid
Maleni Hernán. Planetario de Madrid
Fernando Jáuregui. Planetario de Pamplona
Miren Millet. Eureka! Museoa
Roberto Sánchez. Parque de las Ciencias de Granada
Museo Casa de la Ciencia de Sevilla – CSIC

Asesoramiento Científico
Jose Antonio Caballero
Centro de Astrobiología CSIC-INTA

Ilustraciones
Francisco Álvarez
Vittorio Pirajno

Guión Literario
Amaia Ruíz

Maquetación
Rubén Ijalba
Laura Casamayor



Creado por Render Area S.L. / Monigotes Estudio.

