



ZONA DE HABITABILIDAD vs. HABITABILIDAD

Exoplanetas
Taller número 4.4

NOTAS PARA EL PROFESOR

Objetivo: Definir los conceptos de exotierra y supertierra. Entender que la zona de habitabilidad de un sistema planetario depende del tipo y edad de su estrella. Distinguir entre zona de habitabilidad y habitabilidad y conocer el Índice de Similitud de la Tierra (ESI)

Edad recomendada: de 12 a 18 años

Resumen:

1. Se introduce el concepto de exotierra y supertierra mediante artículos de divulgación
2. Se experimenta con el factor de la localización del sistema planetario en la galaxia mediante la simulación que hay en la web.
1. Se explica el concepto de Zona de habitabilidad, sus regiones y la diferencia entre tipos de estrellas.
2. Se introduce el concepto de Índice de similitud con la Tierra (ESI)
3. Se reflexiona sobre los parámetros que influyen en el desarrollo de la vida y en los valores que se aportaron en la fórmula de Drake.

Temporización: 2 horas

Contenidos curriculares:

1. Teorías sobre el origen de la vida en la Tierra
2. Origen de la vida en la Tierra. Condiciones necesarias para la vida.

Competencias científico-técnicas:

- ✓ Competencia 1:
Identificar y caracterizar los sistemas físicos y químicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales
- ✓ Competencia 6:
Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico

Metodología didáctica:

- trabajo en grupo,
- investigación

- aprendizaje basado en proyectos,
- uso de las tecnologías de la información y comunicación

Recursos:

- Ordenador del profesor con acceso a internet y proyector
- Ordenadores de los alumnos con acceso a internet.

Lecturas recomendadas:

Para alumnos:

- <http://www.lapizarradeyuri.com/2010/11/25/500-exoplanetas/>
- <https://fq-experimentos.blogspot.com/2012/05/218-inflar-un-globo-con-levadura-y.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=bJObalggF0s>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_habitabilidad
- <https://es.wikipedia.org/wiki/HZD>
- https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_similitud_con_la_Tierra
- https://es.wikipedia.org/wiki/GJ_1132b
- <https://www.20minutos.es/noticia/3492730/0/entrevista-ignasi-ribas-supertierra/>
- <http://hubblesite.org/>

Para profesores:

- <https://astro.unl.edu/naap/habitablezones/animations/milkyWayHabitability.html>
 - http://esero.es/wp-content/uploads/2018/08/Cuaderno-ESERO_Detective-de-exoplanetas_DE-P-01_2%C2%AA-ED_DIGITAL.pdf
 - <http://phl.upr.edu/projects/earth-similarity-index-esi>
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Habitabilidad_en_sistemas_de_enanas_rojas
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Habitabilidad_en_sistemas_de_enanas_naranjas
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Habitabilidad_en_sistemas_de_enanas_amarillas
 - https://en.wikipedia.org/wiki/F-type_main-sequence_star#Habitability
 - <https://www.space.com/21437-alien-life-white-dwarfs-failed-stars.html>
- **Datos de entrada para la propuesta gamificada:** Semieje mayor de la órbita del exoplaneta, tipo de planeta.
 - **Datos de salida para la propuesta gamificada:** Zona de habitabilidad.
 - **Insignia:** inclinación de la órbita.



INCLINACIÓN DE LA ÓRBITA



TALLER

INTRODUCCIÓN:

Tiempo: 30 minutos.

Contenido: Conectar con conocimientos previos de los alumnos

Se pedirá a los alumnos que lean de forma individual los siguientes artículos para que extraigan las definiciones de exotierra y supertierra:

Kepler-186f, ¿la primera exotierra?

<https://danielmarin.naukas.com/2014/04/17/kepler-186f-la-primera-exotierra/>

Una supertierra a sólo 6 años luz

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/supertierra-a-solo-6-millones-anos-luz_13496

Y las comparen con las definiciones que vienen en la wikipedia:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Supertierra>

https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1logo_a_la_Tierra

En la última fila de la siguiente tabla deberán acordar en grupos de 3 personas una definición que ellos entiendan.

Definición	Exotierra	Supertierra
Periódico		
Wikipedia		
Propia		

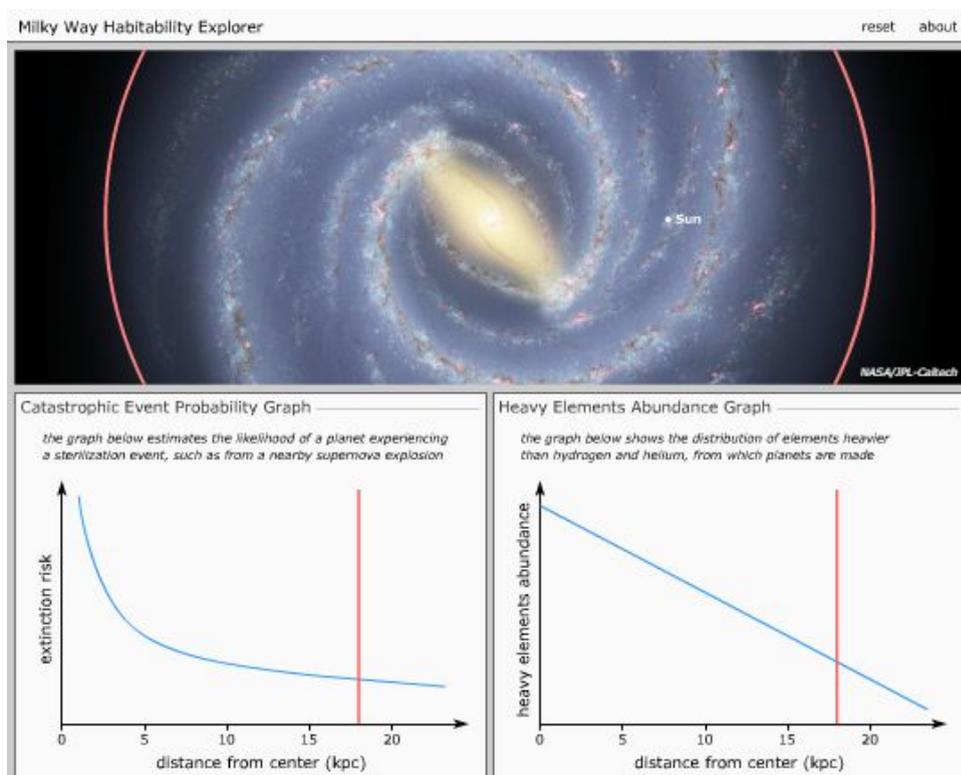
Se buscará también la definición de Júpiter caliente.

DESARROLLO

Tiempo: 90 minutos.

Contenido: Zona de Habitabilidad Galáctica, Zona de Habitabilidad, habitabilidad

Nos conectamos a la [web del proyecto](#) y nos situamos en la Ficha didáctica de 4.Exoplanetas -> **Zona de Habitabilidad Galáctica**, Veremos la siguiente [simulación interactiva](#) (Google Chrome):



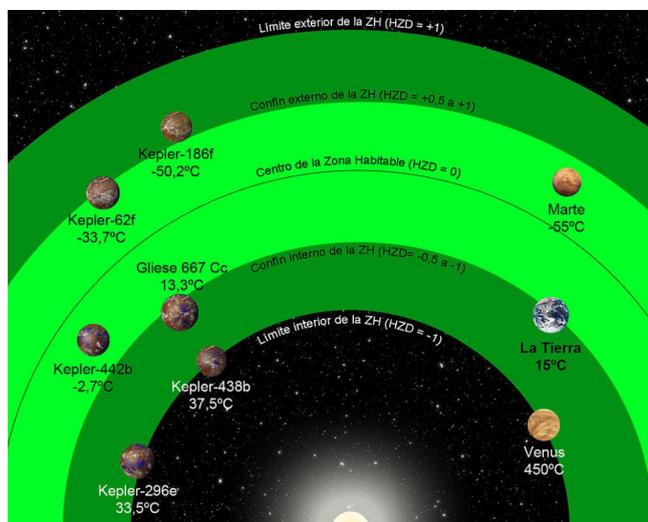
Moviendo las barras rojas de los gráficos, se comprueba que la localización del sistema planetario en la Galaxia también es vital para la estabilidad de la vida. Cuanto más cerca del núcleo de la Galaxia se está, más riesgo hay de emisión de rayos X, gamma y explosiones de supernova, radiaciones que son letales para la vida.

La segunda gráfica indica la distribución de elementos más pesados que el H y el He, de manera que cuanto más alejado se está del centro, más “pobre” es el entorno en elementos químicos metálicos, hecho que no permite la formación de planetas rocosos y por lo tanto tampoco favorece la vida. Se puede comprobar cómo el Sol está en una localización intermedia ideal para la vida, que se estima que comprende un anillo entre 4 y 10 kiloparsecs.

A continuación, se introduce el concepto de **Zona de Habitabilidad** mediante la presentación que se explica a continuación:

Es innegable la importancia del agua líquida como hábitat para el desarrollo de la vida. El llamado «cinturón de agua líquida», también llamado zona habitable es la región alrededor de una estrella en la que la radiación de una estrella permite la existencia de agua.

El factor principal que determina la existencia de agua líquida es la distancia entre la estrella y el planeta, es decir el semieje mayor de la órbita, que en nuestro Sistema Solar se sitúa entre 0,84 y 1,67 unidades astronómicas, siendo 1 la definición de Unidad Astronómica (ua o au), media aritmética de la distancia que separa la Tierra del Sol y que equivale aproximadamente a 150 millones de Km.



Se observa que Venus está en el límite inferior de la ZH, hecho que provoca un efecto invernadero. En el límite externo, el agua superficial se congela, más allá de Marte en el caso de nuestro Sistema Solar. En la imagen se puede comparar la situación de algunos exoplanetas y sus Zonas Habitables.

La zona de habitabilidad se divide a su vez en 3 regiones. Tanto el ancho de la zona de habitabilidad como el de las 3 regiones depende del tipo de estrella, como se explica más adelante. Se usa el **indicador de la distancia de zona habitable**, que varía desde -1 a 1, siendo el 0 el punto ideal.

- Confín interno [-1 a -0,5]

Los planetas sufren una gran exposición a la radiación de la estrella: los enlaces del agua pueden romperse y el hidrógeno escaparse de la atmósfera. Además, la cercanía provoca que la gravedad influya en la probabilidad de rotación síncrona de anclaje por marea (como la Luna con la Tierra, que rota alrededor de la Tierra al mismo tiempo que gira sobre sí misma, mostrando siempre la misma cara). Sólo en las estrellas poco masivas es posible la vida en esta región interna.

- Centro -> [-0,5 a +0,5]

Los planetas en esta zona presentan una temperatura superficial que permite el agua líquida. De muchos de los exoplanetas detectados, se desconoce si su

composición y densidad atmosférica son similares a las de la Tierra, así como el albedo y calentamiento de marea. Es curioso notar que la Tierra no está en el punto 0, sino en la frontera entre el confín interno y central. Se dice que un planeta en la zona 0 es “superhabitable”.

- **Confín externo [+0,5 a +1]**

Es la subzona más amplia de las 3. El límite del confín externo viene determinado por el punto de condensación del CO₂: Cuando la temperatura media es lo suficientemente baja para que el dióxido de carbono se condense, se forman nubes que aumentan el albedo, el efecto invernadero disminuye y empieza un proceso retroalimentativo que lleva a una glaciación global perpetua.

Aún así, el principal elemento que caracteriza la extensión de la zona habitable es el **tipo de estrella**, porque de ello depende la luminosidad estelar.

Enanas marrones



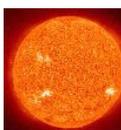
Las enanas marrones no se han estudiado suficientemente para determinar si sus planetas pueden ser habitables. Son tan pequeñas que no tienen suficiente energía para quemar hidrógeno como las demás estrellas, pero sí pueden llegar a dar calor a planetas que se sitúen a 1/100 UA.

Enanas rojas y naranjas tardías



Las enanas rojas (tipo M) son las estrellas más comunes (75%) de la Vía Láctea. También son las más pequeñas y las más longevas (10 billones de años). Su Zona de Habitabilidad es pequeña y cercana a la estrella, entre 0,032 y 0,3 UA. Esta cercanía provoca que la gravedad influya en la probabilidad de rotación síncrona de anclaje por marea (como la Luna con la Tierra, que rota alrededor de la Tierra al mismo tiempo que gira sobre sí misma, mostrando siempre la misma cara). Si un planeta no rota, su campo magnético es débil y lo desprotege de las fulguraciones de la estrella. Y el problema es que durante sus primeros miles de millones de años, las enanas rojas son muy activas, con llamaradas violentas de radiación ultravioleta que destruyen las atmósferas de sus planetas.

Enanas naranjas, amarillas y blancas-amarillas



Los tres tipos de estrella K, G (Sol) y F son los que más favorecen la vida debido a su estabilidad y distancia de la zona habitable respecto a la estrella. A diferencia de las enanas rojas, su intensa actividad estelar es más corta y el anclaje por marea queda en el límite del borde interior de la zona habitable. De las 3, las enanas naranjas (K) son las más óptimas para la vida, porque no necesitan ni la capa de ozono para protegerse. Su zona de habitabilidad se sitúa entre 0,5 i 1 UA. Dependiendo de la masa de la estrella, la zona habitable de las estrellas tipo G (nuestro Sol) se sitúa entre 0,8 y 2 UA. Se define 1 UA la distancia de la Tierra al Sol. Por otra parte, las estrellas blancas-amarillas (F)



necesitan una ozonosfera densa para la vida terrestre. Se calcula que su zona de habitabilidad se sitúa entre 1 y 3,7 UA.

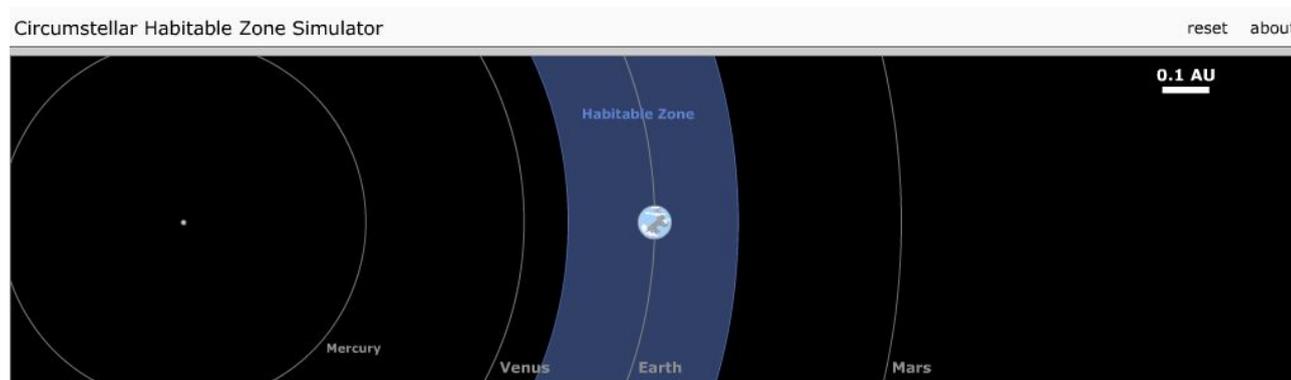


Estrellas masivas A, B, O

La radiación ultravioleta que emiten las estrellas de tipo A y tipo F-temprano destruye moléculas como el ADN, que es necesario para nuestra bioquímica basada en el Carbono. Además, hay que tener en cuenta que la vida de estas estrellas es corta comparada con las enanas, de manera que su zona de habitabilidad se expande a lo largo del tiempo con una rapidez que posiblemente no deje evolucionar la vida. Asimismo, la enorme radiación ultravioleta y los fuertes vientos estelares son incluso capaces de impedir hasta la formación de planetas de estrellas vecinas.

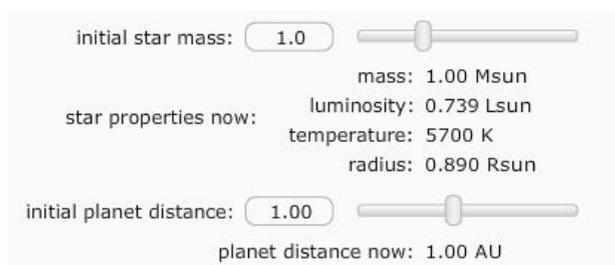
La siguiente simulación sólo funciona en el navegador Internet Explorer

<https://astro.unl.edu/naap/habitablezones/animations/stellarHabitableZone.html>



Mediante los controles, podemos variar la masa inicial de la estrella y arrastrar el planeta:

Además, se puede hacer avanzar el tiempo para ver cómo la estrella agota su combustible y se convierte en una enana blanca o una estrella de neutrones o bien un agujero negro.



Sin embargo, otros factores influyen en la habitabilidad de un planeta, tal y como se estudió en el taller [1.2 Condiciones para la vida](#). Los siguientes parámetros son los que favorecen el desarrollo de la vida, tal y como los conocemos en la Tierra:

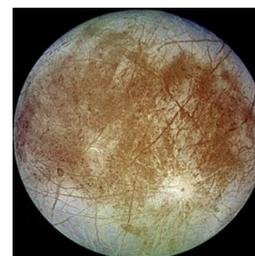
- planeta rocoso para que pueda albergar vida,
- masa entre 0,5 y 10 M_{\oplus} ,
- poca excentricidad que no lo aleje de la zona habitable,
- rotación que permita equilibrar la temperatura,
- composición atmosférica con gases efecto invernadero que protejan de la radiación

cósmica,

- presión atmosférica superior a 6,1 mbar,
- fuentes de calor adicionales, como el calentamiento de marea provocado por la Luna
- evolución y estabilidad estelar que den tiempo al desarrollo de la vida

De hecho, la combinación entre el tamaño del planeta, su órbita y el tipo de atmósfera son cuestiones a tener también en cuenta. Por ejemplo, un planeta poco masivo y con pocos gases de efecto invernadero debería orbitar en la región interna de la zona habitable para evitar una glaciación. Pero si un planeta más masivo o con más gases orbitara tan cerca de su estrella, se encontraría como Venus, con un efecto invernadero descontrolado.

A menudo nos olvidamos de los satélites. En nuestro sistema solar tenemos ejemplos de lunas de planetas situados fuera de la zona de habitabilidad, pero que cuentan con océanos submarinos bajo una capa de hielo. Es el caso de la luna de Júpiter, Europa, que mantiene actividad geológica por el calentamiento de marea producido por Júpiter. En nuestra búsqueda, pues, deberíamos tanto incluir planetas con lunas, como lunas.



Otro campo de estudio es la Zona de habitabilidad ultravioleta, que se encuentra más próxima a la estrella que la zona de habitabilidad comentada y viene dada por la cantidad de radiación UV que puede tolerar el ADN. En nuestro Sistema Solar esta zona está entre 0,71 y 1,9 Unidades Astronómicas. Se calcula que en casi un 60 % de los sistemas las dos zonas, la de habitabilidad y la UV no coinciden.



Por último, hay que tener en cuenta que quizás nos encontremos formas de vida basadas en una química diferente a la nuestra. Por ejemplo el satélite de Saturno, Titán, puede tener un ciclo de metano similar al del agua. Los límites de la zona de habitabilidad del metano, se sitúan más allá de la zona de habitabilidad del agua.

PARA SABER MÁS

 Exolunas

<http://theconversation.com/exomoons-astronomers-report-first-ever-discovery-104154>

 Zona de Habitabilidad del metano

<https://danielmarin.naukas.com/2018/05/13/el-metano-y-la-zona-habitable-alrededor-de-una-estrella/>

 Bioquímicas hipotéticas

https://es.wikipedia.org/wiki/Bioqu%C3%ADmicas_hipot%C3%A9ticas

Retos para casa

1. Leer el [artículo sobre el índice de similitud de la Tierra](#) y averiguar los índices de los planetas de la imagen.



De izquierda a derecha: Kepler 69c, Kepler 62e, Kepler 62f y la Tierra

PARA SABER MÁS



Índice ESI <http://phl.upr.edu/projects/earth-similarity-index-esi>

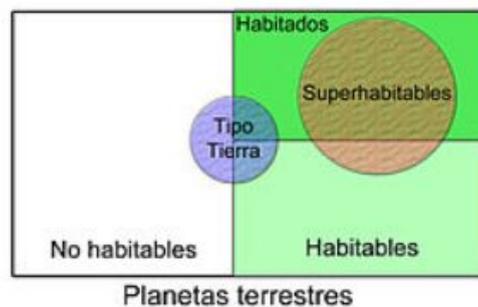
CONCLUSIÓN:

Tiempo: 30 minutos

Contenido: Resumen de lo aprendido

Con los nuevos datos aportados, sabemos que el número de planetas en la zona de habitabilidad de sus estrellas y con una masa similar a la terrestre, es de unos 40.000 millones en nuestra galaxia. Se calcula que unos 11.000 millones podrían orbitar alrededor de estrellas tipo G, como nuestro Sol.

- Se pedirá a los alumnos si quieren añadir o modificar los parámetros que escribieron en la nube de palabras de la lección anterior <https://answergarden.ch/>
- Se preguntará a los alumnos si modificarían sus números en la fórmula de Drake de la primera lección.
- Se comentará el siguiente gráfico:



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](#)