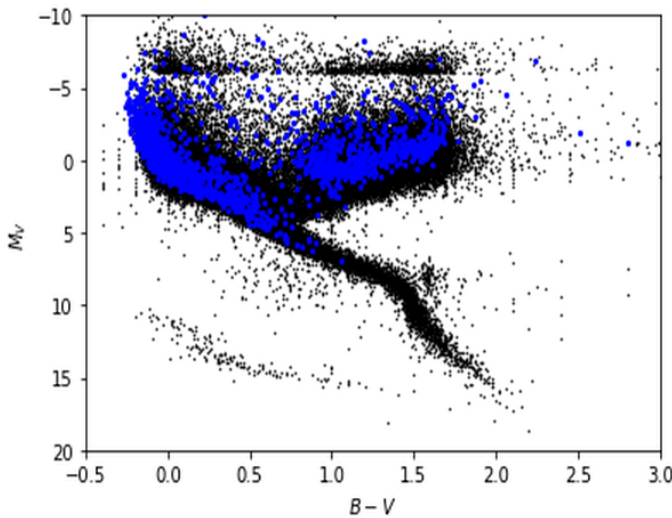


EL DIAGRAMA HERTZSPRUNG RUSSELL

Hacia 1911, trabajando de forma independiente, Ejnar Hertzsprung y Henry Norris Russell, completaron el estudio que lleva su nombre, llamado comúnmente diagrama H-R, relacionando la luminosidad absoluta de las estrellas de distancia conocida con su temperatura.



Un diagrama de este tipo es el de la figura adjunta, que abarca un conjunto de 87476 estrellas más brillantes que la magnitud 9. El lector puede bajar este catálogo y otros con mayor número de estrellas, del proyecto europeo Hipparcos. Podemos obtenerlos en la dirección:

<http://www.astronexus.com/node/34>

En el eje de ordenadas está representada la magnitud visual absoluta de cada astro y en el de abscisas está el índice de color, que es también una medida de la temperatura. El

índice se calcula por la diferencia de valor de iluminación conseguido a través de un filtro fotométrico azul (filtro B) y otro centrado en la banda visual (filtro V). Este índice puede valer -0,5 para estrellas muy azules y calientes como Bellatrix (a cerca de 30000 K de temperatura), alrededor de 0 para estrellas blancas como Sirio (algo menos de 10000 K), o casi 2 para astros rojizos como Betelgeuse (a menos de 3000 K). Así que, como vemos, nos proporciona una forma de medir la temperatura efectiva, la de la fotosfera de cualquier estrella, a la vez que su color.

En el diagrama es evidente que no se produce una distribución al azar. Podemos distinguir una franja diagonal, llamada **secuencia principal**, con estrellas de toda la gama de luminosidad, color y temperatura.

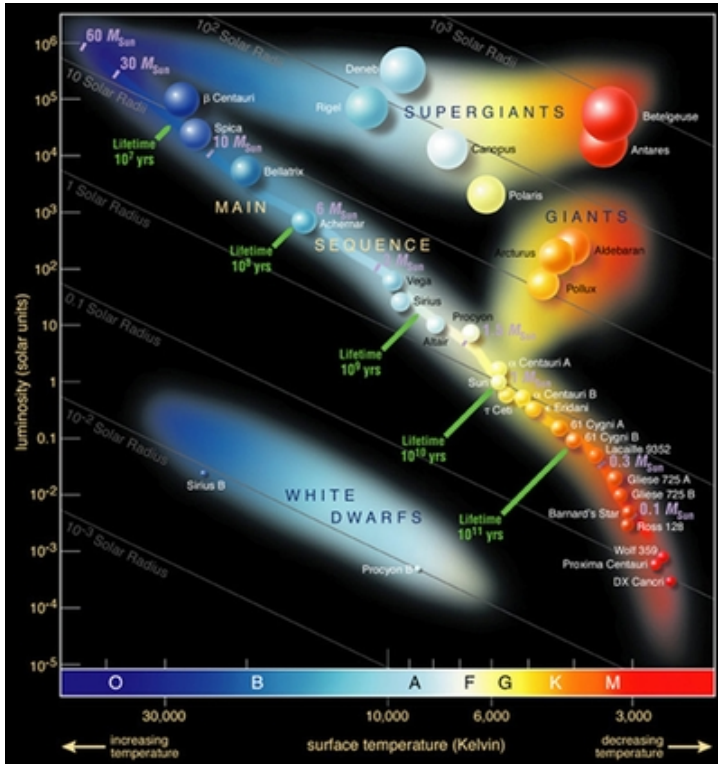
En la parte superior hay dos franjas horizontales contiguas, con estrellas de gran luminosidad pero diversos colores que son conocidas como **supergigantes**.

A la derecha de la secuencia principal hay otra franja de estrellas, ligeramente inclinada hacia arriba. Según su índice B-V, sus colores van del amarillo al rojo, pero siempre con más luminosidad que las de la secuencia principal del mismo color. Son las llamadas estrellas **gigantes**.

Por debajo de la secuencia principal se puede encontrar una pequeña franja de astros muy poco luminosos, aunque sus colores, normalmente del blanco al azul, nos asegura que son muy calientes. Se conocen como **enanas blancas**.

Descubrir el sentido de estas agrupaciones ha sido una de las investigaciones más importantes de la astrofísica a lo largo del siglo XX. Para avanzar en esta tarea han sido imprescindibles los análisis del movimiento de las estrellas dobles. A partir del estudio de la distancia en segundos de arco y del periodo del movimiento en estos sistemas binarios ha sido posible calcular la masa de los componentes (en esta [dirección](#) podemos encontrar más información al respecto). Este trabajo se ha realizado para suficiente número de astros de las diversas franjas del diagrama como para poder deducir las masas de estrellas sin pareja por medio del llamado paralaje fotométrico, procedimiento que consiste esencialmente en comparar la luminosidad y temperatura de un astro con las de otros de su misma franja de los que ya se conocen todos sus parámetros, incluida la masa.

En la página siguiente nos podremos hacer idea de los resultados obtenidos.



La figura adjunta, extraída de la [Wikipedia](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell), ilustra gráficamente, aunque solo de una manera cualitativa ya que las diferencias reales de tamaño son tan grandes que no resultan aptas para su representación, en un dibujo normal, las conclusiones directas de estas observaciones. Sí están representadas con bastante fidelidad las diferencias de color y temperatura. Podemos darnos cuenta de que, contra la costumbre de la vida diaria, los colores más “fríos” (los azulados) corresponden realmente a las estrellas más calientes.

Las aportaciones de la física nuclear para explicar el mecanismo de fusión nuclear que produce la luminosidad de los astros mientras hay suficiente cantidad de gas combustible en su interior nos ha permitido también establecer la trayectoria vital de una estrella.

Tras el nacimiento del astro, fruto de la acreción de gas y polvo en una nebulosa que va aumentando la temperatura y densidad del conjunto hasta el punto en que comienza la fusión del hidrógeno, la masa del material reunido determina la posición de la estrella en la **secuencia principal**. Esa misma cantidad de masa determina la temperatura efectiva que alcanza su fotosfera, el radio de la estrella y el tiempo de permanencia en la secuencia principal.

En estrellas no mucho mayores que el Sol, a medida que se va acabando el hidrógeno central, capas exteriores a esta zona se contraen hasta comenzar la fusión en ellas (fusión en capas de cebolla), a la vez que la temperatura del núcleo aumenta hasta que el helio (producto de la fusión del hidrógeno) alcanza la energía suficiente para fundirse a su vez y producir carbono y oxígeno. En esta época la corteza exterior se expande y enfría. La estrella se ha convertido en una **gigante** roja. Cuando se apaga la fusión, las capas exteriores de la estrella se pierden, formando normalmente lo que llamamos una nebulosa planetaria, y solo queda el corazón caliente de la estrella, con la mayor parte de su masa pero sin reacciones de fusión en su interior. Se ha convertido en una **enana blanca** que a lo largo de muchos miles de millones de años irá enfriándose hasta ser una enana negra.

Las estrellas mucho más grandes que el Sol, en su fase final, se convierten en **supergigantes** y en su corazón se pueden llegar a fundir diferentes elementos químicos, hasta llegar a producir hierro. Al final de esta etapa su masa es tan grande que su presión gravitatoria no puede equilibrarse con la repulsión eléctrica entre los electrones que contiene. En ese momento, tras una gran explosión como supernova, el resto del astro queda convertido en una estrella de neutrones o, en casos extremos, si la cantidad remanente es mayor que 2,2 masas solares, nos encontraremos con un agujero negro. Tanto estrellas de neutrones como agujeros negros no aparecen en el diagrama HR, las primeras por su escasez de brillo (aunque muchas se pueden detectar como púlsars, estrellas que emiten paquetes de ondas de radio) y los agujeros negros porque no producen emisión óptica observable, aunque puedan ser detectados por su influencia gravitatoria sobre cuerpos cercanos.