



## Unidad de Comunicación y Cultura Científica

### Instituto de Astronomía, UNAM

#### NUEVA VISTA HACIA LA COMPOSICIÓN DEL UNIVERSO

- La temperatura de las nebulosas asociadas a la formación de estrellas no es homogénea, sino que presenta variaciones.
- Los resultados de esta investigación muestran que el Universo puede ser más rico en elementos pesados de lo que se pensaba.
- El estudio ha resuelto parte de un problema con varios años de antigüedad.

**Ciudad de México a 18 de mayo de 2023.-** La curiosidad sobre un problema que lleva 80 años de historia puede cambiar lo que entendemos de la composición química del Universo.

En una reciente investigación realizada por los astrónomos Eduardo Méndez y Kathryn Kreckel de la Universidad de Heidelberg, César Esteban y Jorge García-Rojas del Instituto de Astrofísica de Canarias y Manuel Peimbert del Instituto de Astronomía de la UNAM, muestra que la temperatura de las nebulosas asociadas a la formación de estrellas masivas (regiones H II) no es homogénea, sino que presenta variaciones, a diferencia de lo que se pensaba.

Estos resultados inciden en la resolución de la discrepancia de abundancias químicas determinadas en las regiones H II, uno de los problemas más

importantes de la astrofísica. Debido a que el estudio ha resuelto parte de un problema con varias décadas de antigüedad, el artículo fue publicado en la revista científica *Nature*, una de las más prestigiosas del mundo.

Durante los cuatro primeros minutos de la expansión del Universo se formaron el hidrógeno y el helio -los elementos más sencillos de la tabla periódica-. Los demás elementos se formaron después, a través de la vida y muerte de las estrellas. Por ello, la estimación de la abundancia de los elementos más pesados, como el oxígeno o el carbono, permite recrear la evolución química del Cosmos.

Los elementos pesados como el carbono, oxígeno y neón, producen líneas de excitación colisional (muy brillantes pero muy dependientes de la temperatura) y líneas de recombinación (muy débiles pero poco dependientes de la temperatura) en las regiones H II. Sin embargo, desde la década de los cuarenta del siglo pasado se puso de manifiesto la discrepancia entre las abundancias que se obtenían con los dos tipos de líneas. Las líneas excitadas colisionalmente reflejan abundancias de dos a cuatro veces menores que las líneas de recombinación.

Para explicar este problema, Manuel Peimbert propuso en 1967 la existencia de variaciones de temperatura dentro de las regiones H II. Bajo esta perspectiva, las líneas de excitación colisional subestimarían la abundancia real de los elementos pesados. Sin embargo, la evidencia observacional de esta idea es muy difícil de obtener porque las líneas de recombinación son extremadamente débiles.

En el nuevo estudio presentado en la revista *Nature*, fue posible analizar con una alta precisión a una muestra importante de regiones H II. Se encontró evidencia observacional de la presencia de variaciones de temperatura, concentradas en las zonas más internas de las nebulosas.

“Si tienes una estrella muy masiva con gas alrededor, en caso de que esta estrella emita chorros de gas o vientos, la zona más afectada será la más cercana a la estrella y en consecuencia ahí se encontrarán inhomogeneidades de temperatura mayores”, mencionó Eduardo Méndez.

Los resultados de esta investigación muestran que el Universo es más rico en elementos pesados de lo que se pensaba. Esto incide directamente en las ideas que tenemos sobre la evolución química de las galaxias, tema en el que la investigadora Kathryn Kreckel es experta.

### **¿De dónde vienen estos elementos?**

“Si quieres hacer tu árbol genealógico pones a los papás, abuelos, tatarabuelos, y si te vas más para atrás, vas a poner una nebulosa planetaria por aquí y una supernova por allá, ya que estos objetos formaron los elementos químicos que hay que nuestro cuerpo”, comentó el Dr. Peimbert.

Además, mencionó que todos los elementos químicos del Universo vienen de las nebulosas planetarias y supernovas -a excepción del hidrógeno y helio primordiales que surgieron durante la Gran Explosión-, por ello, considera importante el estudio de la composición química del Universo. “Si no hubiera sido por la formación de los elementos, no estaríamos aquí”, agregó.

### **Detrás del trabajo**

Tras una obligada cuarentena luego de enfermarse de COVID, Eduardo Méndez se puso a pensar en el tema de las variaciones de temperatura, el cual conocía desde que colaboraba con Manuel Peimbert. “Me puse a trabajar un poquito sin intención de nada (...) no pensé que fuera a solucionar algo, sólo trataba de entender el problema y creí que no encontraría nada y seguiría con mi día normal”, agregó. Sin embargo, en diciembre del mismo año, pocos días después de Navidad, se encontraba en casa de Manuel Peimbert, discutiendo nuevos hallazgos.

“No sólo hay que pensar en producir, hay que dejar un espacio para divagar en las ideas sin ningún tipo de atadura ni perspectiva de recompensa. Hay que seguir la curiosidad de entender la naturaleza, eso generalmente da ideas originales y te lleva a resultados inesperados”, enfatizó Eduardo Méndez.

Para entender el pasado y el futuro del Universo se debe observar a las estrellas y las nebulosas y determinar las abundancias de los elementos que las componen, ya que de ellos está compuesta la materia que forma todo lo conocido dentro y fuera del planeta Tierra.

### **Artículo científico en Nature**

[Temperature inhomogeneities cause the abundance discrepancy in H II regions](#)

**Autores:** [J. Eduardo Méndez-Delgado](#), [César Esteban](#), [Jorge García-Rojas](#), [Kathryn Kreckel](#) & [Manuel Peimbert](#)

---

### **Sobre el IA-UNAM**

El Instituto de Astronomía (IA) de la UNAM es la institución encargada de la investigación en astrofísica más antigua del país. Forma parte de la mejor universidad de México, una universidad pública que cuenta con más de 360,000 estudiantes. Los objetivos de IA son realizar investigación en astrofísica, desarrollar instrumentación astronómica, así como formar recursos humanos de alta calidad en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado. El IA realiza también difusión y divulgación de la astronomía y de la ciencia en general. El IA tiene adscritos el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir en Baja California (OAN-SPM) y el Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla en Puebla (OAN-T). Para obtener más información visite <http://www.astrocu.unam.mx> o escriba a [uc3@astro.unam.mx](mailto:uc3@astro.unam.mx).

## Contacto para medios

Unidad de Comunicación y Cultura Científica, Instituto de Astronomía, UNAM

Mtra. Brenda C. Arias Martín | edición, medios de comunicación // [bcarias@astro.unam.mx](mailto:bcarias@astro.unam.mx)

Ana Luisa Pérez Sánchez | Redacción

## Imágenes:



**Pie de imagen:** NGC 6888 es una nebulosa creada a partir de procesos de retroalimentación estelar asociados a una estrella Wolf-Rayet galáctica y presenta las inhomogeneidades de temperatura más altas del estudio. Esto indica que fenómenos como las eyecciones de material estelar y los choques con el gas circundante pueden ser muy importantes en el calentamiento inhomogéneo del gas en las regiones de formación estelar.

**Descripción de la figura:** Combinación de imágenes obtenidas con filtros H $\alpha$  y [O III] de NGC 6888, nebulosa anular asociada a una estrella Wolf-Rayet galáctica (Daniel López, IAC/INT).