

LAS ESTRELLAS

2h.1) Evolución Estelar Parte I

Volveremos brevemente al Diagrama H-R para comenzar con la explicación acerca de que sucede a las estrellas a lo largo de su vida.

Siempre **recordaremos** que por ser la estrella un **equilibrio entre su combustible y su fuerza gravitatoria** todo lo que suceda dependerá de la cantidad de combustible que posea.

Lamentablemente la situación no es tan sencilla ya que al incrementar la cantidad de combustible incrementamos su masa y tenemos una mayor fuerza gravitatoria con lo que necesitamos una mayor cantidad de energía para mantener el equilibrio.

Como modelo utilizaremos la clasificación espectral completa que incluye tipos de estrellas, la más utilizada es la Morgan-Keenan (M-K), donde la dispersión utilizada es de 125 Å por milímetro (escala del espectro).

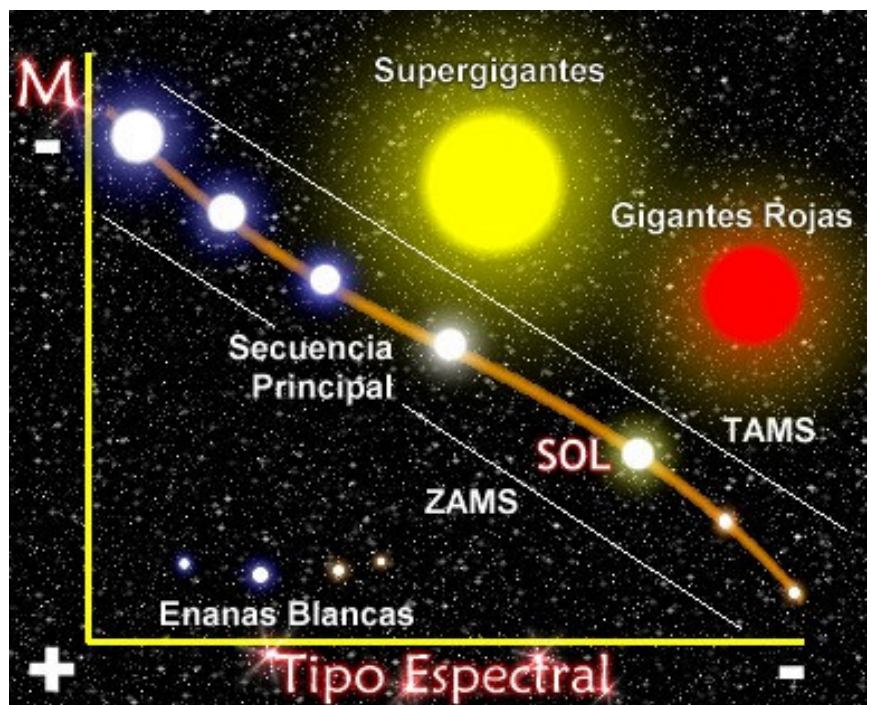
La clasificación M-K es la siguiente:

- I : Supergigantes.
- II : Gigantes brillantes.
- III : Gigantes.
- IV : Sub-gigantes.
- V : Enanas.

En el caso del Sol, su clasificación espectral completa es G2 V. Existe un gráfico de clasificación muy utilizado, donde se toma como referencia el tipo espectral y la magnitud absoluta (el brillo que tendría una estrella si se la observara desde 10 parsecs de distancia, donde un parsec corresponde a 3,26 años luz), se trata del diagrama Hertzsprung-Russel (H-R), otra vez.

Al disponer las estrellas en este gráfico (con el tipo espectral de mayor a menor temperatura en el eje horizontal), vemos nuevamente la banda que lo atraviesa en diagonal, la secuencia principal, donde se localizan las estrellas durante la parte de su vida en que fusionan Hidrogeno. Es preciso saber que una estrella se mueve por el diagrama H-R durante su vida, dado que a medida que consume su combustible varía su temperatura superficial (por cambios de tamaño), por tanto también su magnitud absoluta y su tipo espectral.

En la ilustración adjunta se muestra una aproximación a grandes rasgos del diagrama H-R, simplemente para apreciar la distribución de los diferentes tipos de estrellas. La parte inferior de la secuencia principal denominada **ZAMS**, (Zero Age Mean Sequence),



Edad Cero en la Secuencia Principal, que podríamos traducir como **recién nacidas**, corresponde al punto donde las estrellas comienzan a consumir Hidrogeno (desde este momento las estrellas son consideradas como tales). Al terminar el Hidrogeno combustible salen de la secuencia principal, indicado como **TAMS**, (Terminal Age Mean Sequence), Edad Terminal de la Secuencia Principal, en el diagrama. Esto simplemente significa que en su tiempo de equilibrio la fluctuación mínima de brillo mantendrá a la estrella acercándose a uno de los lados de las líneas que bordean la S.P. El tiempo que pasen en la secuencia principal variará, como lo explicamos al principio, según **la masa de la estrella**, a menor masa la estrella es capaz de mantenerse consumiendo Hidrogeno por mucho mas tiempo que una de mayor masa, aún cuando esto desafíe una lógica aparente.

La estrella con más combustible deberá gastarlo más pronto para poder mantenerse en equilibrio y continuar existiendo en base a la fusión en su núcleo.

Ejemplos de vidas estelares según la masa involucrada:

1 Masa Solar : **7×10^9** años

3 Masas Solares : **2×10^8** años.

5 Masas Solares : **$6,5 \times 10^7$** años.

15 Masas Solares : **1×10^7** años.

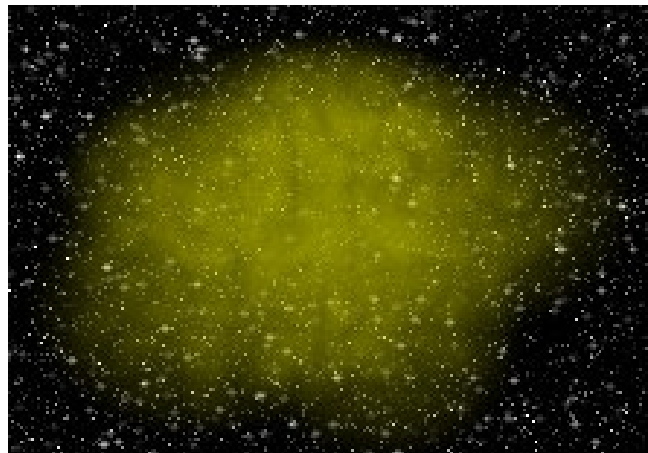
Durante este tiempo la estrella genera energía mediante la fusión del Hidrogeno, un proceso conocido como ciclo Protón-Protón, como ya vimos es el ciclo más importante en cuanto a producción de energía en estrellas del tipo solares, donde la temperatura del núcleo es de unos **15×10^6** grados Kelvin.

2h.2)Evolución Estelar Parte I (Nacimiento)

Glóbulos De Bok

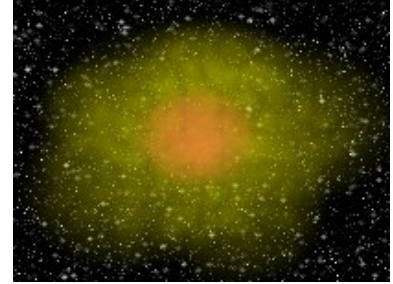
Postulada su existencia por Bart Bok en 1947, los glóbulos bautizados con su nombre son núcleos de polvo y gas interestelar cuyo colapso, provocado por la atracción gravitatoria, inicia la formación de nuevas estrellas. Aunque en un principio fueron una simple hipótesis, en los últimos años se ha acumulado una suficiente cantidad de evidencias que demuestra que, efectivamente, los glóbulos de Bok son los precursores de las estrellas.

Antes de entrar en la secuencia principal y convertirse por definición en una estrella la misma debe formarse a partir de la contracción de una nube de gas y polvo. En la siguiente secuencia se expone la etapa anterior a la formación de una estrella, la evolución de las denominadas estrellas pre-secuencia. Por cuestiones de simplicidad no hablaremos del efecto de repulsión que impiden que sin ayuda de fuerzas externas la nube comience su contracción en forma independiente y en cambio veremos que gracias a compresiones originadas quizás por la explosión de una supernova cercana una nube de gas y polvo comienza a



contraerse, liberando energía potencial que se transforma en energía del gas y en radiación. La nube posee unas 100 unidades astronómicas de diámetro.

En el núcleo de la nube la energía de los choques de los átomos provocados por la contracción y el aumento de densidad se convierte en calor. Comienza la presión del gas a oponerse a la contracción. El Hidrógeno presente en la nube es principalmente Hidrogeno molecular. Además se inicia un movimiento rotatorio que perdurará durante toda la vida de la estrella.



En este punto la presión crece lentamente. La temperatura ronda los 1800 grados Kelvin. A los 10^4 grados Kelvin el Hidrógeno se ioniza (se transforma en Hidrógeno atómico). En esta fase de su evolución la protoestrella es del tipo T Tauri, una estrella variable irregular, con líneas espectrales de emisión por el gas frío que rodea a la estrella



más caliente. Es una estrella que varía su brillo en forma errática por su primitiva configuración mientras alcanza el equilibrio entre su masa y su capacidad de irradiar energía. Presentan variaciones irregulares, debidas tanto a la actividad de las propias estrellas como al oscurecimiento provocado por nubes de polvo que orbitan en su periferia. Aquí vemos una imagen infrarroja obtenidas por óptica adaptiva de una estrella T-Tauri.



2h.3)Evolución Estelar Parte II (Equilibrio)

A partir de este punto la estrella comienza su recorrido por el diagrama H-R, (como puede verse en la página 2 de éste módulo), comenzando desde arriba a la izquierda si se trata de una estrella muy luminosa y caliente con gran masa o desde abajo a la derecha si es una estrella mas fría y menos luminosa con poca masa.

Dependiendo de la masa de la estrella recién formada su camino evolutivo puede dividirse en tres, la primer división comprende las estrellas de entre **0,8 y 11** masas solares, que obviamente utiliza como ya dijimos anteriormente la masa del Sol como unidad), la segunda entre las estrellas de **11 y 50** masas solares, y por ultimo las estrellas de **más de**

50 masas solares. Para una descripción más detallada, veremos las siguientes categorías por su orden:

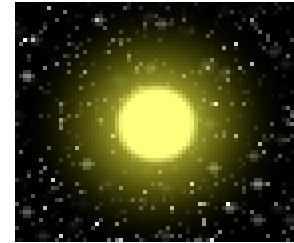
- ☀ **Entre 0,8 y 11 masas solares**
- ☀ **Entre 11 y 50 masas solares**
- ☀ **Más de 50 masas solares**

0,8 y 11 m.s. - Estrella de la secuencia principal, tipo espectral B, A, F o G.

Para todas las estrellas es válida la explicación que ya vimos.

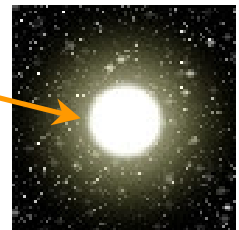
Todas las estrellas cuando comienzan la secuencia principal, sin importar su masa lo hacen transformando Hidrógeno en Helio.

Todas logran sobrevivir en este estado de equilibrio durante cierto tiempo que varía de acuerdo a su masa, pero este paso es común a todas las estrellas sin importar su masa. Ya sea que utilicen la **cadena protón-protón** como el Sol o el **ciclo del carbono como las estrellas de mayor masa**.



11 y 50 m.s. - Estrella de la secuencia principal. Tipo espectral O ó B.

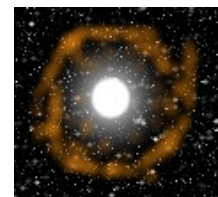
Estrella de gran tamaño y luminosidad, ejemplo práctico de que la acumulación de combustible conlleva una vida más corta. Es decir una permanencia menor en la Secuencia Principal. **S.P.**



Más de 50 m.s. - Estrella de la secuencia principal. Tipo espectral O, con fuerte viento solar que soportan en la S.P. alrededor de 10^6 años.

Estrella tipo **Wolf-Rayet**, un objeto raro de gran masa y luminosidad.

Estrellas pertenecientes a un pequeño grupo (tan sólo se conocen unas trescientas, distribuidas por nuestra galaxia y las vecinas) con características propias muy diferentes a las del resto de los grupos estelares. Descubiertas por los astrónomos C. J. E. Wolf y G. Rayet en 1867, algunos autores las han catalogado dentro de un grupo especial, el W. Otra de las características de estas estrellas es que, debido a su enorme actividad nuclear, se calcula que han perdido hasta la mitad de su masa en forma de viento solar. Las estrellas de este tipo son muy luminosas y muy calientes, todavía más que las gigantes azules del grupo O, teniendo una temperatura superficial superior a los 90.000 °C, (la del Sol es de sólo 6.000 °C), y un espectro característico que las diferencia del resto de las estrellas conocidas. Su tiempo en la S.P. es de apenas 10^5 años, prácticamente nada.



En el siguiente módulo veremos que sucede a las estrellas que hemos visto cuando ya no logran mantenerse en la secuencia principal, cuando pierden la **“vida en equilibrio”**.