

## ¿Qué son las estrellas? I: Masa No. 2

### Algunos Ejemplos

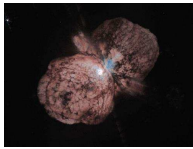
- **Eta Carinae**
- **Sirio B**

#### Eta Carinae

Eta Carinae es una de las estrellas más espectaculares que se conocen. No solo por ser una de las más masivas, casi 150 veces la masa del Sol, sino por que de un momento a otro podría generar la energía

equivalente a todas las estrellas de la Galaxia juntas, es decir, podría convertirse en una Supernova.

La violenta estrella justo ahora genera vientos de unos 700 km/sii y en sus capas más externas las fuerzas de radiación y gravedad protagonizan una lucha por la supremacía.

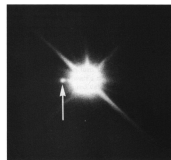


#### Sirio B

Sirio B es una estrella de las llamadas enanas. Este tipo de estrellas se caracterizan

por estar compuestas de material degenerado mucho muy denso (una cucharada del material de Sirio B

pesaría unas 600 toneladasii). Las temperaturas superficiales de las enanas varía desde 6000 a 100,000 K dependiendo de si son de color café o marrón (bajas temperaturas) o blancas (temperaturas altas) como Sirio B.



J. Vicente Hernández Hernández. <sup>a</sup>  
Centro de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM.

Quando ha tenido la oportunidad de observar el cielo nocturno ¿cuántos tipos de estrellas ve? Le parecen iguales todas? Qué tienen de diferente unas de otras? A simple vista, podría no haber diferencias, pero sí las hay, y muy importantes. Una de estas es la masa, pues de ella depende, en gran medida, el resto de la vida de cada estrellas.

#### Introducción.

Al observar el cielo durante una noche despejada y fuera de la contaminación de las ciudades, ¿se ha preguntado si todas esas estrellas que vemos son iguales? ¿Son parecidas al Sol? ¿Tienen colores? ¿Tienen masa?

Estas y muchas otras preguntas han motivado a los científicos a estudiar una rama de la astrofísica llamada evolución estelar.

Todas las estrellas nacieron a partir de enormes nubes de gas molecular y polvo. Estas nubes con masas de millones de veces la masa del Sol, comienzan en algún momento a colapsar, es decir, la fuerza de gravedad comienza a mover todo ese gas hacia el centro de cada nube.

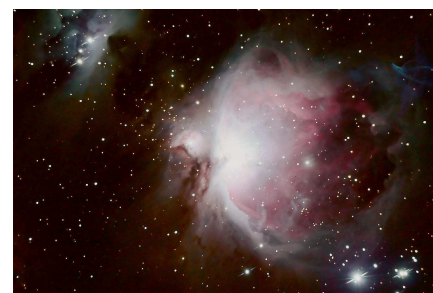
a partir de estos fragmentos naceran estrellas. Las estrellas no nacen solas, es decir, TODAS LAS ESTRELLAS QUE CONOCEMOS, NACIERON EN ALGUNA REGIÓN PEQUEÑA, JUNTO CON OTRAS MUCHAS ESTRELLAS. Sin embargo, conforme avanza su vida, estas van evolucionando, unas mueren y otras viven, unas se mueven rápido y otras lento, y al final, las que logran sobrevivir (que son la gran mayoría) se dispersan a lo largo y ancho de nuestra Galaxia, la Vía Láctea.

Por otro lado, es importante mencionar que las estrellas no son todas iguales y podemos caracterizarlas básicamente por cuatro propiedades: Masa, Luminosidad, Temperatura y Composición química.

En este primer artículo, vamos a ver lo que nos dice la primera de estas propiedades: La masa de las estrellas.

#### Masa, Gravedad y Peso

Comenzaremos por decir qué es la masa y por aclarar dos conceptos muy utilizados, pero desgraciadamente no bien entendidos. En primer lugar, *masa* es todo lo que está compuesto por partículas atómicas y al ser acelerado genera una fuerza. En el sistema métrico, la unidad de la masa es el kilogramo, *kg*.



Nebulosa de Orión. Víctor Ledezma, SAG

Una vez que la densidad en la parte central de la nube se hace grande, diversos efectos como la turbulencia provocan que la nube se fragmente y

<sup>a</sup>v.hernandez@crya.unam.mx

Todas las partículas con masa tienen la propiedad de atraerse unas con otras debido a la fuerza de gravedad. Esta fuerza actúa de manera que cuanto más masa tengan las partículas mayor será la fuerza de gravedad entre ellas. Además, cuanto más cercanas estén las partículas, también mayor será la fuerza. En el sistema métrico, la unidad de la fuerza es el Newton,  $N$ .



*El peso es la muestra de que nuestra masa es atraída por la masa del cuerpo celeste más cercano y más masivo.*

Entonces, ¿qué es peso? *Peso* es, precisamente la muestra de que la fuerza de gravedad está actuando entre las partículas que tienen masa. Por ejemplo, cualquiera de nosotros tiene una masa determinada por el número de átomos, por lo tanto, estamos hechos de partículas con masa y somos atraídos hacia el centro de nuestro planeta por tener una mucho mayor masa que nosotros. En realidad, la fuerza con que nos atrae la tierra es lo que llamamos popularmente peso. Lo anterior podemos comprobarlo si pensamos que aquí en la tierra tenemos un peso determinado y en la luna tendremos un peso menor, sin embargo, conservaremos la misma masa.

Al hablar de las estrellas, diremos que tienen una masa dada por el número de átomos en ellas.

### *La Masa de las Estrellas*

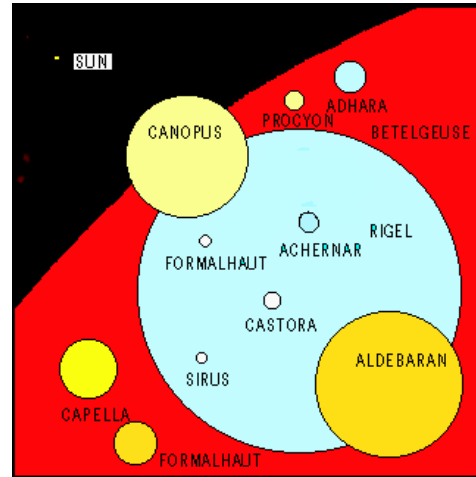
Las estrellas nacen con muy diversas masa. La masa del Sol es de 2,000,000,000,000,000,000,000,000 toneladas, y sin embargo, existen estrellas con masas que van desde 1/10 hasta 150 veces la masa del Sol.

Lo interesante aquí, es que la gran mayoría de las estrellas tienen masas como la del Sol o menores, solo unas cuantas llegan a tener 8-10 veces su masa y realmente muy pocas logran más de 20-50 veces. De hecho, estrellas con 100 veces la masa del Sol, son notablemente excepcionales. Por alguna razón que aún no es bien entendida, existen muchas más estrellas poco masivas que masivas.

Vamos a ver un poco como son los extremos en las masas de las estrellas.

Como mencionamos antes, las estrellas nacen cuando enormes nubes de gas comienzan a colapsar, llega el momento en que estas nubes se fragmentan, pero sus fragmentos continúan colapsando, mientras van tomando una figura esférica. Cuando se alcanzan las condiciones de temperatura (unos 2.3 millones de  $^{\circ}K$ ) en el centro de

estos trozos de gas, la estrella se enciende y comienza a brillar con luz propia. A partir de este momento aparece en escena la fuerza de radiación, es decir, la fuerza que los fotones de luz generados en el núcleo estelar ejercen sobre el gas colapsando. La fuerza de gravedad, empujando el gas hacia el centro de la estrella, y la fuerza de radiación empujando hacia afuera, comienzan una lucha, que definirá como será la vida de esa estrella.



*Tamaños comparativos entre algunas estrellas y el Sol. Una estrella más grande, no necesariamente es más masiva, simplemente podría estar pasando por una etapa de evolución en la que su diámetro aumenta, pero su masa permanece casi igual.*

Los astrónomos han encontrado, mediante modelos numéricos y observaciones, cómo se relaciona el tiempo de vida de una estrella y la masa con la que nace.

Las estrellas con masa mucho más grande que el Sol viven poco tiempo (unos 1.1 millones de años), cuanto más masiva sea una estrella más pronto morirá. Una estrella con 100 veces la masa del sol habría nacido y muerto unas 4000 veces en lo que el Sol ha tenido de vida (4,500,000,000 años).

Por otro lado, las estrellas con menor masa que el Sol viven mucho tiempo (10 mil millones de años). Cuanto menos masa tenga una estrella más tiempo vivirá. De hecho, se han encontrado estrellas que se formaron poco después de haberse creado el universo, hace unos 13,000,000,000 años. Sin embargo, hacia ambos lados existen límites.

Teóricamente, no pueden existir estrellas con masas superiores a unas 150 masas solares. En estrellas de este tipo los vientos estelares y la presión de radiación son tan grandes, que las capas más externas son arrancados violenta y constantemente.

Observacionalmente, la estrella más masiva que se conoce es HD 269810 (150 veces la masa del Sol) en la nube mayor de Magallanes, en la constelación de Dorado.

Hacia las bajas masas también hay límites. Teóricamente, es necesario que una estrella tenga por lo menos 0.8 de la masa del Sol para que comiencen las reacciones nu-

cleares en su centro. Las estrellas de baja masa son muy difíciles de encontrar puesto que no son muy brillantes.

Cabe hacer la aclaración de que las estrellas llamadas enanas no necesariamente tienen poca masa.



La figura de arriba muestra el tamaño aproximado que tienen una estrella de baja masa y una enana café comparados con el Sol, Júpiter y la Tierra. Los primero dos objetos y el Sol se ubican en la parte baja de la secuencia principal del diagrama HR.

Las estrellas de baja masa (desde .7 hasta 8 veces la masa del Sol) cuando llegan al final de sus vidas pierden mucho del material que forma sus envoltentes y crean lo que conocemos como una nebulosa planetaria. Sin embargo, en el centro de estas estrellas el material colapsa más y más

hacia el centro. Los átomos que forman el núcleo llegan a estar tan próximos unos de otros que el material se vuelve degenerado, es decir que ya no se cumple el principio de exclusión de Pauli para los electrones. El resultado es un material muy denso, tanto que un cubo del tamaño de un pulgar podría pesar en la tierra toneladas. Estas son las llamadas estrellas enanas blancas.

Los objetos que por su baja masa no logran generar reacciones nucleares con hidrógeno son llamadas enanas café o marrones. En realidad estos objetos, son algo intermedio entre una estrella y un planeta. De hecho, podemos decir que un objeto es una estrella en la secuencia principal (ver diagrama H-R) si y solo si ya ha comenzado a quemar hidrógeno en su núcleo para transformarlo en helio. Las enanas marrones podrían tener reacciones nucleares de deuterio (un isotopo del hidrógeno), pero no serían estrellas en secuencia principal.

Finalmente, la diferencia entre una enana marrón y un planeta sería que, este último se forma entorno a una estrella y del material que esta siendo acretado. El primero, es un objeto solitario, que terminará sus días como una enana oscura, fría y sin jamás haber generado luz visible por si misma.

Como se mencionó antes, la cantidad de estrellas de baja masa es mucho mayor que el número de las muy masivas. Por cada estrella masiva se llegan a formar cientos de baja masa. Sin embargo, como lo veremos en el siguiente artículo, la luz visible proveniente de las estrellas de alta masa es la que domina, es decir, podemos ver las galaxias y la nuestra es visible desde las otras, gracias a las estrellas de alta masa, a pesar de que son las menos.

---

La gráfica de la derecha es el diagrama Hertzsprung-Rusell o HR. Este diagrama muestra la posición que las estrellas tienen dependiendo de su edad y los ejes muestran la temperatura o color contra la luminosidad. La línea diagonal que recorre el diagrama de arriba a abajo es la secuencia principal. Cuando una estrella comienza a quemar hidrógeno en su núcleo se dice que entra en la secuencia principal (SP) y se ubica dependiendo de su masa. Las masivas están arriba, y las de baja masa abajo. Dependiendo de la masa que tenga la estrella, esta evolucionará rápido (millones de años) o lento (miles de millones). Las estrellas evolucionadas de baja terminan sus días como enanas blancas (parte baja izquierda), mientras que las masivas morirán como supernovas dejando una estrella de neutrones o un hoyo negro en su núcleo.

---

