

# Clase 10: Habitabilidad magnética

Qué mide el índice MHI y qué no

Todas las cifras de las clases salen de simulaciones reales del motor MHD-INT v5.2.2. Las simulaciones parten de los valores ACTUALES de cada planeta y avanzan hacia el futuro. Escenario: 4.5 mil millones de años paso de 10 000 años motor MHD-INT v5.2.2.

## Objetivos

- Conocer los cuatro componentes del índice MHI y su peso
- Comparar la Tierra con Marte y con exoplanetas en zona habitable
- Interpretar un índice sin confundirlo con 'vida posible'

## 1. Habitabilidad magnética

Bienvenidos a la décima clase. Hoy cerramos el curso con la pregunta que mueve a MHD-INT: ¿un planeta puede proteger su atmósfera? Para responderla vamos a usar el índice de habitabilidad magnética, el MHI, y vamos a ver qué mide y, sobre todo, qué no mide.

## 2. Cuatro ingredientes

Si el planeta se estrella o pierde la atmósfera, el MHI vale 0.



|                   |                                            |
|-------------------|--------------------------------------------|
| Escudo magnético: | magnetopausa a más de 5 radios del planeta |
| Campo activo:     | campo de al menos 0,3 gauss                |
| Órbita estable:   | excentricidad baja                         |
| Calor de marea:   | ni nulo ni excesivo                        |

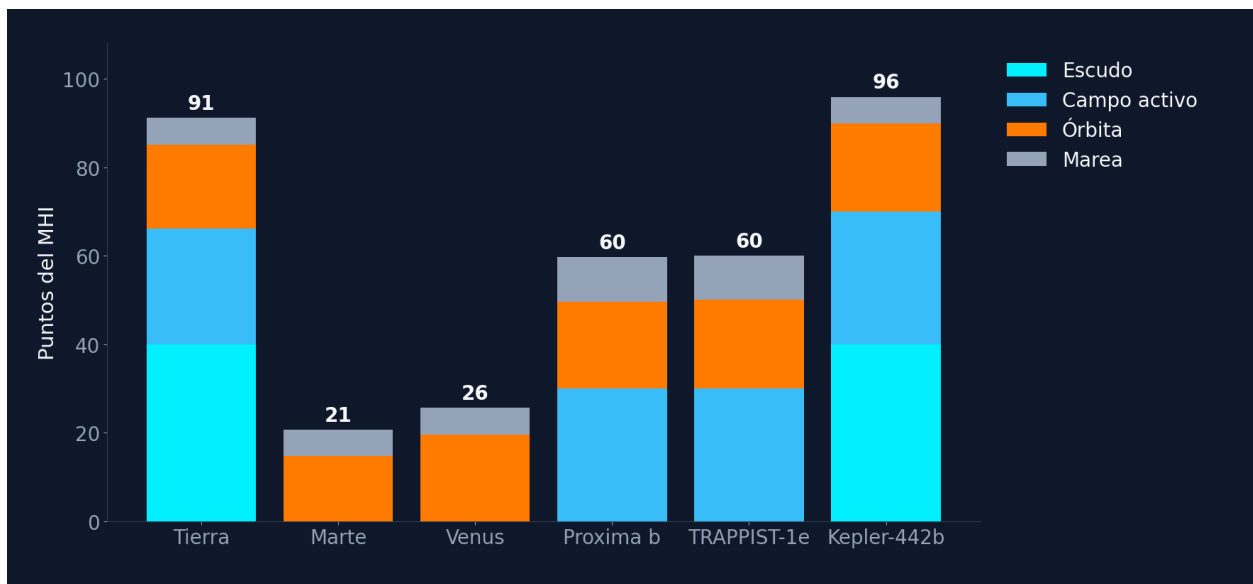
El MHI va de cero a cien y se arma con cuatro ingredientes. El más importante, con un cuarenta por ciento del peso, es el escudo: qué fracción del tiempo la magnetosfera se mantiene a más de cinco radios del planeta. Le sigue el campo activo, con un treinta por ciento: cuánto tiempo el campo supera 0,3 gauss, que es aproximadamente el campo terrestre. Después la estabilidad de la órbita, con un veinte por ciento, que premia órbitas poco excéntricas. Y por último el calor de marea, con un diez por ciento. Si el planeta se estrella contra su estrella o pierde la atmósfera, el índice vale cero.

### 3. Tierra y Marte



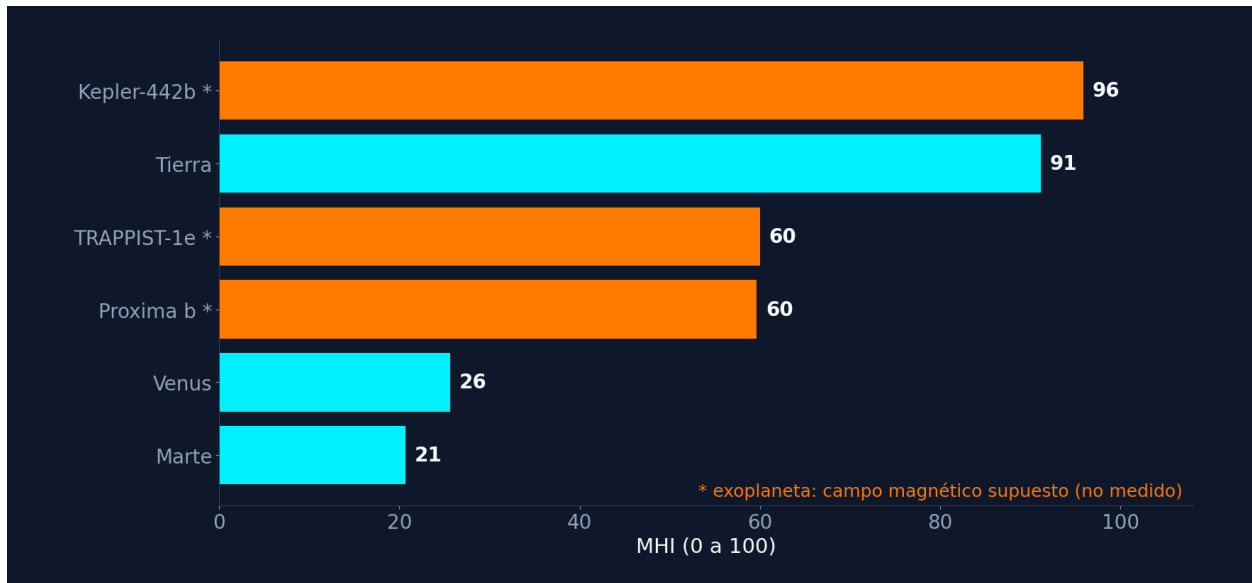
Comparemos dos vecinos. En la Tierra la magnetopausa se mantiene entre 8,5 y 9,7 radios terrestres durante toda la simulación, siempre por encima del umbral de cinco, así que el escudo está activo el 100 por ciento del tiempo. En Marte, sin campo global, la magnetopausa queda por debajo de un radio marciano: el viento solar toca directamente la atmósfera. Resultado: la Tierra obtiene un MHI de 91 y Marte de 21. Esta es la física detrás de la idea de que Marte fue perdiendo buena parte de su atmósfera después de que se apagó su dínamo.

### 4. El índice por partes



Este gráfico desarma el índice en sus cuatro partes para seis mundos. Fíjense en los exoplanetas Proxima b y TRAPPIST uno e. Tienen campo activo el cien por ciento del tiempo y órbitas casi circulares, pero su escudo vale cero. ¿Por qué? Porque orbitan muy cerca de enanas rojas. El viento estelar es tan intenso que aplasta la magnetosfera hasta 2,5 radios en Proxima b y 1,7 en TRAPPIST uno e, lejos de los cinco radios que pide el índice. Por eso ninguno de los dos pasa de 60 puntos.

## 5. El ranking y su letra chica



En este ranking, Kepler 442 b sale primero con 96 puntos, incluso por encima de la Tierra. Aquí viene la letra chica, y es importante: ningún exoplaneta tiene su campo magnético medido. Para Kepler 442 b el motor usa un valor típico de su categoría, 1,3 gauss. Si el campo real fuera más débil, el resultado cambiaría. Y la Tierra no llega a cien por dos motivos: en el modelo su campo baja levemente de 0,3 gauss hacia el final de la simulación, así que cuenta como activo el 87 por ciento del tiempo, y su calor de marea es bajo, algo que el índice puntúa con 60 sobre cien.

## 6. Lo que el MHI no dice

Para cerrar: un MHI alto no significa que haya vida, ni que se pueda vivir ahí. Mide una sola cosa, la capacidad de un planeta para proteger su atmósfera del viento de su estrella. Es una pieza del rompecabezas, junto con la temperatura, el agua y la química. Como ejercicio, simula Proxima b y pregúntate qué campo magnético necesitaría para alcanzar cinco radios de magnetopausa. Gracias por acompañarnos en este curso.

## Datos de la simulación

| Planeta     | MHI | Escudo | Campo activo | Campo hoy (G) | Magnetopausa (radios) |
|-------------|-----|--------|--------------|---------------|-----------------------|
| Tierra      | 91  | 100 %  | 87 %         | 0.31          | 9.7                   |
| Marte       | 21  | 0 %    | 0 %          | 0.0001        | 0.8                   |
| Venus       | 26  | 0 %    | 0 %          | 0.0001        | 0.6                   |
| Proxima b   | 60  | 0 %    | 100 %        | 1.5           | 2.5                   |
| TRAPPIST 1e | 60  | 0 %    | 100 %        | 1.3           | 1.7                   |
| Kepler 442b | 96  | 100 %  | 100 %        | 1.3           | 7.9                   |

## Ejercicio

1. Simula Proxima b durante 4,5 Gyr y anota el radio de la magnetopausa.
2. Repite en el Modo Sintético subiendo el campo magnético inicial: ¿desde qué valor el escudo pasa a estar activo?
3. Escribe en dos líneas por qué un MHI alto no implica que haya vida.

## Limitaciones del modelo

- Ningún exoplaneta tiene campo magnético medido: el motor usa valores típicos de su categoría.
- El MHI mide solo la protección magnética; no incluye temperatura, agua ni composición atmosférica.
- El umbral de 0,3 G para 'campo activo' es una referencia terrestre, no un límite físico universal.

## Referencias

- Driscoll & Barnes (2015), Tidal heating of Earth-like exoplanets around M stars.
- Vidotto et al. (2013), Effects of M dwarf magnetic fields on potentially habitable planets.
- Jakosky et al. (2018), Loss of the Martian atmosphere to space (MAVEN).