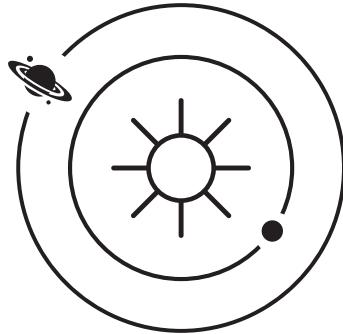




EXPLORANDO EXOPLANETAS

Libro de
Actividades
Educativas





EXPLORANDO EXOPLANETAS

**Libro de
Actividades ◀
Educativas**

EXPLORANDO EXOPLANETAS

Libro de Actividades Educativas

Editorial USACH

ISBN 978-956-303-754-8

- AUTORES -

Irma Fuentes Morales

Carla Hernández Silva

Sebastián Pérez Márquez

Alice Zurlo

- DISEÑO -

Ilustración de la portada

Valentina Pérez Márquez

Ilustraciones del interior

Mariana Durán Carrasco

Ilustraciones exoplanetas

Within Play

Diseño gráfico

Camilo Núñez Díaz

© 2025 YEMS. Todos los derechos reservados.

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra con fines educativos y sin ánimo de lucro, siempre que se cite adecuadamente la fuente. Para otros usos, se requiere autorización previa del autor o titular de los derechos.

Esta obra debe ser citada de la siguiente manera:

Fuentes-Morales, I., Hernández Silva, C., Pérez, S. y Zurlo, A.
(2025). Explorando Exoplanetas, libro de actividades educativas.
Editorial USACH.

Este libro fue creado en el marco del proyecto de *Proyección al Medio Externo (PME)* del *Núcleo Milenio sobre Exoplanetas Jóvenes y sus Lunas (YEMS)*.

Centro ANID - Iniciativa Científica Milenio,
código NCN2021_080, año 2024.

En el diseño de este libro fueron utilizadas las familias tipográficas
Orbitron, Cover Sans y Times New Roman.



Estimado(a) docente:

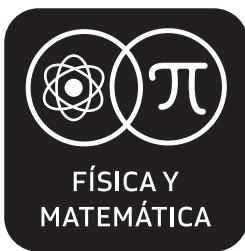
¡Le damos la bienvenida a una gran aventura para explorar mundos lejanos!

En este libro encontrará diversos talleres con actividades educativas para aprender sobre los planetas y cómo se forman, a través del uso de las cartas del juego “Explorando Exoplanetas”. Estas cartas, que encontrará como material descargable en el código QR de esta página, revelan datos sobre mundos lejanos únicos. Sus estudiantes podrán usar esta información para completar las actividades que contengan el ícono

Las actividades pueden ser usadas como material educativo complementario en diversas asignaturas, tanto para enseñanza básica como enseñanza media. La elección del nivel queda a su criterio, dependiendo de los contenidos que se hayan visto previamente en cada curso. Para facilitar la organización, cada taller tiene una iconografía en la esquina superior derecha de la página, de acuerdo al siguiente detalle:



Algunas actividades pueden ser abordadas desde el enfoque de una o más asignaturas. En estos casos, la iconografía muestra una sugerencia interdisciplinaria:



Para aprovechar al máximo el enfoque interdisciplinario de este libro, recomendamos coordinar el desarrollo de las actividades previamente con docentes de las otras asignaturas.

En las actividades que deben ser guiadas por usted como docente, encontrará las instrucciones demarcadas dentro de un rectángulo.

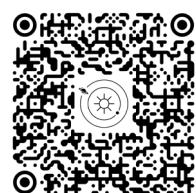
Este libro está disponible en formato PDF, para que se pueda imprimir y entregar a sus estudiantes si lo estima conveniente. Para descargar escanee el código QR “Libro imprimible”.

Además, encontrará el solucionario de las actividades del libro en el código QR “Solucionario”, y el juego de cartas EXPLORANDO EXOPLANETAS en el código QR “Juego de cartas”.

Libro
imprimible



Solucionario



Juego
de cartas



¡Comience a explorar el universo con sus estudiantes!

Estimado(a) estudiante:

¡Prepárate para una aventura increíble!

■ ■ ■ Tu misión: ¡Convertirte en un experto(a) en exploración interplanetaria!



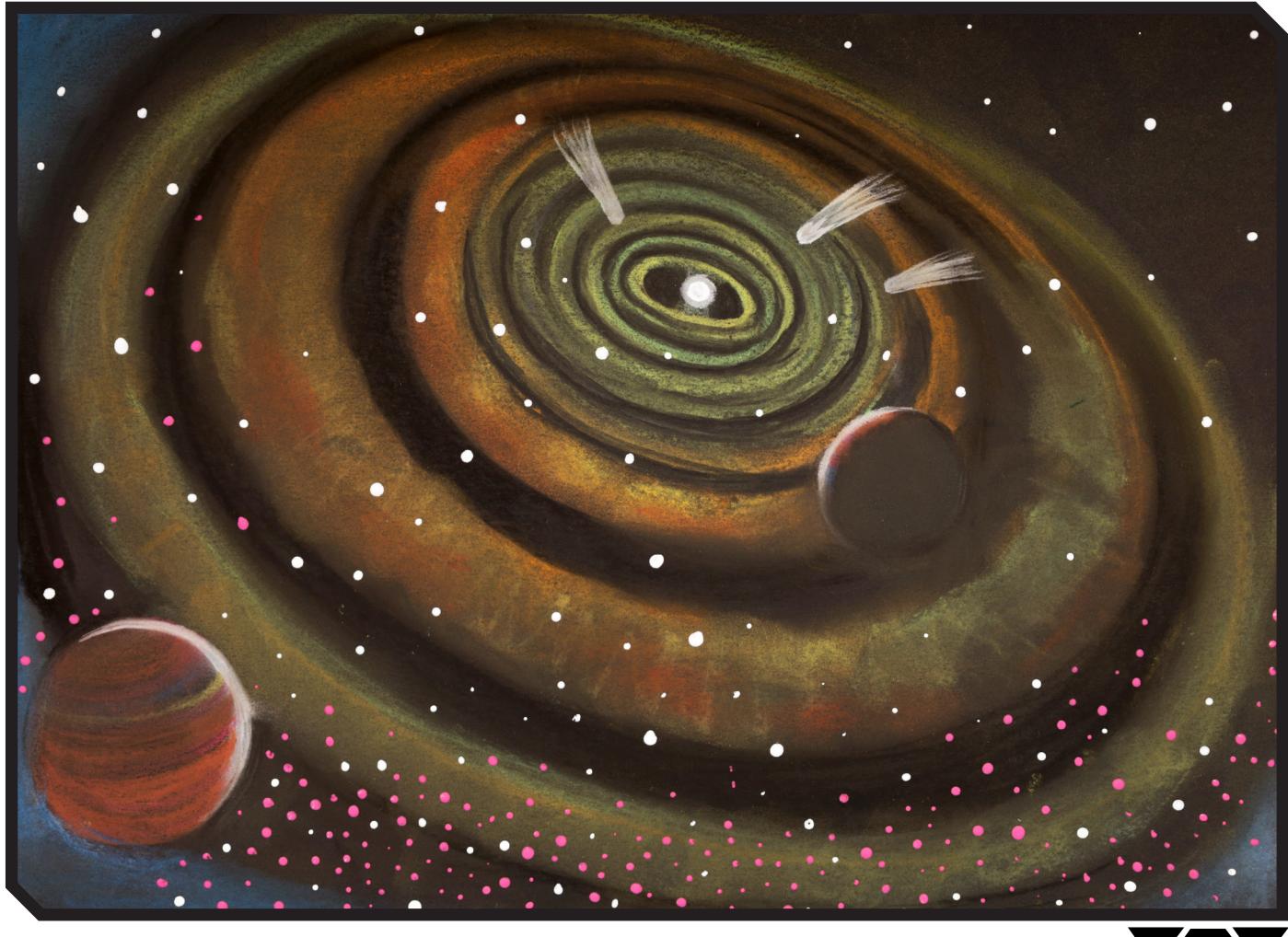
■ ■ ■ 2^{do} paso: ¡Lee las instrucciones para comenzar tu exploración!

- Sigue las instrucciones de tu docente, quien te guiará en cada paso para completar las actividades.
- Usa las cartas del juego **EXPLORANDO EXOPLANETAS** que vienen con este libro.
- Cada carta te revelará datos sobre un mundo lejano y único ¡Usa esta información para completar las actividades que tengan el ícono .

¡Ahora ya puedes descubrir maravillas cósmicas
y convertirte en un experto(a) en exploración interplanetaria!

TALLER 1

Las leyes que rigen la formación planetaria



■■■ PREGUNTA INTRODUCTORIA

■■■ ¿Qué sabes sobre la formación de los planetas?



ACTIVIDAD 1.1 ➔ ¡ESO QUE NOS MANTIENE CON LOS PIES EN LA TIERRA!

Luego de realizar la actividad “**Gravedad**” guiada por tu docente, contesta las siguientes preguntas:



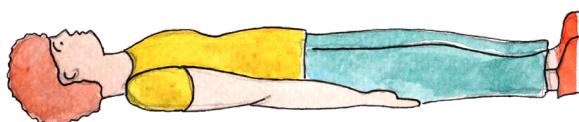
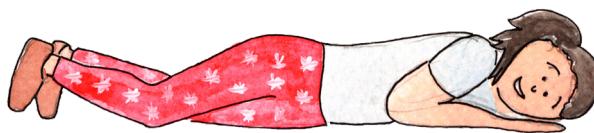
Docente:

Escanee el código QR para ver las instrucciones.



RECREO ESPACIAL

Actividad 2: **Gravedad**.
Páginas: **18 - 19**



PREGUNTAS:

a

¿Dónde se encuentra la gravedad?

b

¿Es posible escapar de la gravedad? Argumenta tu respuesta.

c

¿Qué es la gravedad y cómo afecta a los objetos en la Tierra?

d

¿Cómo crees que influye la gravedad en los planetas que giran alrededor del Sol?
¿Por qué no se “caen” al Sol si están siendo atraídos por su gravedad?

e

¿Qué relación crees que tiene la gravedad con la formación de planetas?

ACTIVIDAD 1.2 ➔ ¡GIRANDO SIN PARAR!

Luego de realizar la actividad “**Leyes de conservación: conservación del momentum angular**” guiada por tu docente, contesta las siguientes preguntas:



PREGUNTAS:

a

¿Qué sucedió cuando doblaste los brazos?

b

¿Qué pasó con la velocidad de giro, aumentó o disminuyó? ¿Por qué?

c

¿Cómo se siente la experiencia de girar tres personas con respecto al ejercicio anterior?

d

Lo que experimentaste se conoce como la conservación del momentum angular y matemáticamente se expresa como $I = mv \times r$. ¿Habías visto esta ecuación? ¿Podrías explicar con tus propias palabras qué significa, basándote en la experiencia que tuviste al doblar y extender tus brazos?

e

¿Cómo crees que influye la conservación del momentum angular en la formación planetaria?

Docente:

Escanee el código QR para ver las instrucciones.



RECREO ESPACIAL

Actividad 3: **Leyes de conservación: conservación del momentum angular.**

Páginas: 22 - 24



ACTIVIDAD 1.3 ➔ ¿CÓMO SE FORMAN LOS PLANETAS?

Luego de realizar la actividad “**Formación de planetas**” guiada por tu docente, contesta las siguientes preguntas:



Docente:
Escanee el código QR para ver las instrucciones.

RECREO ESPACIAL
Actividad 5:
Formación de planetas.
Páginas: 30 - 33



PREGUNTAS:

a

¿De qué manera influye la gravedad en la formación planetaria?
¿Tu respuesta es igual o diferente a la que respondiste en la actividad 1.1?

b

¿De qué manera influye la conservación del momentum angular en la formación planetaria?
¿Tu respuesta es igual o diferente a la que respondiste en la actividad 1.2?

c

¿Qué otros conceptos de física están involucrados en la formación planetaria y de qué forma influyen en este proceso?



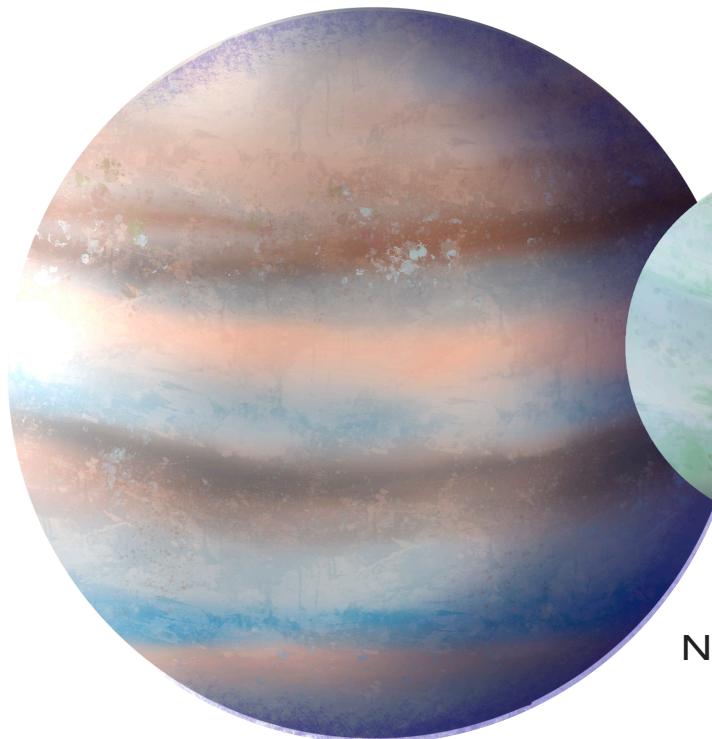
Nota al Docente:

Se recomienda también realizar las actividades 3b y 4 del documento **RECREO ESPACIAL**. Estas actividades ayudarán a los y las estudiantes a comprender de manera integral el proceso de formación planetaria a través del aprendizaje incorporado.

Clasificación de exoplanetas



Gigantes Gaseosos



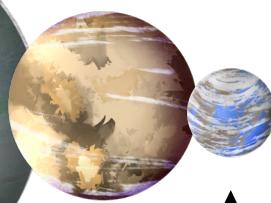
Súper Tierras



Neptunianos



Terrestres



PREGUNTA INTRODUCTORIA

▶ ¿Sabes qué es un exoplaneta? Investiga acerca de este concepto.



Ahora que comprendemos cómo se forman los planetas, aprenderemos sobre los diferentes tipos de exoplanetas que se han detectado.

En nuestro sistema solar reconocemos dos tipos principales de planetas: los planetas rocosos y los gaseosos. En los

sistemas extrasolares encontramos una gran variedad de tamaños y composiciones. Los astrónomos y astrónomas han clasificado a los exoplanetas en las siguientes **categorías^[1]**, las cuales se basan en las características de los planetas de nuestro sistema solar:

1 Gigantes gaseosos.

Son similares a Júpiter y Saturno e incluso más grandes. Son planetas gigantes y están compuestos principalmente de hidrógeno y helio. En esta categoría se encuentran los llamados "Júpiter calientes" que orbitan muy cerca a su estrella.

2 Neptunianos.

Tienen un tamaño y masa similares a los de Neptuno o Urano. Tienen una atmósfera densa de hidrógeno y helio. En esta categoría encontramos a los "Neptunos de hielo" que orbitan muy alejados de su estrella y, los "Mini Neptunos", que son planetas con tamaño entre la Tierra y Neptuno y que no encontramos en nuestro sistema solar.

3 Supertierras.

Planetas rocosos más masivos que la Tierra, pero menos que los gigantes gaseosos.

4 Terrestres.

Planetas rocosos que tienen características similares a las de la Tierra. Tienen una superficie sólida y pueden tener atmósferas, océanos y otras señales de habitabilidad.

ACTIVIDAD 2.1 CLASIFICANDO EXOPLANETAS

Usando la simbología del juego **EXPLORANDO EXOPLANETAS** mostrada a la derecha, responde las siguientes preguntas, y además da ejemplos de exoplanetas para cada categoría basándote en las cartas.

Simbología Tipos de Planetas

- | | |
|--|---------------------|
| | Gaseoso Caliente |
| | Gaseoso Frío |
| | Rocoso Caliente |
| | Rocoso Frío |
| | Terrestre Habitable |

PREPÁRATE:

a

¿En qué categoría son clasificados los planetas gaseosos calientes? ¿y los gaseosos fríos?

b

¿En qué categoría son clasificados los planetas rocosos calientes? ¿y los rocosos fríos?

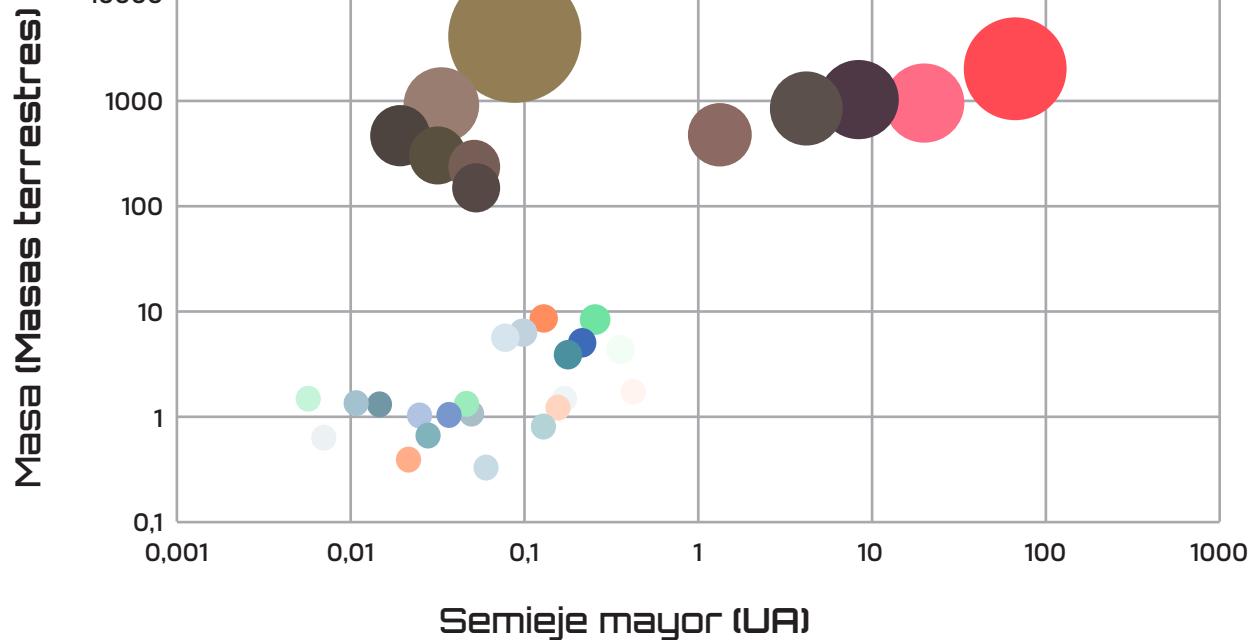
c

¿En qué categoría son clasificados los planetas terrestres habitables?

ACTIVIDAD 2.2 ➔ ¿CUÁL ES ESE EXOPLANETA? 🕹

El siguiente gráfico se conoce como el “**Diagrama de clasificación de exoplanetas**” y muestra la relación entre la **distancia de un exoplaneta a su estrella anfitriona**, la cual se mide en **unidades astronómicas (UA)**, que corresponde

a la distancia media entre la Tierra y el Sol (1 UA equivale aproximadamente a 150 millones de kilómetros) y la **masa del exoplaneta, medida en unidades de masas terrestres**.



➡ Instrucciones:

- A - Usa tus cartas del juego **EXPLORANDO EXOPLANETAS** para ubicar en el gráfico a los siguientes exoplanetas. Para ello, usa los datos de **semieje mayor** y **masa** en las cartas (denotados con los símbolos y respectivamente).

AF Leporis b HR 8799 b GJ 367 b Proxima Centauri b WASP-103 b

- B - Marca la **posición aproximada de la Tierra** en el gráfico, la cual se encuentra a **1 UA** del Sol y tiene una masa de **1 Masa terrestre**.

- C - La **masa de Júpiter es equivalente a 317.8 veces la masa de la Tierra** y se encuentra a una distancia de **4.95 UA** del Sol. Con estos datos **marca la posición aproximada de Júpiter** en el gráfico.

- D - La **masa de Marte es equivalente a 0.107 veces la masa de la Tierra** y se encuentra a una distancia de **1.52 UA** del Sol. Con estos datos **marca la posición aproximada de Marte** en el gráfico.

PREGUNTAS:

a

¿Cómo es la tendencia de tamaño y ubicación de los exoplanetas en el diagrama?

b

¿Esta tendencia es igual o diferente a la de nuestro sistema solar? Describe.

c

¿A qué crees que se debe esta tendencia?

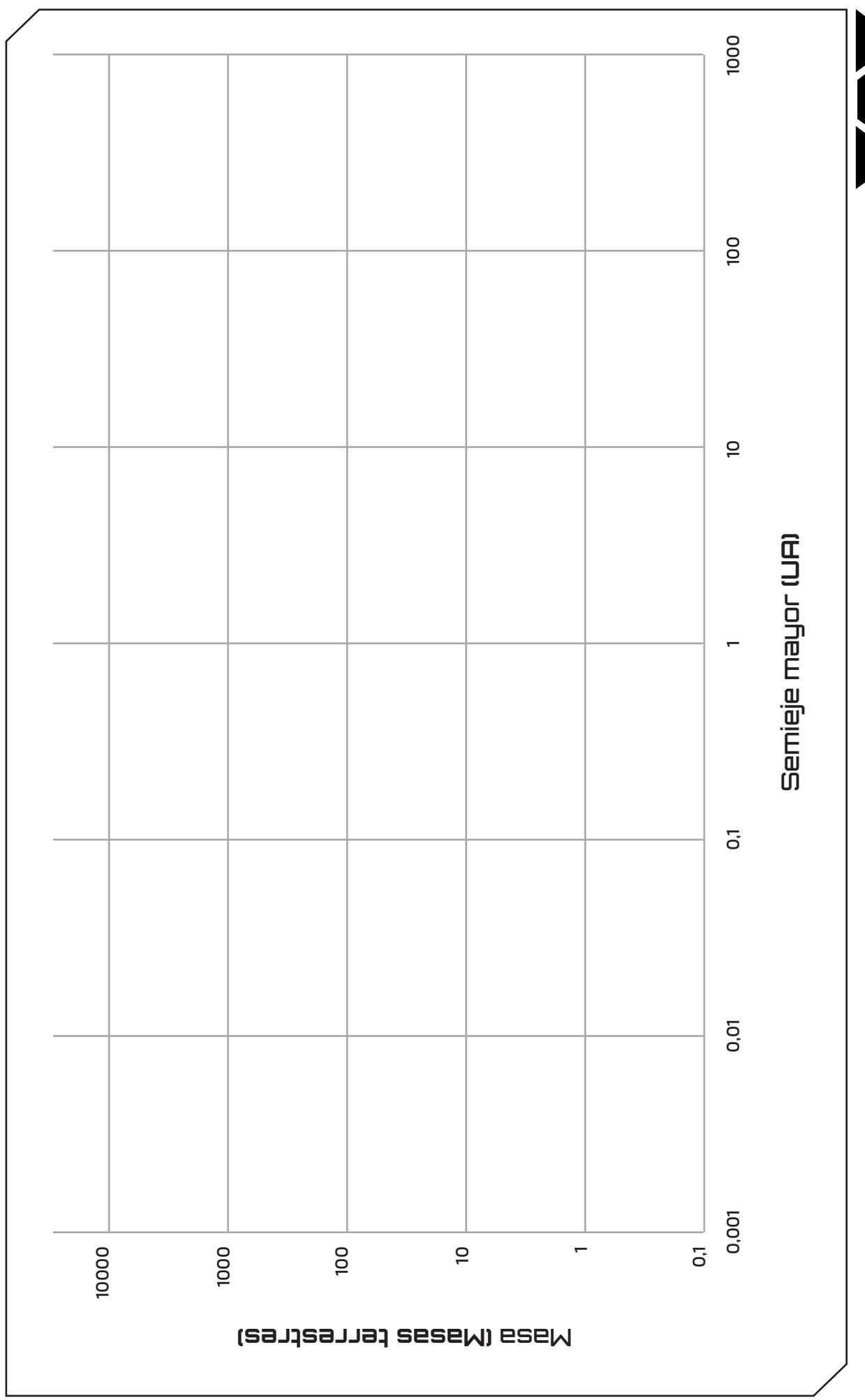
d

Ubica en el *diagrama de clasificación de exoplanetas* cada categoría definida en la carta del juego y pinta las zonas donde se encontrarían esos exoplanetas en el diagrama.



Desafío para el docente:

Se propone utilizar el gráfico de la siguiente página como recurso visual para proyectar en la sala de clases y que sus estudiantes, trabajando en grupos, puedan recrear la actividad 2.2. El objetivo de la actividad es **ubicar a los exoplanetas del juego de cartas en el gráfico, con base en su masa terrestre (eje y) y distancia a la estrella (eje x)**, utilizando marcadores o pelotas de plástico con adhesivo.



ACTIVIDAD 2.3  DISTANCIAS A ESCALA DEL SISTEMA SOLAR, TRAPPIST-1 Y HD 110067

Te has preguntado alguna vez ¿qué tan lejos del Sol están los planetas en nuestro sistema planetario? y ¿cómo se comparan las distancias de otros sistemas extrasolares con su estrella anfitriona?

¡En esta actividad crearemos nuestro sistema solar a escala y dos sistemas extrasolares en la escuela! Para ello, trabajaremos en grupos de máximo 5 estudiantes y cada grupo creará tres sistemas planetarios a escala, para posteriormente comparar el trabajo que hizo cada equipo.

Instrucciones:

- 1 - **Sistema Solar a escala:** En nuestro modelo, 1 Unidad Astronómica (UA) que es la distancia de la Tierra al Sol, será equivalente a 5 metros (**1 UA = 5 m**). Convirtan las distancias de los planetas del Sistema Solar a esta nueva escala de distancias y completen la tabla. Ejemplo: Si la distancia de Marte al Sol es de 1.52 UA, en nuestro modelo será de 7.6 m (1.52 UA x 5 m/UA).

Planeta	Distancia al Sol (UA)	Distancia escalada al Sol (m)
Mercurio	0.39 UA	
Venus	0.72 UA	
Tierra	1UA	
Marte	1.52 UA	
Júpiter	5.2 UA	
Saturno	9.54 UA	
Urano	19.2 UA	
Neptuno	30.06 UA	

- 2 - **Sistema TRAPPIST-1 a escala:** TRAPPIST-1 es un sistema extrasolar con siete exoplanetas tipo rocosos descubiertos hasta la fecha. Fue descubierto en 2016 y recibió su nombre del telescopio de origen Belga que lo detectó, llamado *TRAnsiting Planets and PlanetsImals Small Telescope* (TRAPPIST), ubicado en **Observatorio La Silla, Chile**.

Repite los pasos del punto 1 para encontrar las distancias a escala del sistema TRAPPIST-1. Usa tus cartas del juego para completar la tabla y realizar la conversión.

Planeta	Distancia a la estrella TRAPPIST-1(UA)	Distancia escalada a la estrella TRAPPIST-1 (m)
TRAPPIST-1 b		
TRAPPIST-1 c		
TRAPPIST-1 d		
TRAPPIST-1 e		
TRAPPIST-1 f		
TRAPPIST-1 g		
TRAPPIST-1 h		

3 - Sistema HD 110067 a escala: HD 110067 es un sistema extrasolar descubierto en 2020 que posee seis planetas tipo mini Neptuno y es muy peculiar, ya que es el único sistema extrasolar detectado que muestra una perfecta armonía entre las órbitas de los planetas, ya que **todos los planetas se mueven en resonancia orbital**, lo que significa que **sus períodos orbitales están sincronizados en proporciones de números enteros**.

Repite los pasos del punto 1 para encontrar las distancias a escala del sistema HD 110067. Usa tus cartas del juego para completar la tabla y realizar la conversión.

Planeta	Distancia a la estrella HD 110067 (UA)	Distancia escalada a la estrella HD 110067 (m)
HD 110067 b		
HD 110067 c		
HD 110067 d		
HD 110067 e		
HD 110067 f		
HD 110067 g		

4 - Construyendo Sistemas planetarios a escala: Consigue una huincha de medir, y ¡construyamos nuestros sistemas planetarios! Puedes utilizar tiza, cuerda, marcadores o el material que tengas a mano para marcar las posiciones de los planetas.

A

El punto de partida:
Elige un lugar en tu escuela y declara ese punto como el Sol.

B

Usa tu material para marcar en el suelo la posición de cada planeta respecto al Sol.

C

Imagina ahora que la posición del Sol es donde se encuentra la estrella de otro sistema extrasolar, como TRAPPIST-1 y HD 110067. Desde ahí marca la posición de cada exoplaneta respecto a la estrella central.

PREGUNTAS:

A partir de la información de las tablas del punto 1, 2 y 3, responde:

a

¿Cómo se compara el tamaño del sistema TRAPPIST-1 con el de nuestro sistema solar?

b

¿Cómo se compara el tamaño del sistema HD 11067 con el de nuestro sistema solar?

c

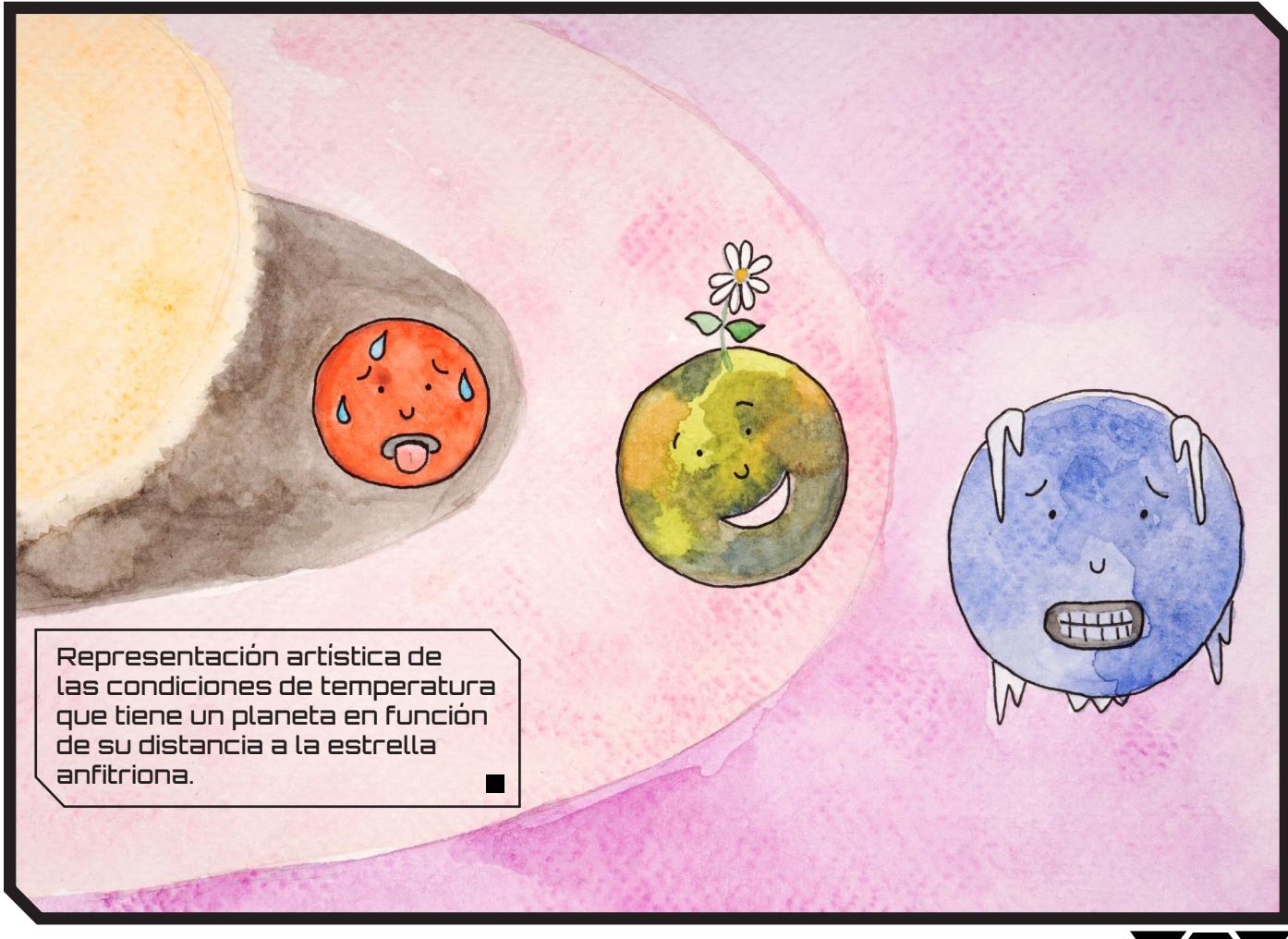
¿En comparación a nuestro sistema solar ¿Cuál sistema planetario es más pequeño, TRAPPIST-1 o HD 110067? ¿Cuál es la proporción de la distancia del último planeta de HD 110067 en comparación con la distancia del último planeta de TRAPPIST-1? ¿Qué significa este resultado?

d

¿Cómo se compara el modelo a escala de tu grupo con el de los demás?

TALLER 3.

Rastreando planetas en la zona habitable



Representación artística de las condiciones de temperatura que tiene un planeta en función de su distancia a la estrella anfitriona.

PREGUNTA INTRODUCTORIA

▶ ▶ ▶ ¿Qué entendemos por vida? ¿Qué características tiene un ser vivo?
Da ejemplos de seres vivos y seres inertes.



Elementos Químicos CHNOPS: ▼

¿TE HAS PREGUNTADO ALGUNA VEZ QUÉ HACE QUE UN PLANETA SEA HABITABLE? [2]

La zona habitable de un sistema planetario se conoce como aquella zona donde se dan las condiciones de luminosidad y radiación precisas para que el agua se encuentre en estado líquido en un planeta ¡Un ingrediente esencial para la vida!

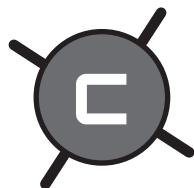
¿POR QUÉ ES TAN IMPORTANTE EL AGUA?

La vida, como la conocemos, nace de reacciones químicas complejas. Estas reacciones necesitan un “solvente” para funcionar, y ese solvente es el agua.

LOS ELEMENTOS QUÍMICOS ESENCIALES PARA FORMAR VIDA

El carbono es como el “ladrillo” fundamental de la vida. Es tan versátil que puede unirse a otros elementos para formar moléculas grandes y complejas, las que hacen posible la vida! Junto a los elementos químicos de la abreviatura CHNOPS, forman una increíble variedad de compuestos que hacen posible la vida, desde el ADN hasta las proteínas.

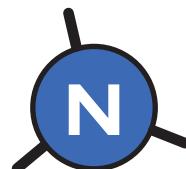
Carbono



Hidrógeno



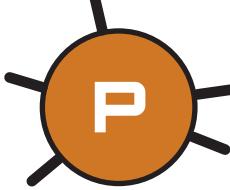
Nitrógeno



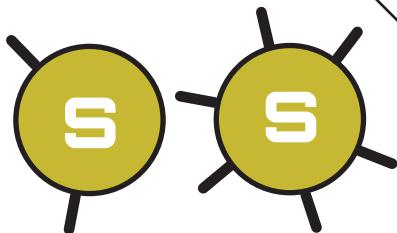
Oxígeno



Fósforo



Azufre



ACTIVIDAD 3.1 ➔ LOS INGREDIENTES PARA ALBERGAR VIDA EN UN PLANETA

1 - Completa la oración:

► El ingrediente más importante que define a un planeta como potencialmente habitable es la presencia de _____ en estado _____.

2 - Completa la oración con base en la imagen introductoria del Taller 3 (página 16):

► El planeta _____ no es probable que sea habitable porque el _____ estaría en estado _____.

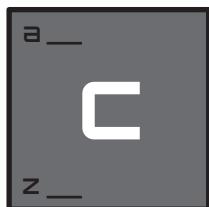
► El planeta _____ sí es probable que sea habitable porque el _____ estaría en estado _____.

► El planeta _____ no es probable que sea habitable porque el _____ estaría en estado _____.

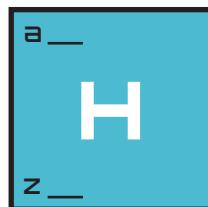
3 - Investiga sobre qué otros factores podrían influir en la habitabilidad de un planeta, además de la existencia del agua.

ACTIVIDAD 3.2 ➔ LOS INGREDIENTES PARA CREAR UN SER VIVO

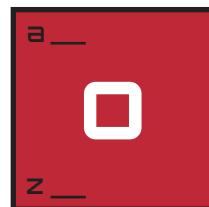
1 - Utilizando una tabla periódica de los elementos químicos y con la ayuda de tu docente de química, rellena con el **número másico (A)**, **número atómico (Z)**, **configuración electrónica** y **electrones de valencia** de los elementos CHONPS.



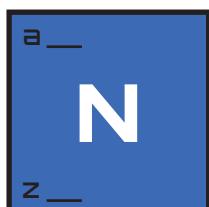
Configuración electrónica



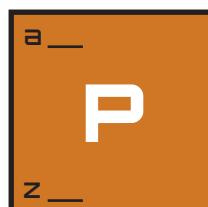
Configuración electrónica



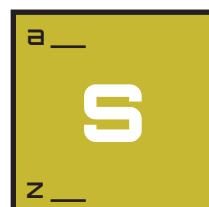
Configuración electrónica



Configuración electrónica



Configuración electrónica



Configuración electrónica

- 2 - En la siguiente tabla se presentan las abundancias de los elementos químicos presentes en nuestra estrella, el Sol, y en el ser humano.

Elemento	% en el Sol *	% en el ser humano **
Oxígeno	0.97	62.81
Carbono	0.3	19.37
Hidrógeno	75	9.31
Nitrógeno	0.1	5.14
Calcio	0.007	1.38
Fósforo	0.0007	0.64
Azufre	0.04	0.63
Sodio	0.004	0.26
Potasio	0.0004	0.22
Cloro	0.0008	0.18
Flúor	0.00005	0.009
Hierro	0.1	0.005
Aluminio	0.006	0.001
Magnesio	0.07	0.0001

*Datos obtenidos desde Wolfram Research, actualizado al 2016

** Datos obtenidos desde Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2024). Principios de bioquímica (7.^a ed.). Editorial XYZ.

RESPECTO A LA TABLA RESPONDE:

a

¿Qué elemento es más abundante en seres humanos y en las estrellas?

b

Si comparas la abundancia de los elementos químicos presente en el ser humano y en las estrellas, ¿qué elementos químicos hay en común? ¿Qué puedes inferir de esto?

c

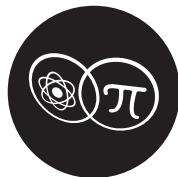
Investiga ¿de dónde proviene el carbono?

¿Existe alguna relación entre el origen del universo y los elementos químicos?

d

El carbono es considerado el elemento fundamental para las reacciones químicas que dan origen a la vida, especialmente por su capacidad de tener cuatro electrones de valencia que le permiten formar enlaces covalentes simples, dobles, triples y anillos. ¿Existe otro elemento químico que posea estas características? ¿Sería posible que la vida se basara en ese elemento para sustentarse? Argumenta tu respuesta.

CALCULANDO LOS LÍMITES DE LA ZONA HABITABLE



Alrededor de cada estrella es posible determinar la zona en que se dan las condiciones para que el agua se encuentre en estado líquido en un planeta. Esta zona depende de varios factores que incluyen la temperatura superficial de la estrella, su luminosidad, el porcentaje de luz reflejada por el planeta (albedo), y propiedades planetarias como las condiciones atmosféricas y la masa. En términos generales, la distancia a esta zona es proporcional a la luminosidad de la estrella y puede ser estimada mediante la **ecuación 1**.

Donde L_* es la luminosidad de la estrella, L_\odot es la luminosidad del Sol, d_{ZH} representa la ubicación de la zona habitable central y el ancho depende de las temperaturas medidas en sus bordes interno y externo^[3]. Para estrellas tipo Sol y planetas rocosos se puede utilizar la aproximación de esta zona en su versión optimista^[4] como las **ecuaciones 2 y 3**:

Ecuación **1**

$$d_{ZH} = \sqrt{\frac{L_*}{L_\odot}} \text{ en UA}$$

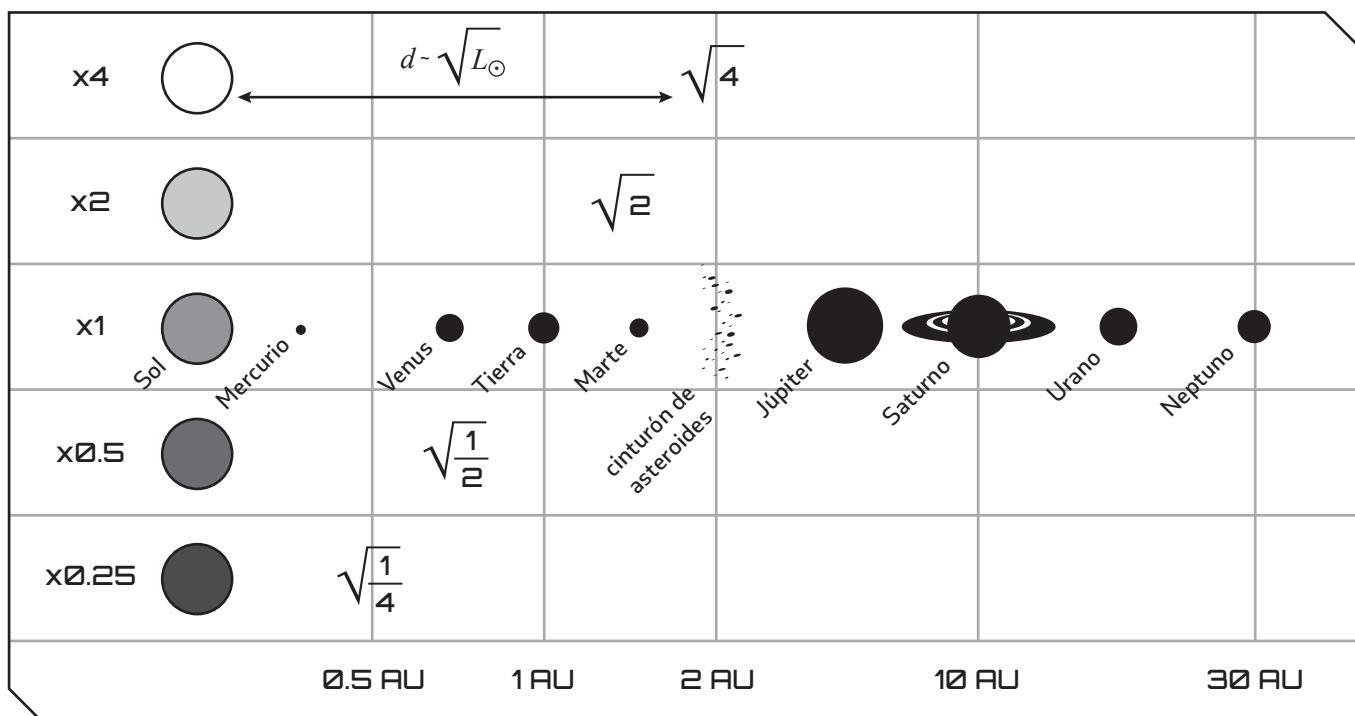
Ecuación **2**

$$d_{interna} = 0.75 \sqrt{\frac{L_*}{L_\odot}} \text{ en UA}$$

Ecuación **3**

$$d_{externa} = 1.7 \sqrt{\frac{L_*}{L_\odot}} \text{ en UA}$$

Distancias de la zona habitable de las estrellas en función de su luminosidad en relación a la luminosidad solar



ACTIVIDAD 3.3 ➔ BUSCANDO EXOPLANETAS EN LA ZONA DE HABITABILIDAD

2

Busca entre tus cartas del juego todos los exoplanetas que se encuentran en la zona de habitabilidad. Estos planetas tienen el símbolo  . Anota los datos de cada planeta en la siguiente tabla y ordénalos desde el más cercano al más lejano a la Tierra.

b

De estos planetas, investiga cuál es el exoplaneta que más se parece a la Tierra.

1

¿Cuál es el exoplaneta en la zona habitable más cercano a la Tierra?
¿A qué distancia en años luz se encuentra de la Tierra?

4

Si la velocidad máxima alcanzada por una nave espacial creada por el humano es de 175 km/s (como es el caso de la sonda Parker que orbita al Sol) ¿Cuánto tiempo tardaría una nave espacial en llegar al exoplaneta ubicado en la zona habitable más cercana a la Tierra a esa velocidad? **Ten en cuenta que un año luz es la distancia que recorre la luz en un año a una velocidad de 300.000 km/s.**

2

Pregunta de reflexión. Con base en tu respuesta de la pregunta anterior, si la vida en nuestro planeta se volviera insostenible en un futuro, ¿crees que la humanidad podría migrar a otro planeta fuera de nuestro sistema solar? ¿Qué crees que podemos hacer para que nuestro planeta siga siendo habitable?

ACTIVIDAD 3.4 LA ZONA HABITABLE DE NUESTRO SISTEMA SOLAR Y TRAPPIST-1



a

Usa las ecuaciones 1, 2 y 3 (página 20) para **determinar los bordes internos y externos de la zona habitable de la estrella TRAPPIST-1**, que tiene una luminosidad de **0.00052 veces la luminosidad del Sol**, y la del Sol.

$d_{ZH\ TRAPPIST-1}$		$d_{ZH\ Sol}$	
$d_{interna}$		$d_{interna}$	
$d_{externa}$		$d_{externa}$	

b

Busca en tus cartas los planetas del sistema TRAPPIST-1 que se encuentran en la zona habitable. ¿Coincide que todos los planetas marcados con el símbolo de habitabilidad se encuentran en la zona habitable que calculaste? si no lo es, ¿a qué crees que se deba?

c

Desafío: Convierte los bordes internos y externos de la zona habitable de nuestro sistema solar y del sistema TRAPPIST-1 a la escala utilizada en la actividad 2.3 (página 14; **usando la conversión 1 UA= 5m**) y marca estas zonas en tus sistemas planetarios a escala. Anota tus resultados y responde:

1 - ¿Cuántos planetas del sistema TRAPPIST-1 se encuentran en la zona habitable?

2 - ¿Cuántos planetas del Sistema Solar se encuentran en la zona habitable? ¿cuáles?

3 - Investiga si los límites de la zona de habitabilidad para ambos sistemas corresponden a lo que calculaste.

ACTIVIDAD 3.5 ➔ **¿CÓMO TE IMAGINAS A UN PLANETA HABITABLE?**

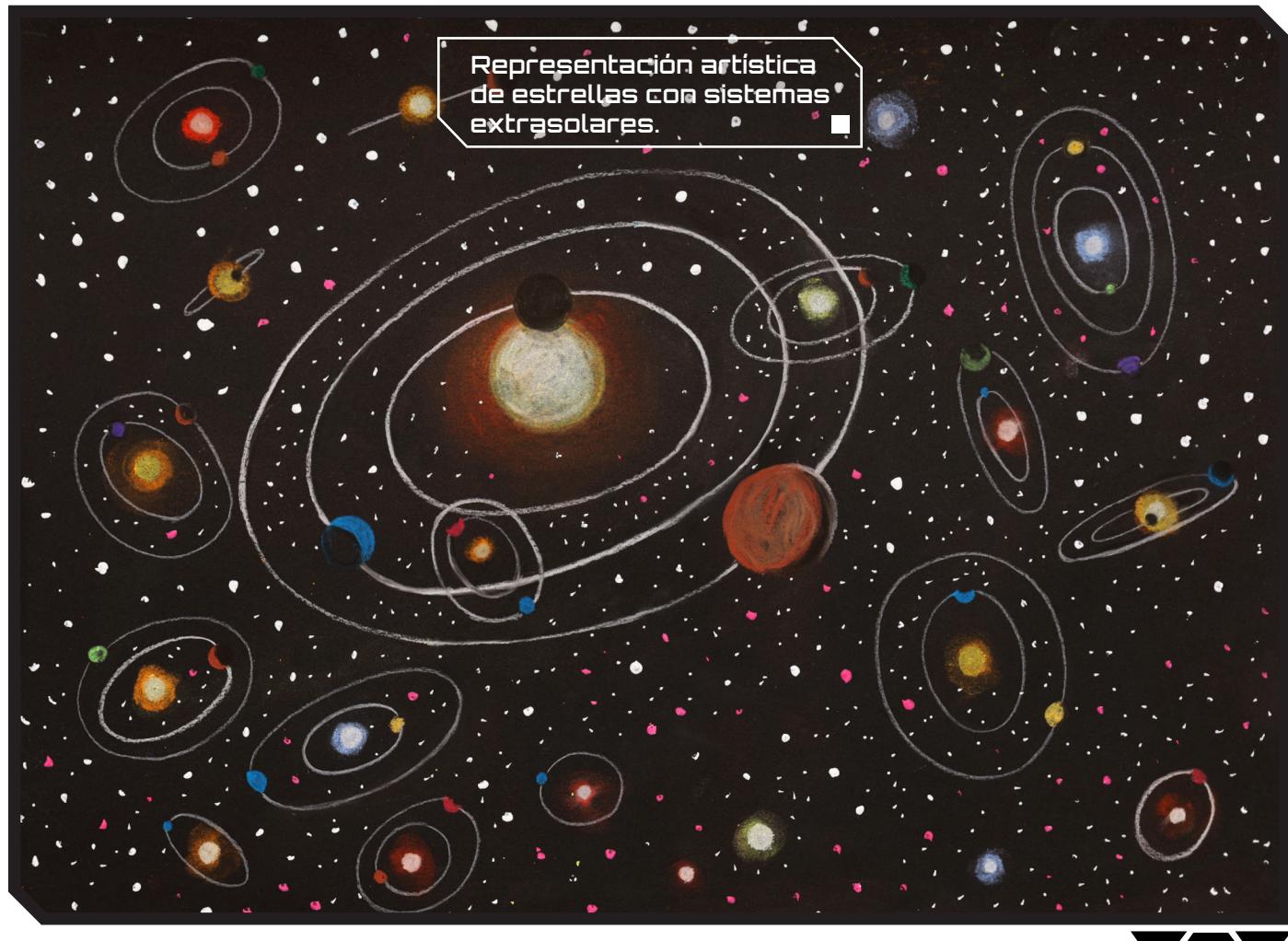


Con base en todo lo aprendido en este taller,
¿Cómo te imaginas a un planeta habitable?
Puedes responder con un dibujo o un relato.

A large, empty rectangular frame with a thick black border, intended for the student's response to the activity question.

TALLER 4.

Aplicando la 3^{ra} Ley de Kepler a sistemas extrasolares



■■■ PREGUNTA INTRODUCTORIA

■■■ ¿Cómo describirías la trayectoria de un planeta? Haz un dibujo o explica con tus propias palabras.



LEYES DEL MOVIMIENTO PLANETARIO Y SU APLICACIÓN A SISTEMAS EXTRASOLARES

Cuando el astrónomo alemán **Johannes Kepler (1571 - 1630)** formuló las tres leyes del movimiento planetario, basó su trabajo en las observaciones realizadas por Tycho Brahe de los cuerpos celestes de nuestro sistema solar. Actualmente, 400 años después, sabemos que hay otros planetas fuera de nuestro sistema solar llamados exoplanetas. La primera detección de un exoplaneta tuvo lugar en 1995, y desde

entonces, se han descubierto y confirmado más de 6.000 de ellos (hasta diciembre de 2024).

A partir de los datos disponibles sobre los seis planetas conocidos en su época, formuló una relación matemática que describe la armonía presente en el movimiento de los cuerpos celestes dentro del Sistema Solar. Esta relación se conoce como la **3^{ra} Ley de Kepler** y establece lo siguiente:

“El cuadrado del período orbital de un planeta, es decir, el tiempo que demora en dar una vuelta a su estrella, es proporcional al cubo del semieje mayor de su órbita.”

La 3^{ra} Ley de Kepler fue derivada empíricamente, y puede ser expresada matemáticamente como la **ecuación 4**, donde T es el periodo orbital, a es el semieje mayor de la órbita del planeta y k es una constante de proporcionalidad.

No se logró explicar dinámicamente de qué depende la constante de proporcionalidad k , hasta que Isaac Newton formuló la ley de Gravitación Universal en 1687. Si aplicamos la Ley de Gravitación de Newton para el caso de un planeta de masa m orbitando a una estrella de masa M en una órbita circular y con una cierta aceleración centrípeta, obtenemos la 3^{ra} Ley de Kepler en su forma completa, expresada matemáticamente como la **ecuación 5**, donde G es la constante de gravitación y es equivalente a:

$$6.67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

Si asumimos que los planetas se mueven en órbitas circulares con una cierta velocidad alrededor de una estrella, y despreciando la masa del planeta comparada a la estrella, la masa M de la estrella puede ser determinada usando la **ecuación 6**, donde vemos que el valor de M depende de la constante G y de los valores de a y T .^[5]

Ecuación **4**

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

Ecuación **5**

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$

Ecuación **6**

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{p^2}$$

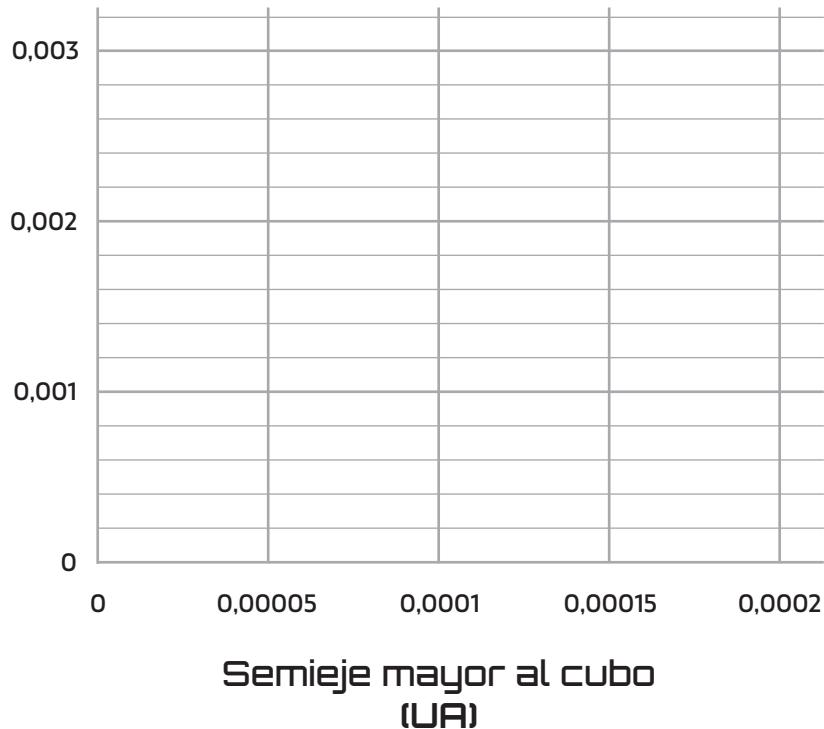
ACTIVIDAD 4.1**¿CÓMO SERÁ EL COMPORTAMIENTO DE LA 3^{RA} LEY DE KEPLER EN OTROS SISTEMAS EXTRASOLARES?**

- 1 - Usa tus cartas del juego para llenar la siguiente tabla. ¡Ten cuidado! ya que para aplicar la 3^{ra} Ley de Kepler, **el período orbital tiene que estar expresado en años y el semieje mayor en unidades astronómicas**. Expresa el resultado en notación científica.

Nombre exoplaneta	T (días)	T (años)	a (UA)	T^2 (años)	a^3 (UA)
TRAPPIST-1 b					
TRAPPIST-1 c					
TRAPPIST-1 d					
TRAPPIST-1 e					
TRAPPIST-1 f					
TRAPPIST-1 g					
TRAPPIST-1 h					

- 2 - El siguiente gráfico muestra al semieje mayor al cubo (a^3) medido en unidades astronómicas (UA) en el eje horizontal, y el cuadrado del período orbital (T^2) medido en años en el eje vertical. Usando los datos de la tabla, **posiciona a cada planeta del sistema TRAPPIST-1 en el gráfico**.

Período orbital al cuadrado (años)



- 3 - La 3º Ley de Kepler, al ser representada gráficamente, proporciona información de la constante de proporcionalidad k , entre el semieje mayor y el período orbital, y que corresponde a la pendiente de la recta. Teniendo en cuenta que los datos graficados son (a^3, T^2), calcula la constante de proporcionalidad k para el sistema TRAPPIST-1. Para ello calcula la pendiente de la recta. Recuerda que la ecuación para calcular la pendiente de una recta es:

$$m = \frac{y_{final} - y_{inicial}}{x_{final} - x_{inicial}}$$

- 4 - La constante de proporcionalidad para nuestro sistema solar es $k = 1 \text{ año}^2 / \text{UA}^3$.
¿Cómo se compara la constante k del sistema TRAPPIST-1 con nuestro sistema solar?
¿A qué crees que se debe esta diferencia o similitud en los valores de la constante de proporcionalidad?

ACTIVIDAD 4.2**CALCULANDO LA MASA DE LAS ESTRELLAS ANFITRIONAS DE SISTEMAS EXTRASOLARES**

- 1 - Utilizando la información de las cartas del juego, completa la siguiente tabla para determinar la masa de la estrella anfitriona de los sistemas indicados.

Para ello, primero convierte los datos del período orbital de los planeta b de cada sistema que se encuentran en la tabla, de años a segundos, y los datos del semieje mayor de unidades astronómicas (UA) a metros (m), usando la conversión:
1 UA = $1,5 \times 10^{11}$ m
Expresa en notación científica el semieje mayor medido en metros.

Tabla de cálculo de la masa de las estrellas en sistemas extrasolares

Planeta b del sistema	Período orbital (días)	Período orbital (s)	semieje mayor (UA)	semieje mayor (m)	Masa de la estrella (M_{\odot})
TRAPPIST-1 b					
GJ 367 b (Tahay)					
LHS 1140 b					
HD 110067 b					
Kepler-438 b					
Proxima Centauri b					
HR 8799 b					
Teegarden's Star b					

- 2 - Utilizando la **ecuación 6** (página 25), **determina las masas de las estrellas en relación al Sol**. Para completar la tabla, considera la conversión de kilogramos (kg) a masas solares (M_{\odot}):

$$1 M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$$

- 3 - Teniendo en cuenta los valores de masa de la estrella (M_{\odot}) de la tabla, responde las siguientes preguntas:

a

Investiga si los valores obtenidos se aproximan a los valores reales de las estrellas. Para ello puedes usar el siguiente código QR para buscar información.



b

¿Cuál es el sistema con la estrella más masiva?

c

¿Cuál es el sistema con la estrella menos masiva?

d

¿Cuántas veces es la masa de la estrella más masiva en comparación a la más pequeña?

e

Teniendo en cuenta la masa de cada planeta junto con los datos de la masa de la estrella, el período orbital y el semieje mayor, ¿Hay alguna relación entre estas variables?

f

Considerando el valor de la constante de proporcionalidad del sistema TRAPPIST-1 y la masa calculada de su estrella. ¿Cuál es la relación entre la constante k y la masa de la estrella? ¿Cómo justificarías el valor para TRAPPIST-1 basándote en tu conclusión?

ACTIVIDAD 4.3 ➔ EXOPLANETAS ESPECIALES



En el mazo de cartas encontrarás tres cartas brillantes que representan a exoplanetas con características únicas. ¡Te invitamos a descubrir qué los hace tan especiales! **Rellena con el nombre del exoplaneta y describe las características que consideras lo hacen especial y único.**

1 - El exoplaneta _____ es especial porque:

2 - El exoplaneta _____ es especial porque:

3 - El exoplaneta _____ es especial porque:

ACTIVIDAD 4.4 ➔ ¡CREA TUS PROPIAS CARTAS DEL JUEGO EXPLORANDO EXOPLANETAS!

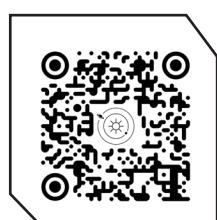
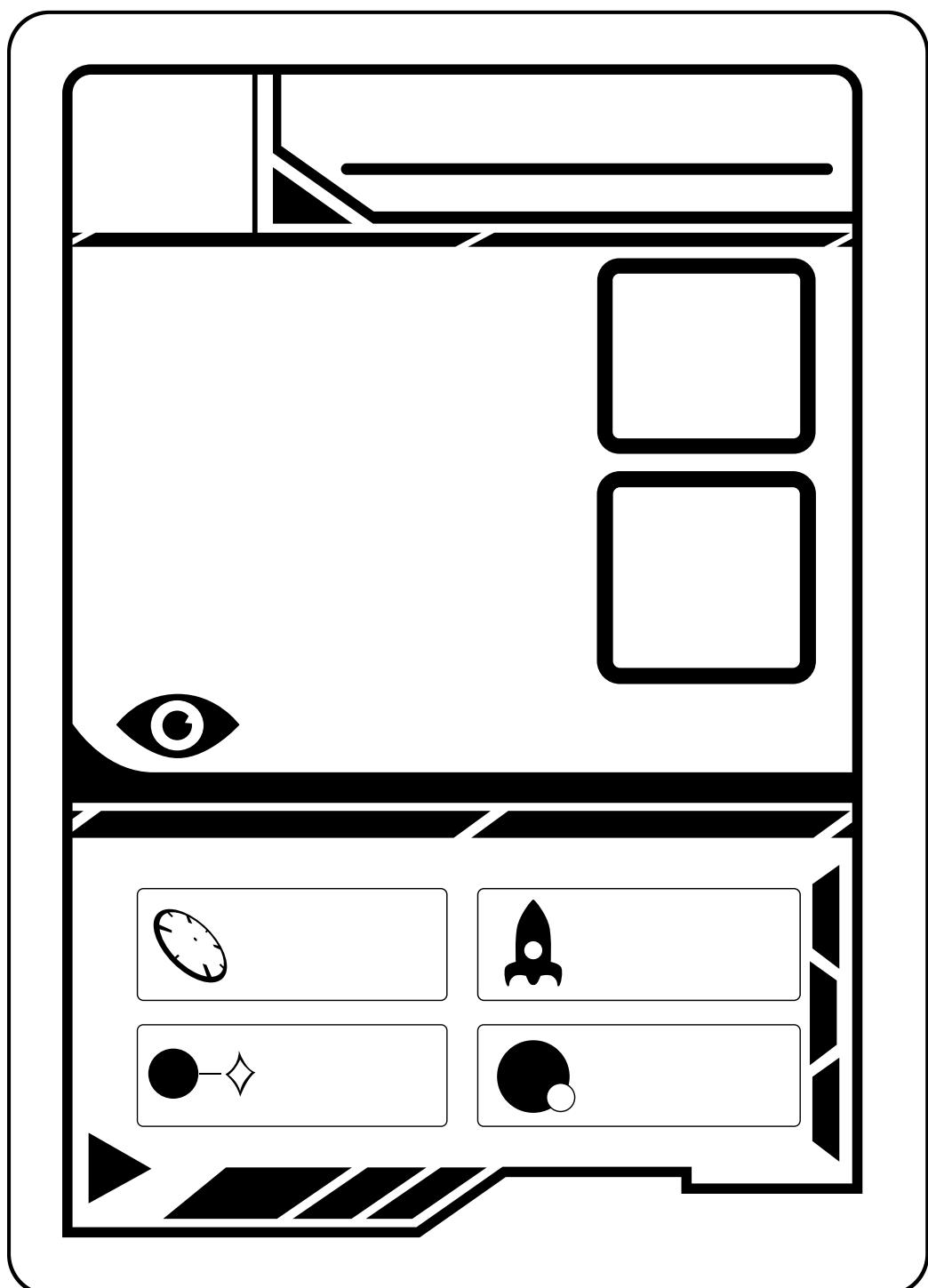


Ahora que has dominado la exploración planetaria, es hora de que des rienda suelta a tu creatividad. ¡Te desafiamos a que diseñas tus propias cartas del juego!

➡️ Pasos para crear tus cartas:

- 1 - **Elige tu Exoplaneta:** Utiliza las plantillas de cartas de exoplanetas de la siguiente página. Investiga en internet sobre uno o más exoplanetas que te llamen la atención, y crea la carta para esos exoplanetas. ¡Hay todo un universo por descubrir!
- 2 - **Completa la información:** Rellena cada casilla de tu carta con la información que has recopilado. Puedes guiarte por las cartas de simbología del juego para dibujar cada ícono de acuerdo a la información requerida, la cual incluye: método de detección, período orbital en días, distancia a la Tierra en años luz, semieje mayor, masa en masas terrestres, si el planeta está en la zona habitable o no lo está, si es pequeño, mediano o grande, y si es gaseoso o rocoso.
- 3 - **Deja Volar tu Imaginación:** ¡Es hora de dibujar! Crea una ilustración de tu exoplaneta elegido. No hay límites para tu creatividad
- 4 - **Comparte tu Creación:** Una vez que hayas terminado, ¡sube tus diseños a las redes sociales! No olvides etiquetarnos en Instagram: **@milenioyems**. ¡Queremos ver lo que has creado!

¡Diviértete en esta misión intergaláctica y deja que tu imaginación brille más que las estrellas!



Finalmente con base en todo lo aprendido en este Libro de Actividades Educativas
¿Qué le preguntarías a un(a) astrónomo(a)?
Envíanos tus preguntas al instagram **@milenioyems** y te responderemos!

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Science NASA. (s.f). Types of exoplanets.
<https://science.nasa.gov/exoplanets/planet-types/>
- [2] Fischer, D., Sheffield, A., Tan, J. & Zhao, L. L. Chapter 3, Basic Chemistry of Life. In Astrobiology, the Search for Life in the Universe (2020). PressBooks.
<https://pressbooks.cuny.edu/astrobiology/chapter/basic-chemistry-of-life/>
- [3] Türk, M. (2016). The Engine of Life. AstroEdu, (4), 1624-1624.
<https://astroedu.iau.org/en/activities/the-engine-of-life/>
- [4] NASA Exoplanet Archive. (2 de noviembre 2016). How the Predicted Observables for Exoplanets are Calculated.
https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/poet_calculations.html
- [5] Montecinos R., Hernández C., Fuentes-Morales, I., Alarcón F., Benito, I., Pérez, S., & Laroze, L., (2025). Analyzing new planetary systems at school: Applications of Newton's Universal Gravitation and Kepler's Third Law. The Physics Teacher, en imprenta.

- CONTACTO -

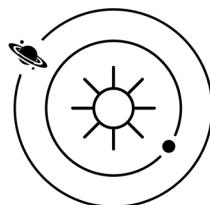
comunicacionesyems@gmail.com

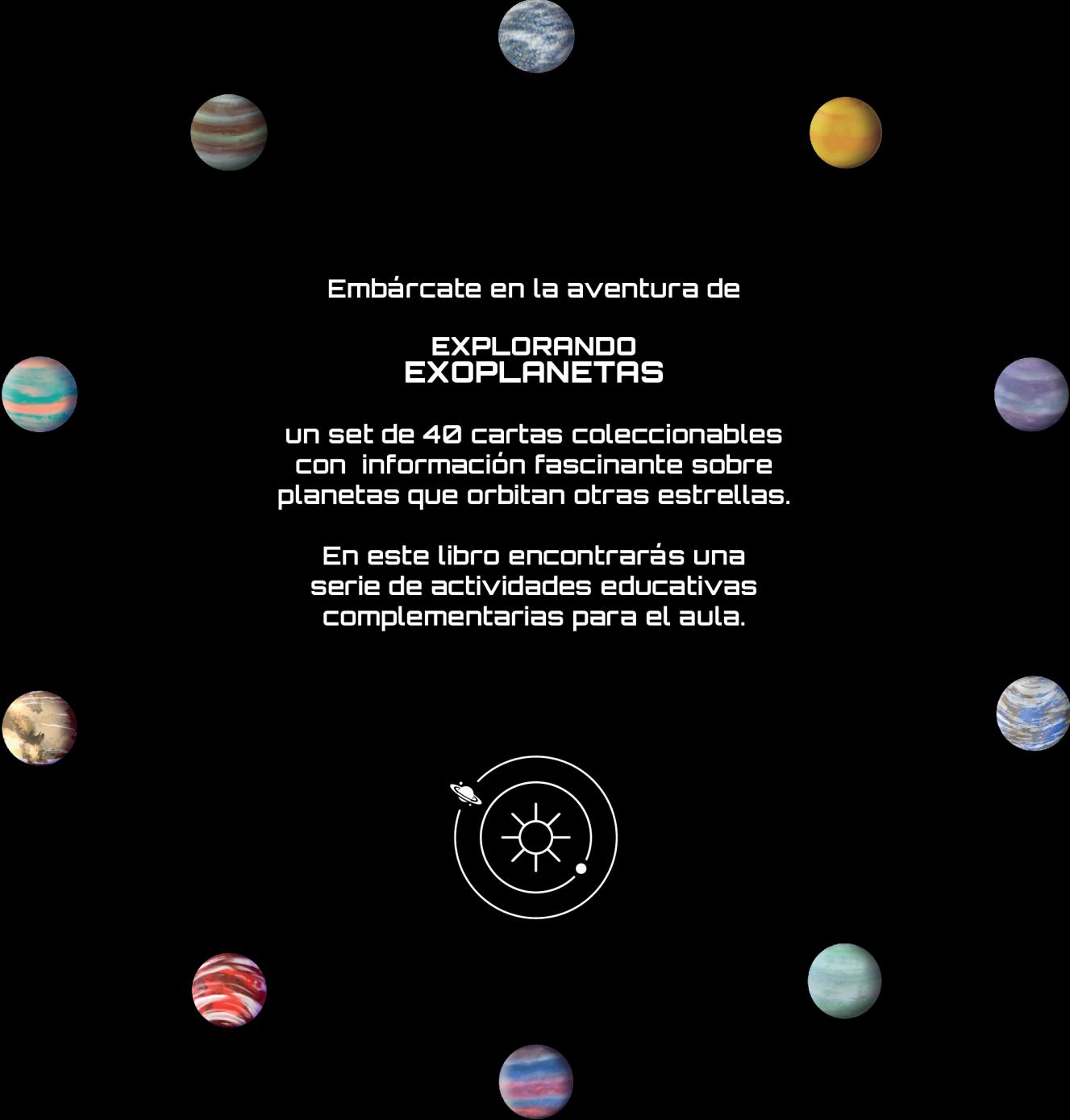
Linked In: Núcleo Milenio sobre Exoplanetas Jóvenes y sus Lunas

instagram: @milenioyems

x: @milenioyems

www.milenioyems.cl





Embárcate en la aventura de

EXPLORANDO EXOPLANETAS

un set de 40 cartas colecciónables
con información fascinante sobre
planetas que orbitan otras estrellas.

En este libro encontrarás una
serie de actividades educativas
complementarias para el aula.