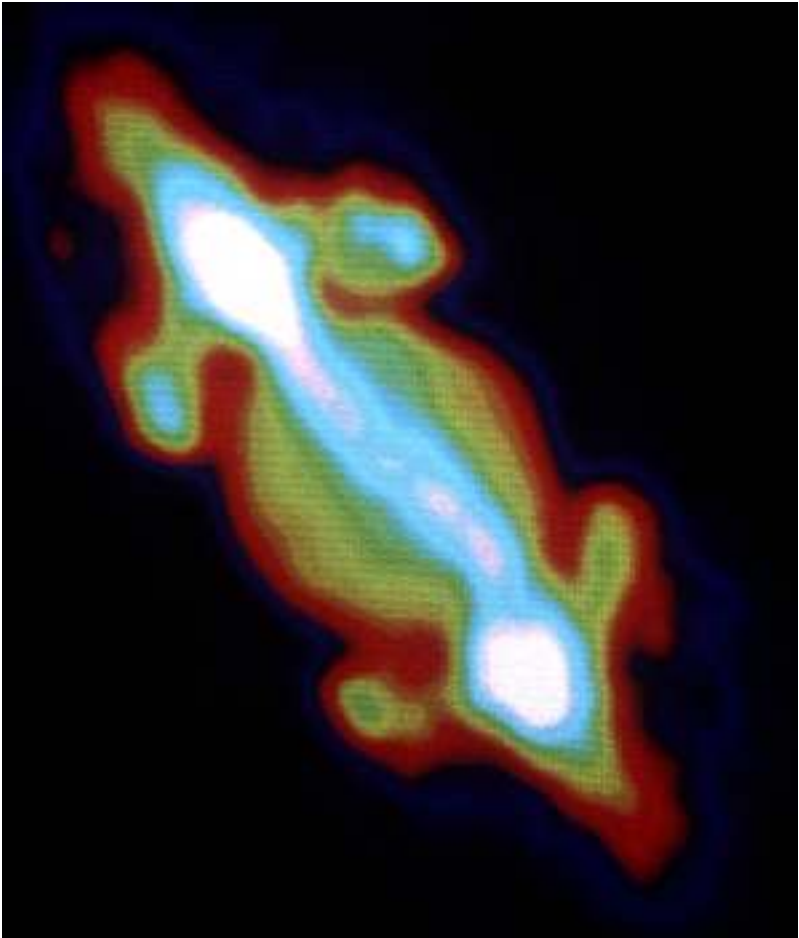


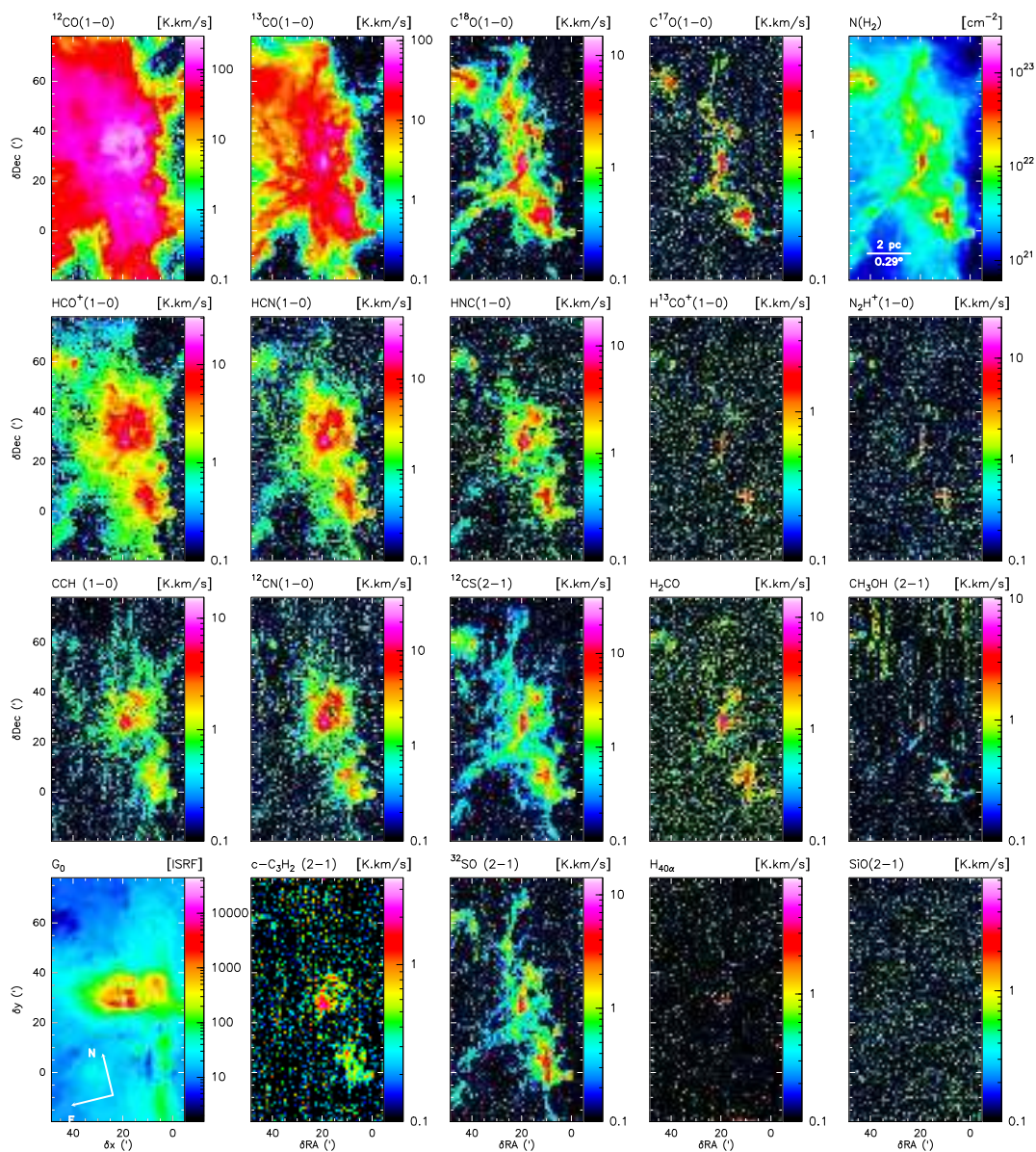
El Universo en mi bolsillo



Radioastronomía



Laurent Pagani
CNRS & Observatoire de
Paris-PSL



Una región de formación estelar en Orión rastreada en ondas de radio emitidas por diferentes moléculas (CO, HCO+, HCN, N2H+, C2H, CN, CS,... en falsos colores).

Crédito P. Gratier et al. 2021.

La luz es el más rico de los cinco mensajeros celestes (tuimp 43).

Durante mucho tiempo, toda la astronomía se basó en lo que el ojo podía ver, es decir, en las cosas que emiten luz visible, en particular, las estrellas.

¿Existen otros cuerpos celestes en el Universo aparte de las estrellas?

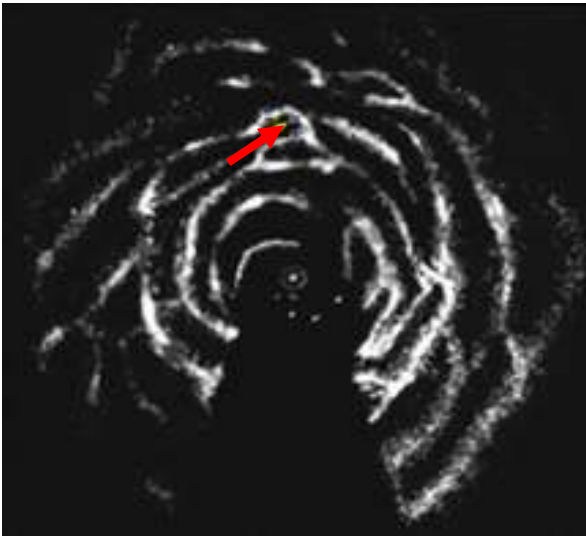
¿Objetos que no emiten en el visible sino en otras longitudes de onda? ¿Por ejemplo, en ondas de radio?

Ahora sabemos cómo construir telescopios especializados para detectar ondas de radio (tuimp 45).

Así es como la radioastronomía, que data de hace menos de un siglo, nos ha revelado mundos inesperados y fascinantes. Este folleto presenta algunos ejemplos. (Véase también el tuimp 31 que presenta un fenómeno de radio espectacular: la emisión de púlsares, que son una clase de estrellas de neutrones).



Emisión de hidrógeno neutro de la galaxia espiral M74 (en falsos colores). Crédito Walter et al. NRAO.



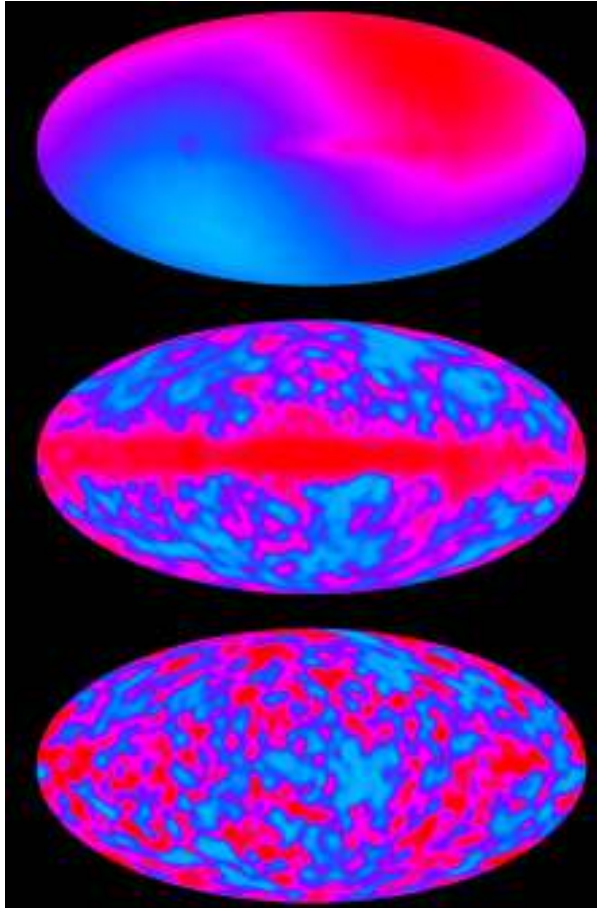
Emisión de hidrógeno neutro de la Vía Láctea, mostrando sus brazos espirales por primera vez. La flecha muestra la posición del Sol. (crédito J. Oort y WSRT)

El átomo de hidrógeno

La longitud de onda de los fotones es inversamente proporcional a su energía y no depende del tamaño del emisor.

Por ejemplo, el átomo de hidrógeno, aunque muy pequeño (10 mil millones de ellos alineados forman una línea de 1 metro de largo), emite una señal a 21 cm de longitud de onda. El hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo (10 veces más abundante que el helio y 2000 veces más que el oxígeno) y se encuentra en todas partes. Rastrea galaxias desde los primeros tiempos hasta el presente.

Observando líneas espectrales (ver tuimp 30) en radio, podemos usar el efecto Doppler para medir la velocidad radial de sus emisores. Modelando la relación entre velocidad y distancia, podemos cartografiar la estructura espiral de la Vía Láctea y medir la rotación de otras galaxias.

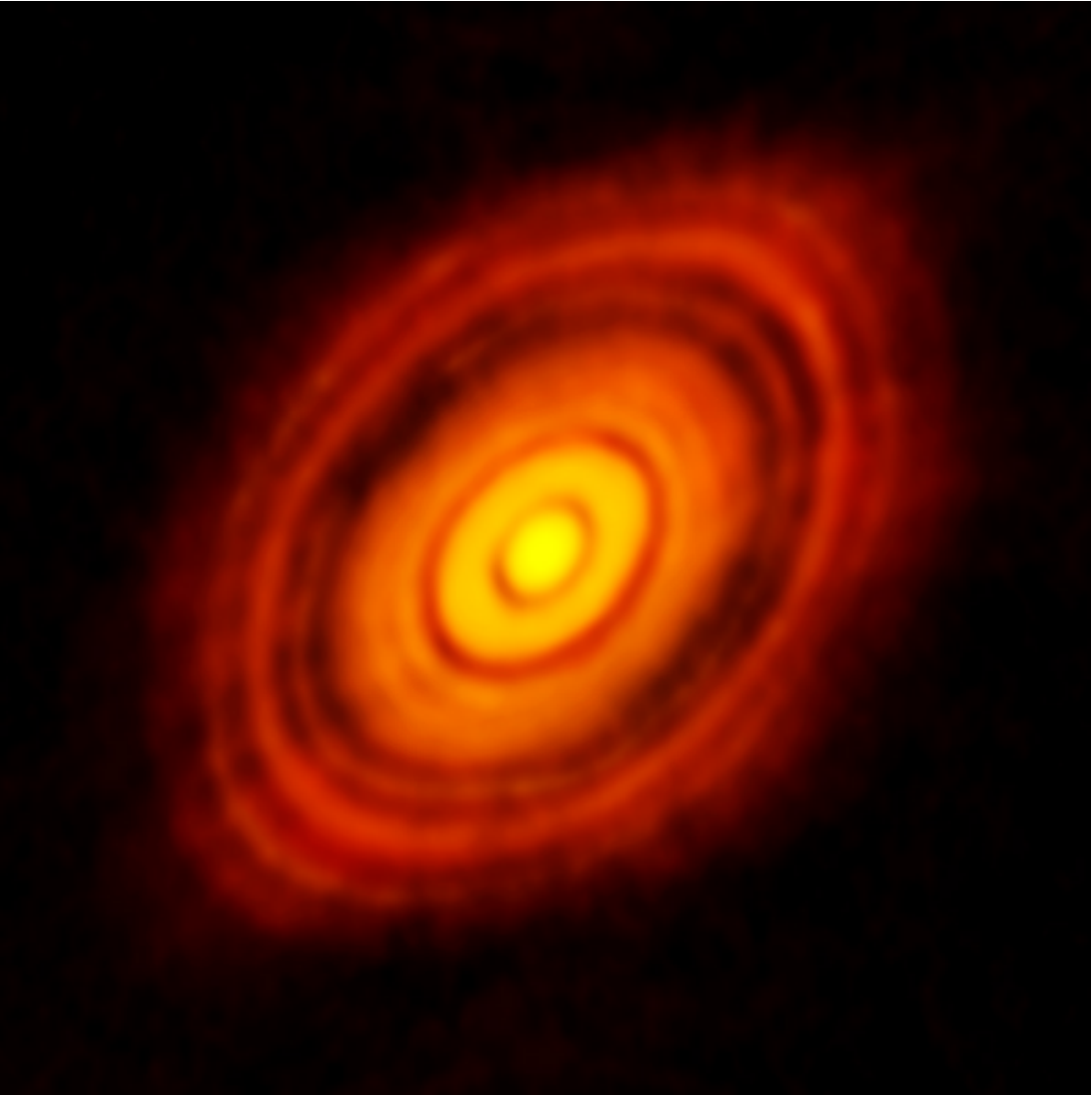


El cielo visto en radio a 53 GHz por el satélite COBE. Arriba, la radiación cosmológica a 2.72 Kelvin (muy cerca del cero absoluto), azulada en la dirección del movimiento de la Vía Láctea. En el medio, las fluctuaciones residuales cuando se elimina el efecto de este movimiento. Nuestra Galaxia (en rojo) domina. Abajo, lo mismo, pero restando nuestra Galaxia. Las imágenes están en falsos colores. (Crédito NASA)

El 'fondo cosmológico' de radio

El Universo apareció hace 13.8 mil millones de años. Era muy denso y caliente e inmediatamente comenzó a expandirse (ver [tuimp 12](#)).

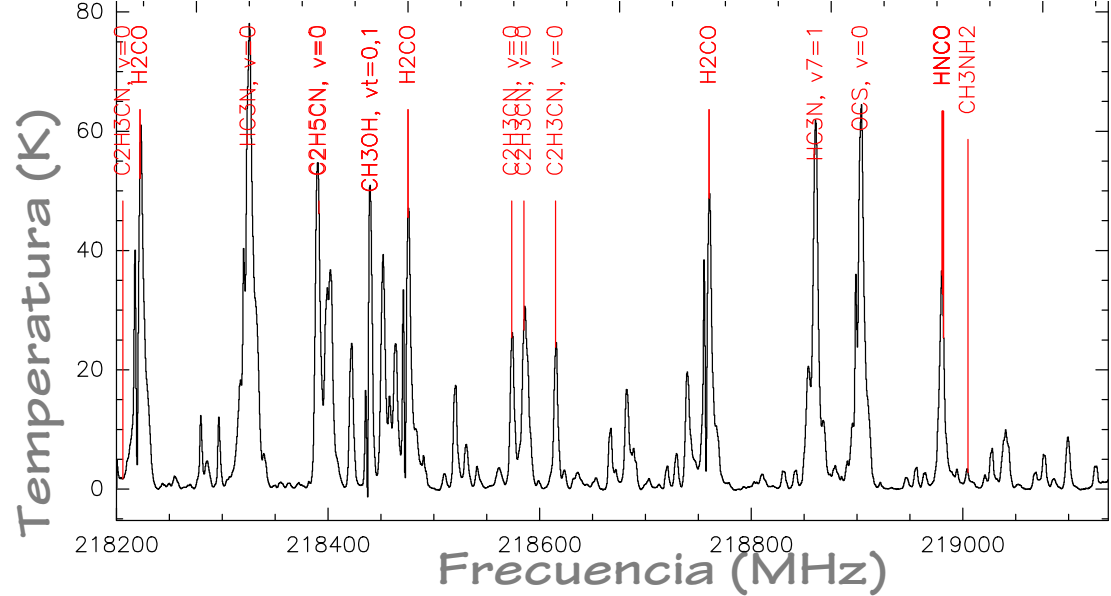
Desde entonces, la energía que contenía se ha diluido en un volumen cada vez mayor y la luz muy energética del principio ha dado paso a una radiación a 2.72 Kelvin. Esta radiación muy fría solo es visible por su emisión isotrópica en radio. El movimiento de la Tierra, del Sol y de nuestra Galaxia desplaza su frecuencia aparente hacia el azul en la dirección en la que nos movemos y hacia el rojo en la dirección opuesta. Medir este desplazamiento nos permite conocer nuestra dirección y velocidad general de movimiento, que es de 600 km/s (la Tierra se mueve a 30 km/s alrededor del Sol). Las fluctuaciones residuales en la radiación de fondo cósmico revelan los embriones de las grandes estructuras que se han formado en el Universo.



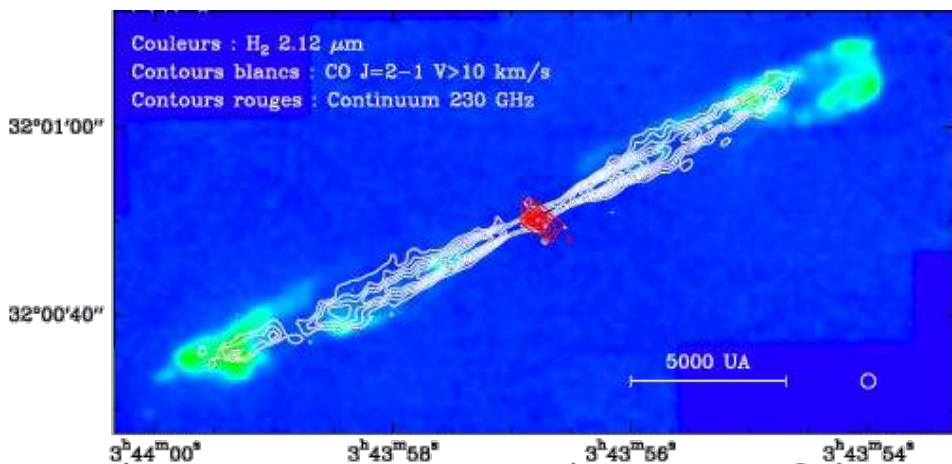
El disco de la estrella T Tauri, que es una estrella en proceso de formación, es rico en polvo y gas. Aquí hay una imagen en radio que muestra anillos de polvo, separados por surcos donde los planetas están en proceso de formación (falsos colores).

El polvo

Cualquier cuerpo que no esté en el cero absoluto emite radiación cuya intensidad y 'color' dependerán principalmente de su temperatura. La superficie del Sol, a unos 5500°C , brilla en amarillo, el cuerpo humano, a 37°C , brilla en infrarrojo a una longitud de onda de $10\text{ }\mu\text{m}$ (visible de noche con gafas infrarrojas). Todo el polvo interestelar brilla. Si los granos están muy fríos, solo brillarán en el infrarrojo lejano o en radio. Así es como podemos estudiar nubes oscuras extremadamente frías (a 10 Kelvin). Cuando las estrellas se forman en estas nubes, aparece un disco de polvo y gas a su alrededor, con surcos visibles: estos son planetas en proceso de formación, que recogen el material a lo largo de sus órbitas, dejando carriles libres de polvo.



Líneas de emisión de moléculas en la nebulosa de Orión. Cada pico indica la presencia de una molécula (se etiquetan algunos ejemplos). Crédito L. Pagani.



Emisión en radio de la molécula de CO (en blanco) en los chorros salientes de una protoestrella. Los contornos rojos muestran la emisión de polvo caliente, como en el sistema T Tauri (falsos colores).

Moléculas

Los átomos solo emiten luz cuando sus electrones cambian de nivel de energía (excepto el hidrógeno). Estos cambios liberan mucha energía y generalmente emiten en el visible, infrarrojo cercano o ultravioleta. Las moléculas, formadas por varios átomos (al menos dos, como CO, monóxido de carbono, o tres, como H₂O, agua), también pueden vibrar o rotar sobre sí mismas. Esta rotación requiere muy poca energía y los cambios de nivel de energía emiten luz en forma de ondas de radio. Así hemos podido detectar más de 300 moléculas diferentes en el Universo.

Las estrellas en formación suelen emitir un par de espectaculares chorros moleculares, visibles en ciertas moléculas (CO, SO, SiO,...), que los radiotelescopios nos permiten ver.

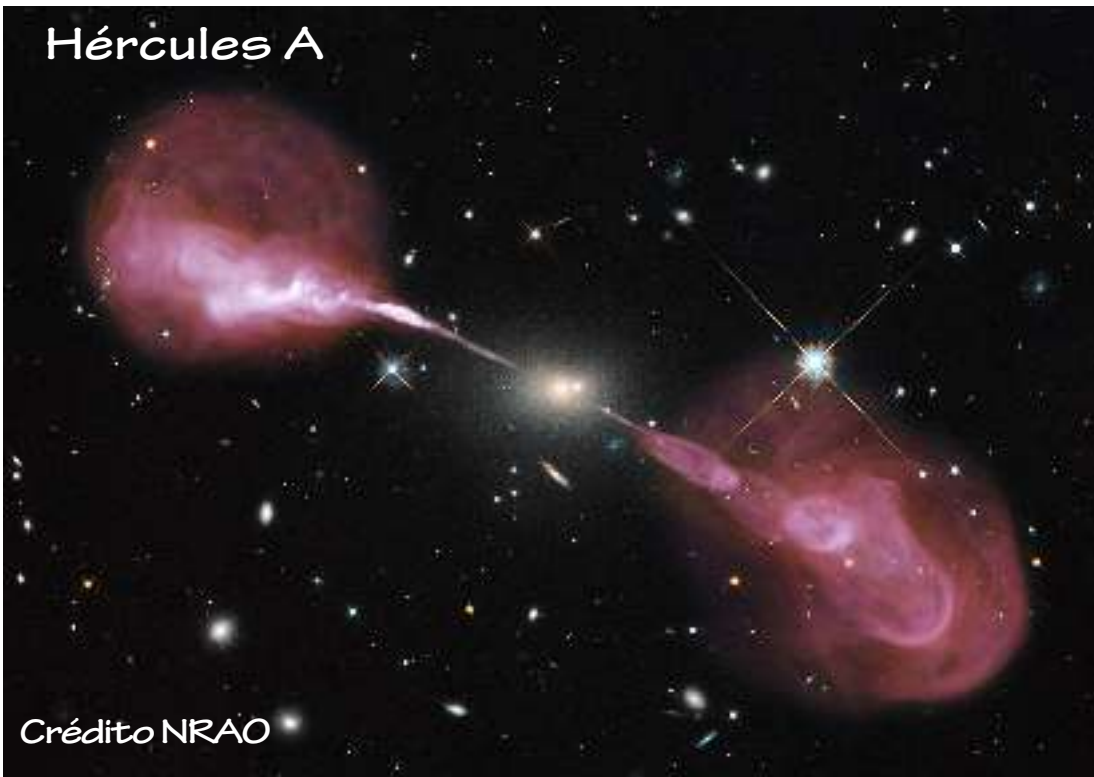


Una radiogalaxia denominada 'compacta'. Es una galaxia elíptica roja. La emisión de radio a 4.5 GHz, representada por líneas de contorno azules, no excede los límites de la galaxia.

Crédito Baldi et al, 2019

La radiogalaxia Hércules A. La imagen en luz visible (mostrada en blanco) proviene del Telescopio Espacial Hubble. Se superpone con la imagen de radio (mostrada en rosa) obtenida por el radiotelescopio Very Large Array.

Hércules A



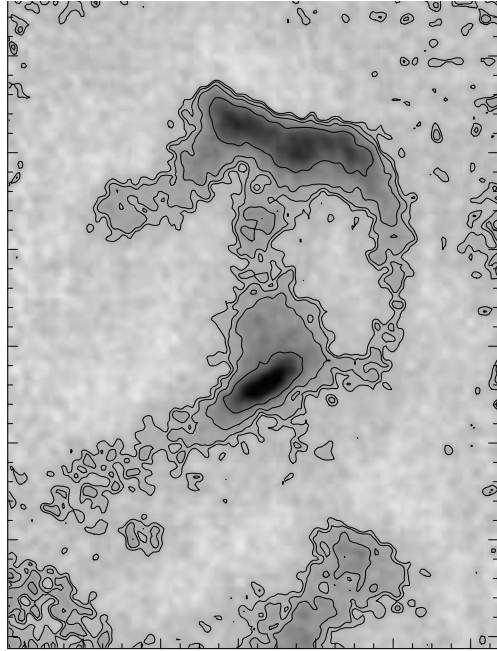
Crédito NRAO

Radiogalaxias

Hoy se cree que la mayoría de las galaxias tienen un agujero negro supermasivo en su centro. Si hay materia cerca, el agujero negro la acreta a través de un 'disco de acreción' (ver tuimp 47). Se dice que el agujero negro se vuelve 'activo'.

En algunos casos se forma un par de chorros de materia ionizada, cuya causa no se comprende del todo. Se cree que el disco de acreción, al rotar, genera un campo magnético que concentra la materia del disco en chorros muy rápidos, detectables por su emisión de ondas de radio.

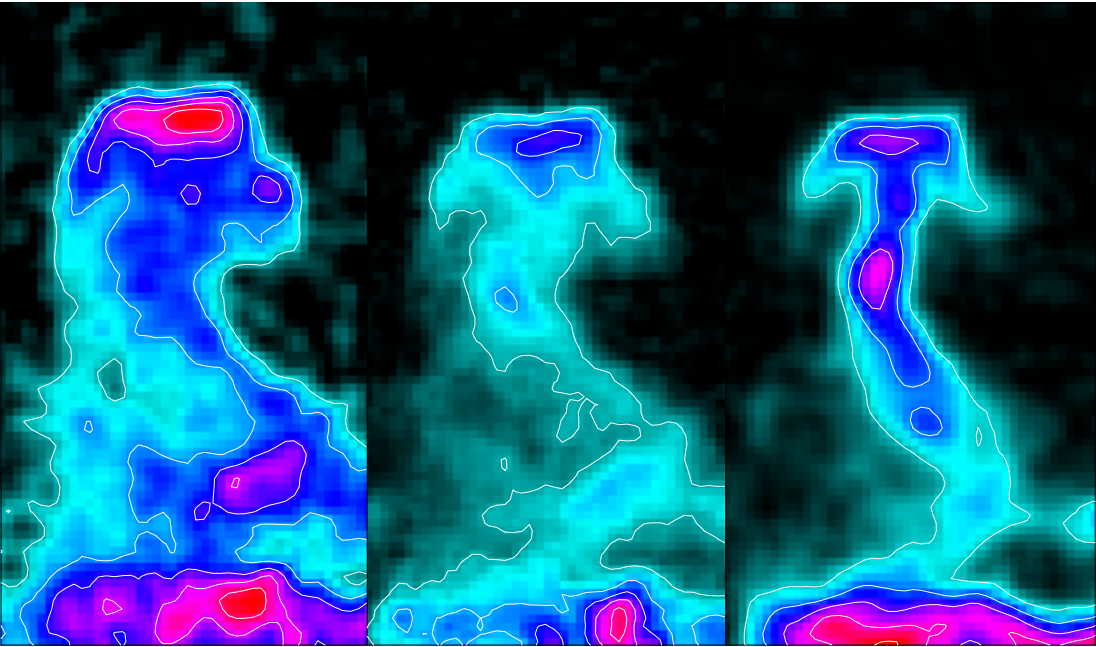
Generalmente, su tamaño no excede el de la galaxia. Pero en casos espectaculares, los chorros se extienden al espacio intergaláctico a distancias que pueden superar varios millones de años luz.



Pregunta

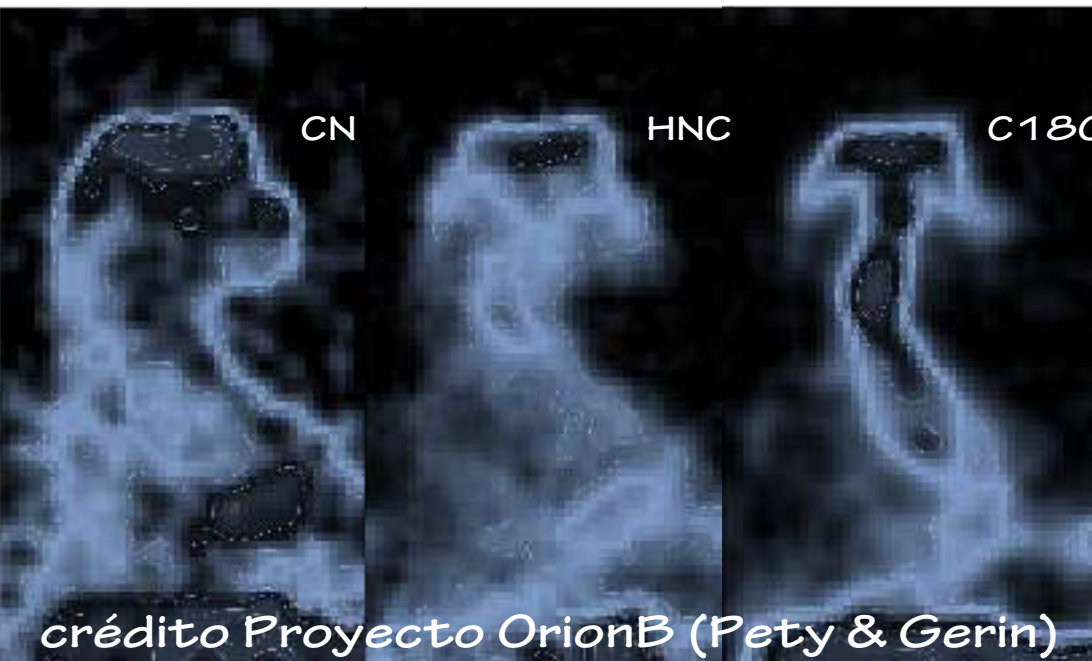
Aquí hay cinco imágenes de la Nebulosa de la Cabeza de Caballo en Orión. ¿Cuál no proviene del dominio de la radio?

Respuesta al reverso.





**Respuesta: vemos las estrellas,
¡así que es una imagen en el visible!**



El Universo en mi bolsillo N° 46

Este librito fue escrito por Laurent Pagani del Observatorio de París/CNRS y revisado por Grażyna Stasińska del Observatorio de París y Stan Kurtz (IRyA, Morelia, México).

Imagen de portada: Emisión sincrotrón (radiación emitida por electrones relativistas que se mueven en un campo magnético) de Júpiter, vista a la longitud de onda de 20 cm por el radiotelescopio VLA. La emisión revela cinturones de electrones atrapados en el campo magnético exterior (falsos colores), Crédito NRAO/AUI/VLA.



Para saber más sobre esta colección y los temas presentados en este librito, visite <http://www.tuimp.org>

Traducción: Jorge García Rojas
TUIMP Creative Commons

