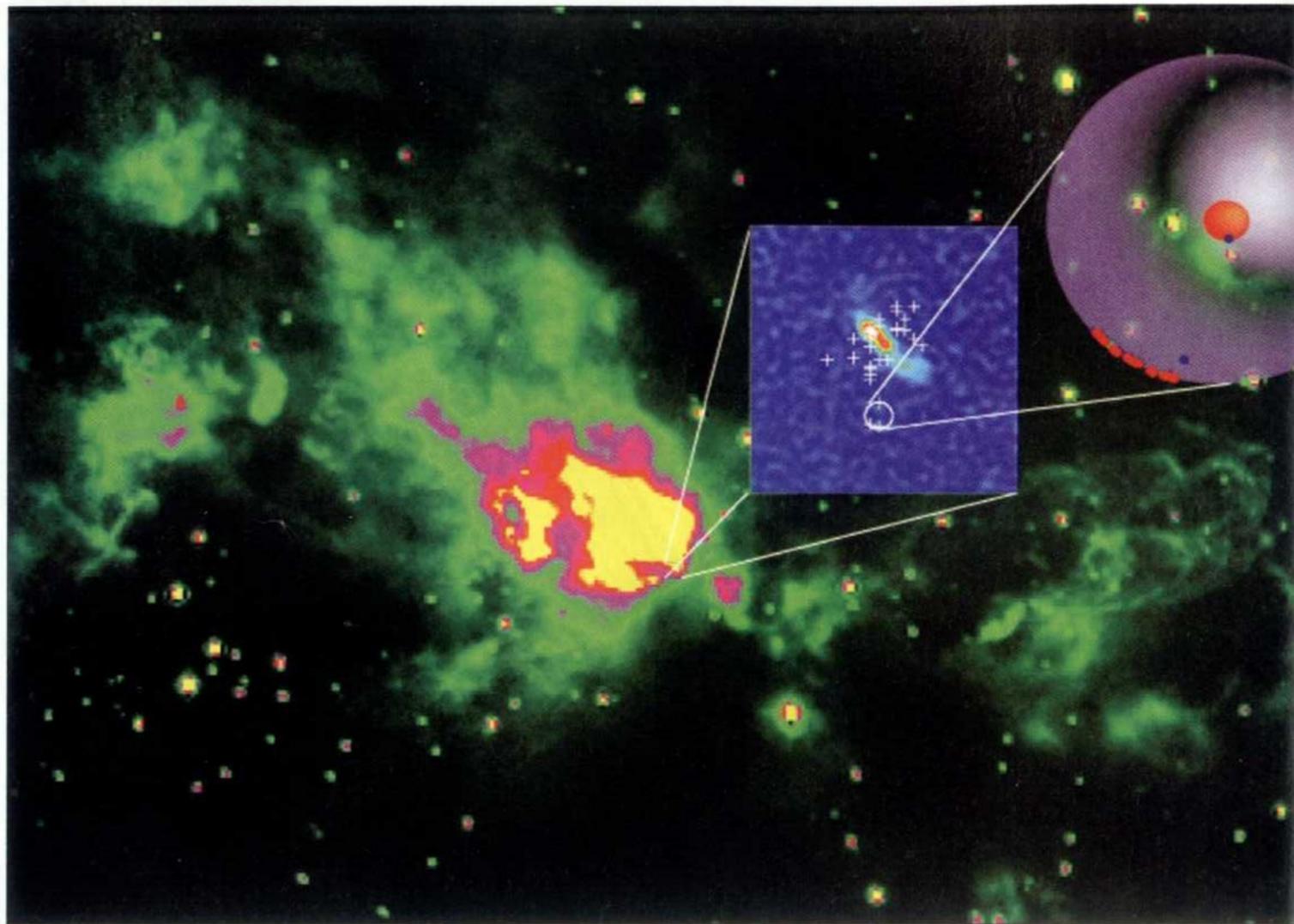


Figura 1. Imagen de la emisión infrarroja de la nube de gas y polvo en Cefeo detectado por el equipo de investigación recientemente. La primera ampliación muestra el detalle de uno de estos embriones estelares (la estructura brillante y alargada que puede apreciarse en el centro), rodeada por focos con fuerte emisión de vapor de agua (indicados con cruces). La segunda ampliación de la imagen muestra la representación del lugar donde se encuentra el enigmático embrión estelar que ha producido a su alrededor la burbuja de vapor de agua. En el centro de la burbuja se representa el embrión estelar, detectado en frecuencias radio.

Josep M. Trigo i Rodríguez

Astrofísico, profesor asociado del Depto. Ciencias Experimentales, Universidad Jaume I.



El agua también presente en el origen de las estrellas

Los primeros balbuceos estelares

Josep M. Trigo i Rodríguez

Investigadores españoles se apuntan el descubrimiento de una inmensa burbuja esférica de agua en el seno de una nube molecular. Tal fenómeno nunca antes observado estaría asociado al nacimiento y emisión de volátiles producido por la presión de radiación luminosa de una estrella en formación, presente en el mismo seno de esta nube molecular.

En mayo de 2001 se publicó en la prestigiosa revista *Nature* un importante descubrimiento de los procesos de barrido de elementos que transcurren en las primeras fases evolutivas de las estrellas jóvenes, cuando colapsan en el seno de inmensas nubes de gas. El descubrimiento, realizado por un equipo liderado por tres españoles Josep Maria Torrelles (IEEC/CSIC), José Francisco Gómez (LAEFF/INTA) y Guillem Anglada (IAA/CSIC) relata la detección de una burbuja de agua perfectamente esférica en expansión desde una joven estrella, un fenómeno no observado con anterioridad.

El nacimiento de las estrellas acontece en regiones nebulares de la galaxia, la mayoría de tan alta densidad que la luz estelar no

puede penetrar en ellas por lo que se forman todo tipo de moléculas, algunas de gran complejidad. Por ello estas inmensas nebulosas se suelen denominar nubes moleculares. Debido a la gravedad a la que está sometida la materia en la nube puede producirse el colapso de una determinada región para formar un embrión estelar.

El agua es una molécula omnipresente en el medio interestelar y muy abundante en nubes moleculares

Para observar las nubes moleculares no sirven los telescopios ópticos convencionales ya que tales nubes densas de gas y polvo son opacas a la luz visible, es decir, la absorben por completo antes de que pueda salir

(o entrar) del seno de la nebulosa. Por ello deben emplearse instrumentos capaces de registrar luz en otras longitudes de onda, principalmente infrarrojo y ondas de radio. De este modo telescopios infrarrojos y radiotelescopios permiten profundizar en los secretos tan bien guardados en el interior de estas nubes. La presencia del agua en esas regiones queda caracterizada empleando la emisión rotacional de la molécula de agua que se produce en una longitud de onda de 1,35 cm. Una fuente de radio que produce este tipo de emisión se denomina MASER (acrónimo de *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Gracias al estudio de estos objetos estamos comenzando a comprender los procesos que acontecen en las primeras etapas formativas de las estrellas.

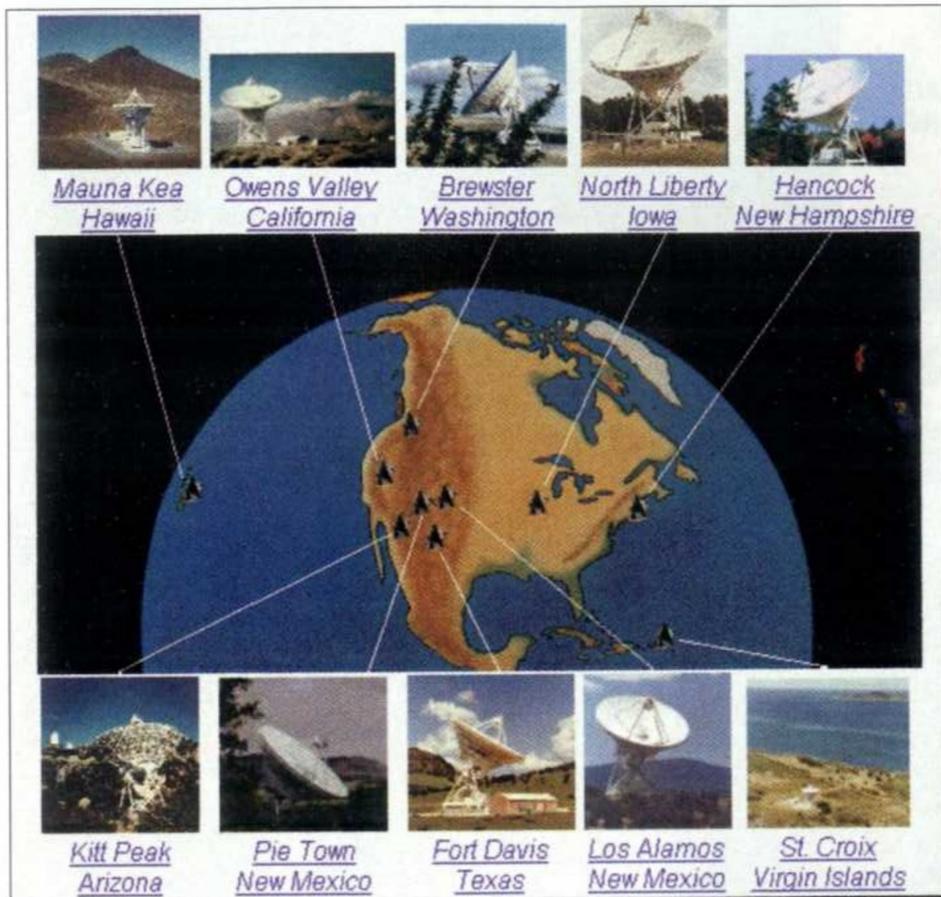


Figura 2. Esquema del interferómetro Very Large Baseline Array (VLBA) de NRAO, el de mayor resolución espacial de que se dispone, empleado por el equipo de investigación español para realizar el descubrimiento. Aparece indicada la ubicación y los nombres de los diez radiotelescopios que lo componen.

A pesar de que los embriones estelares son mucho más grandes que las estrellas, resultan muy difíciles de ver a las distancias interestelares porque se encuentran en el seno de estas densas nubes y tan sólo emiten en el infrarrojo/radio. Por ello en los últimos tiempos se han desarrollado técnicas de interferometría consistentes en reconstruir las imágenes obtenidas simultáneamente desde varios radiotelescopios con el fin de obtener una imagen mucho más detallada, tal y como hubiese sido obtenida con un instrumento tan grande como la distancia entre los radiotelescopios individuales.

Para realizar el descubrimiento de la burbuja se empleó el instrumento con mayor resolución espacial de la Tierra

Siguiendo esta idea, el equipo liderado por los tres españoles empleó para realizar sus estudios el denominado Very Large Array, un conjunto de 27 radiotelescopios situado en Nuevo Méjico y perteneciente al Observatorio Nacional de Radioastronomía (NRAO) de EUA. Apuntaron los radiotelescopios a una región de formación de estrellas situada en la constelación de Cefeo (figura 1). Uno de los primeros objetos que observaron en el seno de esa región fue la protoestrella denominada HW2, de la cual surgían dos chorros de gas

supersónicos, detectando a su alrededor emisión de vapor de agua. Con el fin de confirmar que esa protoestrella poseía un disco protoplanetario decidieron usar un interferómetro de mayor resolución denominado Very Large Baseline Array (VLBA), compuesto por diez de los radiotelescopios más grandes de la Tierra (figura 2). Este conjunto de radiotelescopios trabajando en paralelo es un proyecto de NRAO de la *National Science Foundation* de los Estados Unidos de América. Para realizar la interferometría se emplea un radiotelescopio situado en Hawaii, otro en las Islas Vírgenes y ocho más reparti-

dos por Norteamérica. Reconstruyendo la imagen conjunta proporcionada por todos ellos se consigue una resolución doscientas veces mayor que la obtenida por el Telescopio Espacial Hubble ya que el dispositivo interferométrico de VLBA simula un radiotelescopio de nueve mil kilómetros de diámetro.

La sorpresa surgió al enfocar con el complejo VLBA hacia la protoestrella HW2, encontrando un objeto totalmente inesperado: una gigantesca burbuja de agua en expansión. Ese extraño objeto se encontraba a más de cincuenta mil millones de kilómetros de la protoestrella en estudio y

Bibliografía

- Marvel K.B. 2001, «A stellar performance», *Nature* vol. 411, págs.251-252.
- Torrelles J.M. et al., 2001, «Spherical episodic ejection of material from a young star», *Nature* vol. 411, págs.277-280.
- Trigo i Rodríguez J.M. 2001, *El origen del Sistema Solar*, Editorial Complutense, Madrid.

Figura 3. La formación súbita es un proceso que acontece en gigantescas nubes moleculares. El cúmulo estelar NGC3603 (ESO).



Figura 4. Imágenes de los espectaculares chorros de materia que emiten estrellas recién nacidas tomada por el Telescopio Espacial Hubble.

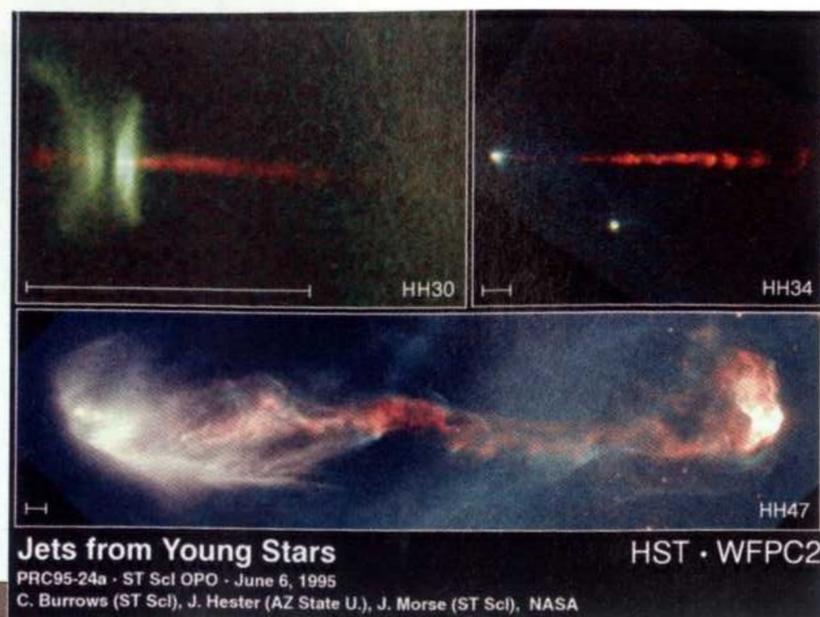


Figura 5. El VERY LARGE ARRAY (VLA) popularizado por la película *Contact* fue empleado por el equipo de astrofísicos españoles en una primera fase de su investigación.



presumiblemente estaba siendo expulsada por otra protoestrella que les había pasado desapercibida. Al estudiar las imágenes se dieron cuenta de la fascinante simetría de esa burbuja que se ajustaba casi perfectamente a una esfera. Tras tomar varias tandas de imágenes en 1996 con el VLBA las estudiaron en detalle para estimar la velocidad de expansión de esa burbuja: nada menos que 32.000 km/hora. Dado su diámetro en el momento de la observación, unos 18.000 millones de kilómetros, pudieron también calcular que la expansión de la burbuja desde la estrella progenitora había ocurrido en un tiempo enormemente breve en términos astronómicos: ¡tan solo unos 33 años! Este breve período de tiempo sorprende comparado con los millones de años característicos de los pro-

cesos posteriores de evolución estelar.

Los modelos teóricos de la evolución de protoestrellas sugieren una intensa eyección de gas durante las primeras fases evolutivas como un mecanismo clave para eliminar el exceso de momento angular que se produce como consecuencia del colapso de la nube protoestelar.

Nuevos estudios revelarán si la emisión de burbujas de gas es frecuente en las etapas formativas previas de las estrellas

Hasta la fecha se ha observado por doquier la presencia de jóvenes estrellas que expulsan intensos chorros de materia formando curiosas estructuras bipolares (véase fig. 4). Tales tipo de procesos de

emisión bipolar parece común pero no tanto una emisión perfectamente esférica. ¿Cómo puede encajar esta curiosa burbuja de agua desprendiéndose de una joven estrella? *A priori* nuestro conocimiento sobre formación estelar temprana es muy reducido y parece no encajar una estructura con tal simetría esférica. Podría ser un caso excepcional aunque del hecho de haberse observado por primera vez no se puede descartar que en realidad sea frecuente en otras nubes moleculares. En ellas el colapso gravitatorio del material previo a la formación de la protoestrella arrastra también las partículas de polvo interestelar y los volátiles que hubieran podido condensar sobre ellos debido a las bajas temperaturas reinantes: H_2O , NH_3 , CH_4 , etc... Resulta lógico pensar que e, debido a la contracción, la temperatura en el interior de la nube protoestelar comenzará a subir de manera que las partículas se calentarán conforme caen hacia el centro de la nube en colapso. Durante los primeros balbuceos estelares la estrella comenzará a brillar con profusión y como consecuencia la luz y el intenso viento estelar barrerá hacia fuera los compuestos volátiles. La detección de esta burbuja es una prueba de que la emisión de volátiles se produce en etapas muy tempranas también con una simetría esférica, muy diferente a los chorros bipolares observados en otras protoestrellas. En el futuro nuevas observaciones y modelos teóricos deberán indicar si tal fenómeno es realmente frecuente y el papel que puede desempeñar en el contexto evolutivo.

J. M. T. ■