

Una de las pasiones de los astrónomos

El nacimiento de las estrellas

Doctor Luis F. Rodríguez
Director del Centro de Radioastronomía
y Astrofísica / UNAM / Morelia, Michoacán

¿ Por qué preocuparnos por entender a las estrellas? Para empezar, porque la vida en la Tierra existe gracias al calor y a la energía que nos llega de una estrella, el Sol. Nuestro Sol es una estrella típica, ni muy grande ni muy pequeña, pero, como veremos, en el espacio existen estrellas mucho más pequeñas y también mucho más grandes que el Sol.

Las estrellas son gigantescas bolas de gas, de forma esférica, en cuyas partes centrales se dan condiciones de presión y temperatura lo suficientemente elevadas para que ocurran reacciones termonucleares.

Estas reacciones producen grandes cantidades de energía, que se transporta hasta la superficie de las estrellas para producir la luz que las caracteriza.

NUESTRO VIEJO SOL

Las estrellas no han existido desde siempre. Se formaron en el pasado. En el caso de nuestro Sol, hace aproximadamente unos 4 mil 700 millones de años. Afortunadamente, el proceso de formación de las nuevas estrellas se sigue dando en el espacio, de modo que podemos estudiar el fenómeno en la actualidad. Esto contrasta con otros procesos astronómicos, como la formación de las galaxias (que son estructuras que contienen muchas estrellas y mucho gas y polvo cósmicos), y que ya no ocurren en el presente.

En lo que más se ha avanzado es en entender la formación de las estrellas de tipo solar, posiblemente porque son abundantes y relativamente brillantes. Este proceso se da en el interior de unas grandes nubes de gas y polvo cósmico, que existen en ciertas partes del espacio. Estas grandes nubes contienen cientos y a veces miles de veces la masa del Sol, y por lo tanto la materia prima está ahí disponible.

Pero como las estrellas son cuerpos mucho más compactos y densos que estas nubes, necesitamos de un mecanismo que comprima la nube (o una parte de ella) hasta transformarla en estrella. Después de todo, **la formación de una estrella es básicamente la contracción por un factor de millones o más de la tenue nube cósmica hasta condensarla en una estrella.**

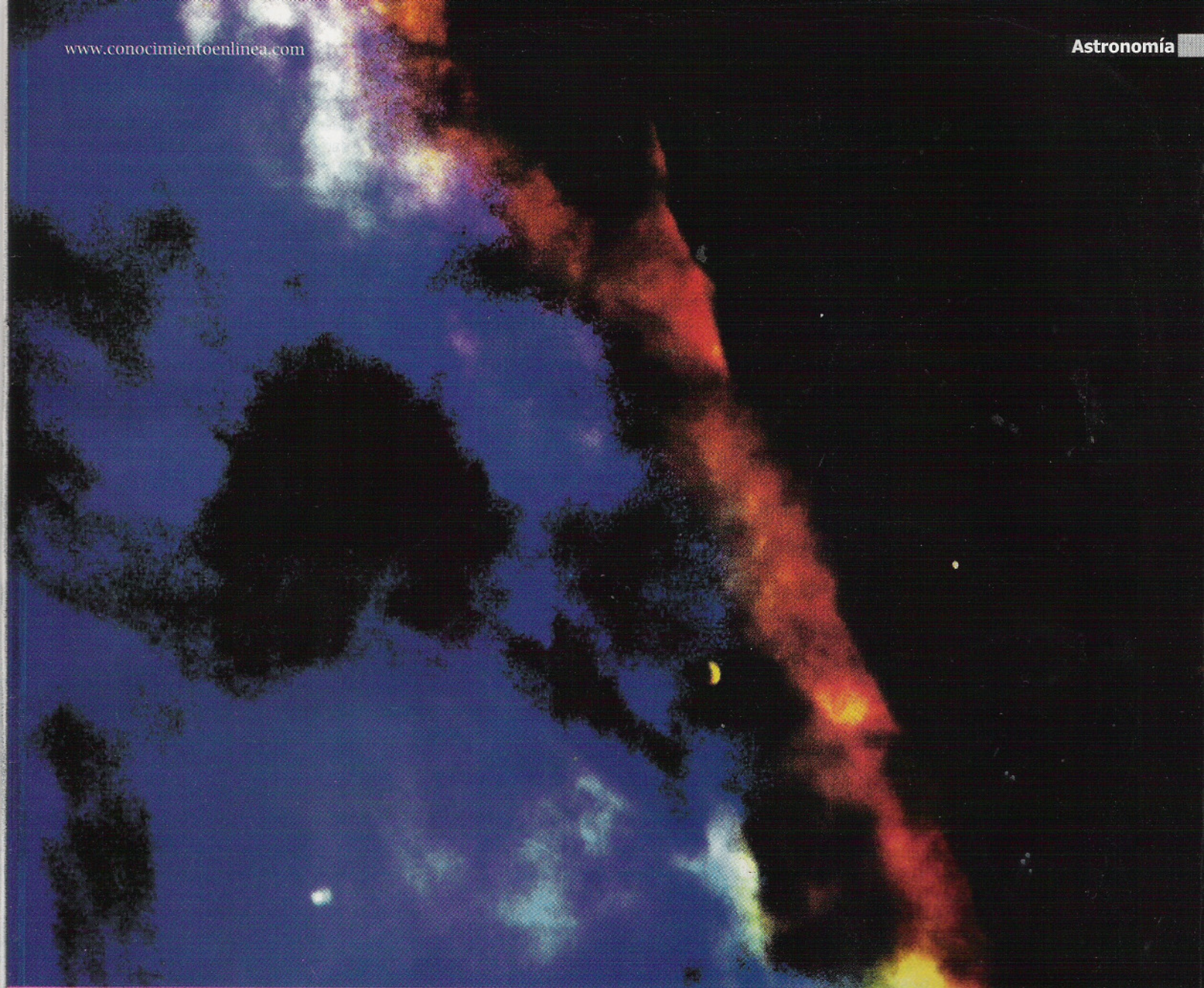
En este proceso de contracción, la fuerza de gravedad es la que juega el papel más importante. Esta fuerza es de naturaleza atractiva y trata siempre de acercar

a las cosas entre sí. En una nube, sin embargo, hay otras fuerzas, como la producida por los campos magnéticos, que actúan de manera repulsiva y contrarrestan el efecto de la fuerza de gravedad. En condiciones normales, una nube está en equilibrio, con la gravedad contrarrestada por el campo magnético de la nube y por la presión debida al movimiento de las partículas que forman la nube.

Si este equilibrio persistiera, la nube no cambiaría su tamaño y nunca se formarían estrellas a partir de ella. Afortunadamente (porque si no fuese así, no estaríamos aquí para contarlo), las fuerzas que contrarrestan la gravedad se debilitan y la gravedad gana finalmente la batalla, comenzando a comprimir la nube. No se sabe en detalle cómo ocurre esto, o siquiera si ocurre de manera paulatina o abrupta.

FORMACIÓN DE UNA ESTRELLA

Lo que sí se sabe es que la formación de la nueva estrella no ocurre de manera esférica, sino que la rotación que generalmente tienen estas nubes provoca la formación de un núcleo (que acabará siendo el Sol y al que llamaremos protoestrella), rodeado de un disco (del cual se formarán los planetas). El gas de la nube no cae directamente en el núcleo,



sino en el disco, de donde va moviéndose alrededor de la estrella. Pero, cuando algo gira, aparece una especie de fuerza, la fuerza centrífuga, que hace que las cosas se quieran alejar del centro de giro (esto es lo que aprovecha alguien que trata de hacer una pizza, dándole vueltas en el aire para que se extienda y se haga más grande).

Este efecto produce que el gas ya no caiga de manera directa en la protoestrella, sino que se asiente a su alrededor, formando un disco delgado y en rotación. **Este gas permanecería ahí y no se daría la formación de la estrella, que necesita ganar masa para llegar al valor mínimo, como de una décima de la masa del Sol, que le permitirá tener**

procesos termonucleares de manera sostenida. Afortunadamente, hay otro proceso de la naturaleza, que se encarga de permitir que el gas que cae primero en el disco, vaya después cayendo en espiral hacia la protoestrella.

Para que el gas que gira alrededor de la protoestrella caiga en ella y la "engorde", es necesario que se deshaga de buena parte de su giro o, como se dice técnicamente, de su momento angular. La manera en que esto sucede permaneció como un enigma hasta la década de los 80, en la que varios grupos de astrónomos (entre ellos uno mexicano), descubrieron que las estrellas jóvenes expulsan al espacio circundante parte del gas que les está cayendo de

los alrededores. Estas expulsiones (o eyecciones, como también se les llama en la literatura), se llevan el momento angular para permitir que el gas caiga en la protoestrella y la haga crecer.

VIOLENTAS EXPULSIONES DE GAS

Estas expulsiones de gas ocurren a gran velocidad, cientos de kilómetros por segundo, y producen fenómenos muy vistosos en los alrededores de la protoestrella. También se sabe que las expulsiones ocurren preferentemente en la forma de dos chorros que se mueven en dirección opuesta y que son muy colimados (o sea, que permanecen moviéndose en una dirección, como el agua que sale de una manguera). **Los llamados Objetos Herbig-Haro,**

descubiertos en la década de los 50 por el estadounidense George Herbig y el mexicano Guillermo Haro y que permanecieron sin ser entendidos por varias décadas, son una de las manifestaciones de estas eyecciones de gas, que al chocar con nubes que existen en el espacio, donde se forman las estrellas, producen calentamiento del gas y emisión de radiación. Estas expulsiones también producen arrastramiento del gas molecular que hay en los alrededores, produciendo los llamados flujos moleculares.

¿Cómo se produce la expulsión de parte del gas? Aún no lo sabemos bien, pero se especula que estos discos contienen campos magnéticos que giran junto con el disco y actúan como hondas, como catapultas que lanzan el gas al exterior. Pero la mayor parte del gas que llega al disco (se estima que un 90 por ciento) acaba cayendo en la protoestrella, mientras que un porcentaje mucho menor (del orden del 10 por ciento) es expulsado espectacularmente al espacio. Se tiene bastante confianza de que son los discos los que producen las expulsiones de gas, porque siempre que hay este tipo de expulsiones, el objeto central cuenta con un disco. Se dice que el disco y el chorro tienen una relación simbiótica (se benefician el uno del otro). El chorro extrae energía y momento angular del disco, y el gas en el disco puede continuar su caída hacia la estrella gracias a esto.

En el caso de las protoestrellas, el disco tiene otro papel, que, desde el punto de vista humano, es sumamente importante. Es del material de este disco del cual se forman los planetas y dentro de ellos (al menos en el caso de la Tierra), nosotros.

EL POLVO CÓSMICO

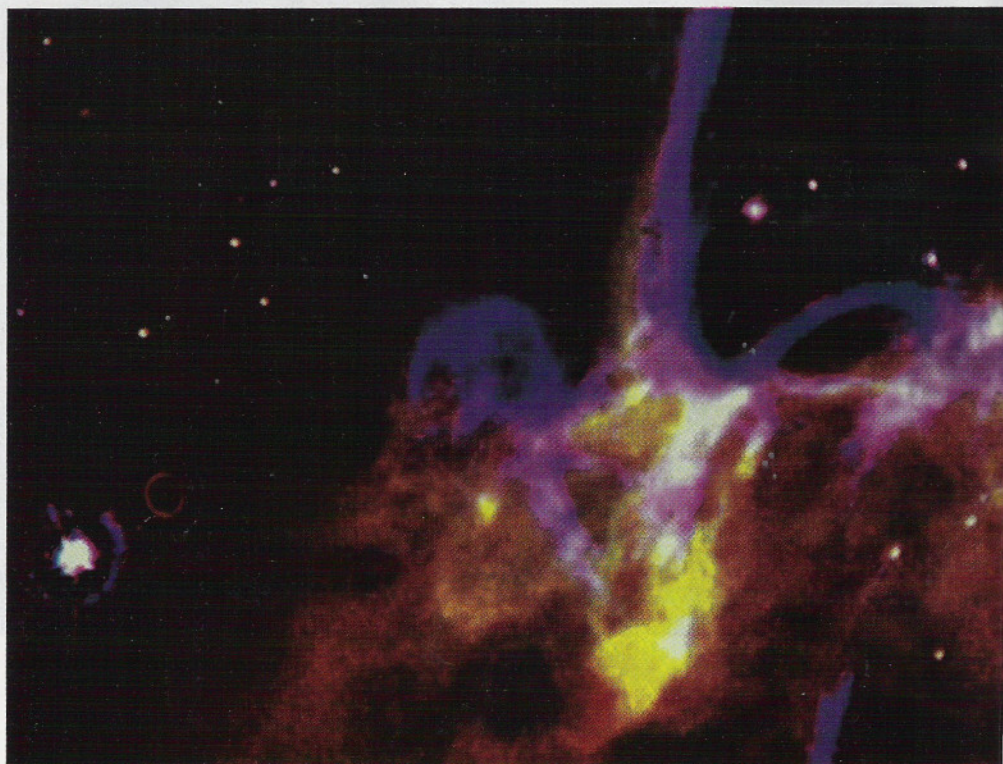
¿Cómo ocurre esto? Con el paso del tiempo, las expulsiones de gas desaparecen, y el gas en el disco permanece girando alrededor de la estrella. A estas alturas, la antigua protoestrella ha ganado suficiente masa para merecer el título de estrella. Junto con el gas en el disco, hay otro componente importante que los astrónomos llamamos "Polvo Cósmico". En el espacio entre las estrellas, que es muy tenue, este polvo está constituido por partículas microscópicas, con tamaño del orden de 0.1 micrómetros.

Pero en las grandes densidades que caracterizan al disco protoplanetario, estas partículas de polvo comienzan a chocar entre sí y a "pegarse" las unas con las otras, formando cuerpos cada vez más grandes. De los granos de polvo se forman granos mayores. Éstos, a su vez, se juntan para formar pedruzcos, y así sucesivamente, hasta que se forman cuerpos de kilómetros (que corresponden a los asteroides y cometas) y finalmente a los mismos planetas.

LA FORMACIÓN ESTELAR: UNA INCÓGNITA

Es tentador extrapolar y proponer que todas las estrellas, no sólo las de

es que la estrella, al crecer, se hace tan luminosa, que su misma luz detiene la caída de gas adicional y en principio la estrella no debería crecer más allá de 10 veces la masa del Sol. Pero sabemos que existen estrellas tan pesadas como 100 veces la masa del Sol. Se ha especulado que quizá es necesario formar muchas estrellas, cada una con 10 veces la masa del Sol, y luego fusionarlas para formar una gran estrella. Pero la verdad es que este mecanismo se considera muy improbable. Así que simplemente no sabemos cómo se forman las estrellas más grandes del cielo, las luminarias más espectaculares que alumbran el espacio.



tipo solar, se forman mediante este mecanismo. Pero la verdad es que no estamos seguros de que éste sea el caso, y esta incógnita constituye una de las siguientes fronteras en el tema de la formación estelar, a cuya solución estamos abocados muchos astrónomos y en la que de nuevo los grupos mexicanos juegan un papel internacional destacado.

Para formar una estrella que tenga unas 100 veces la masa de Sol, necesitamos que el núcleo protoestelar vaya creciendo más y más. Pero el problema que tenemos

Igualmente, tenemos problemas para entender cómo se forman las estrellas muy pequeñas, de muy baja masa. Más aun, como parte de los estudios astronómicos, se ha descubierto que existen unos cuerpos de masa tan baja, que no podemos llamarlos estrellas, pero que rebasan con mucho las masas de los planetas, de modo que podemos pensar en ellos como unos cuerpos que se hallan entre las estrellas y los planetas. Se trata de las llamadas "Enanas Marrón", que tienen masas entre 0.01 y 0.1 veces la masa del Sol. Estos cuerpos no pueden ser considerados

planetas, porque sí logran encender procesos termonucleares en su interior, pero tampoco se les considera estrellas, porque estos procesos duran muy poco (sólo están presentes al principio de la vida de la Enana Marrón) y luego se apagan, dejando a la Enana Marrón como si fuera un planeta gigantesco, ya sin producir energía propia.

¿Se forman las Enanas Marrón como estrellas (o sea, como un núcleo protoestelar) o como planetas (o sea, en un disco alrededor de dicho núcleo)? Tenemos problemas bajo cualquiera de las dos suposiciones. Si se forman como una estrella normal, se sabe que

llevado a avanzar notablemente en nuestro entendimiento de la formación del Sol y de todo nuestro Sistema Solar. Ahora queremos entender mejor cómo se forman todas las estrellas, ya no sólo las de tipo solar, sino también irnos a los extremos y entender el nacimiento de las pequeñas estrellas y de las grandes estrellas.

¿CÓMO SE FORMARON LAS PRIMERAS ESTRELLAS?

La otra gran frontera en el área de la formación estelar la constituye el entendimiento de cómo se formaron las primeras estrellas en el Universo. En el pasado muy remoto, el Universo estaba

caliente pequeñas variaciones (del orden de una parte en 100 mil) que luego se amplificarían para formar galaxias y, como parte de ellas, estrellas. Pasado como un millón de años del origen, en estas regiones más densas (una de ellas sería nuestra propia galaxia, la Vía Láctea) se comenzaron a formar por la contracción que produce la fuerza de atracción de la gravedad, las primeras estrellas.

Estas estrellas debieron ser muy distintas a las que ahora existen, porque se formaron del gas original que existía en el Universo, de hidrógeno y helio. Se cree que fueron estrellas con mucha más masa (materia) que las que se forman ahora. En su interior, los átomos originales de hidrógeno y helio se fueron fusionando para formar carbono, nitrógeno, oxígeno, y los otros elementos químicos que ahora conocemos. Luego, después de unos cientos de miles de años de formadas, estas estrellas explotaron, mandando al espacio aquellos elementos químicos indispensables para la vida. Ya en el espacio, el gas expulsado en estas explosiones se mezcló con el gas ahí existente, de modo que las siguientes generaciones de estrellas se formaron de un gas "enriquecido", ya con elementos químicos diversos, superando la monótona composición química de hidrógeno y helio que caracterizó al Universo joven.

Pero nadie ha podido comprobar estas hipótesis, porque esta primera generación de estrellas ocurrió en el pasado muy remoto, que en astronomía quiere decir muy lejos, porque la luz que nos llega de los cuerpos muy lejanos nos trae información del pasado remoto. Se planean en la actualidad distintas observaciones que nos permitan entender cómo fueron esas primeras estrellas.

La formación de las estrellas es uno de los procesos fundamentales para el astrónomo. Junto con las estrellas se forman los planetas. Durante sus largas vidas producen luz que baña sus alrededores. Finalmente, las estrellas, al morir, devuelven al espacio parte de su gas, pero con la composición química cambiada por los procesos termonucleares que ocurren en el interior de la estrella. Sin las estrellas, el Universo sería mucho menos interesante.

hay en general disponible mucho más material que el que forma a una enana marrón. ¿Por qué, entonces no siguen creciendo (acumulando masa) hasta llegar a ser una estrella normal? Quizá algo trunca su crecimiento, pero no sabemos a ciencia cierta qué es. Por otro lado, si se forman como planetas, ¿por qué las encontramos también libres en el espacio y no sólo alrededor de una estrella normal (como ocurre en el caso de los planetas)?

El estudio de la formación y evolución de las estrellas de tipo solar nos ha

constituido por un gas muy homogéneo, igual en todas partes y sin estructuras evidentes en él. La radiación cósmica de fondo nos trae información de cómo era el Universo a sólo 300 mil años de su origen (recordemos que el Universo tiene ahora 14 mil 700 millones de años de formado, de modo que la radiación cósmica de fondo nos trae información de hace 14 mil 400 millones de años).

Entonces el Universo era muy uniforme y no había estructuras como estrellas o planetas (mucho menos seres vivos). Pero ya estaban presentes en aquel gas

