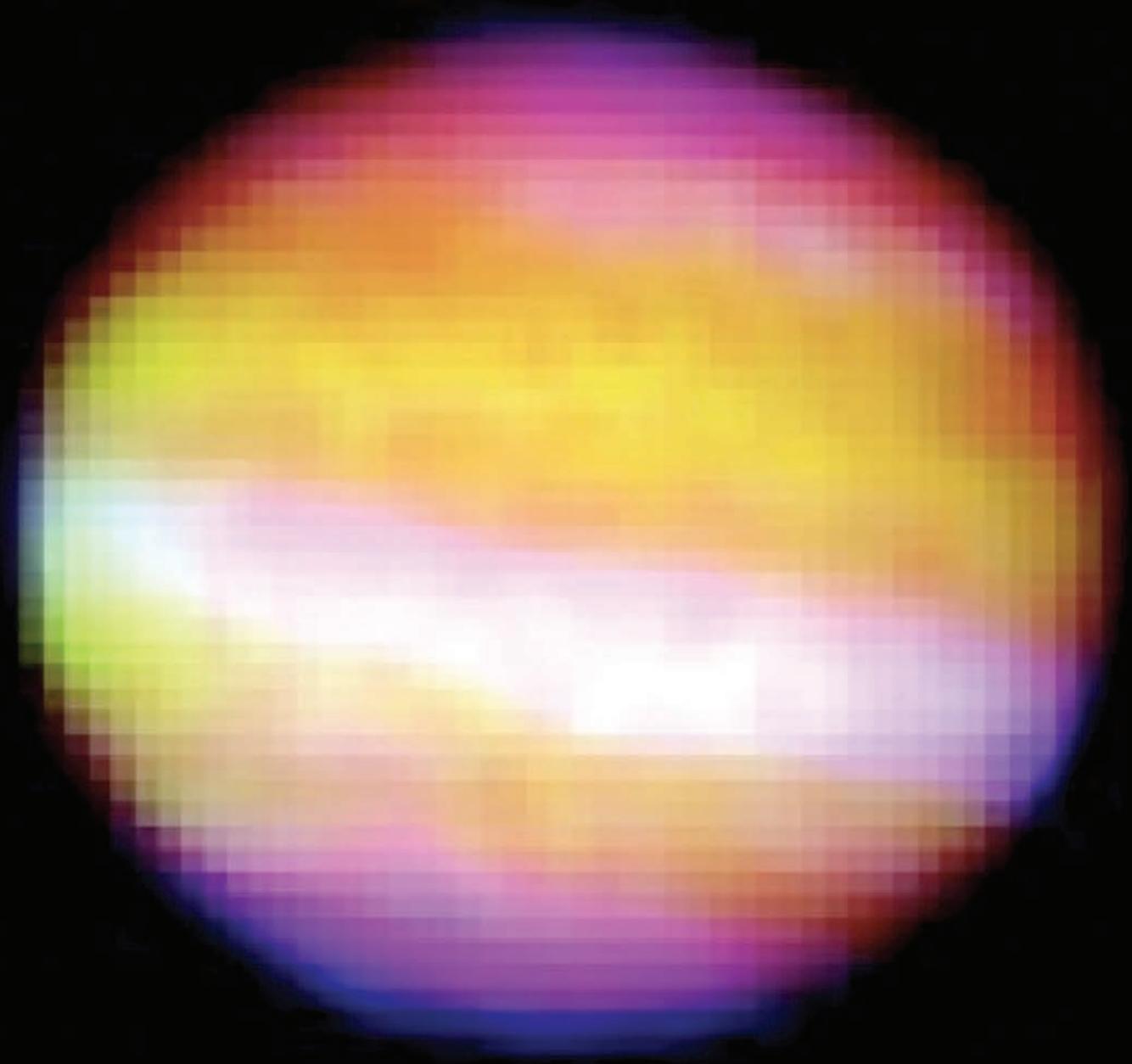


Nanotecnología

y la observación astronómica de lo invisible

Camilo Delgado Correal
Yenny Hernández





Nanotecnología y la observación astronómica de lo invisible

Camilo
Delgado Correal
M. Sc. Coordinador científico del
Planetario de Bogotá (Idartes)
camilo.delgado@idartes.gov.co

Yenny Hernández
Ph. D. Profesora asistente del
Departamento de Física de la
Universidad de los Andes
yr.hernandez@uniandes.edu.co

Carl Sagan, en su serie *Cosmos*, dijo que la tierra y todos los seres vivos estamos hechos de polvo de estrellas. Esta afirmación impactó a toda una generación y es muy interesante ver que los compuestos poliaromáticos que componen ese polvo de estrellas están empezando a jugar un papel importante en las futuras aplicaciones a base de nanografenos [1].

Los avances científicos de los que escuchamos a diario en su gran mayoría se deben a dispositivos nanotecnológicos que son usados para observar con mayor sensibilidad fenómenos astronómicos que nuestros ojos son incapaces de ver, no solo por la distancia a la cual se encuentran los astros de nosotros, sino porque se hallan en regiones del espectro electromagnético que nuestro sentido de la vista es incapaz de percibir. Uno de ellos es la radiación infrarroja (IR) proveniente de transiciones rotacionales y vibracionales de moléculas presentes en regiones de formación estelar. Para el estudio de este tipo de radiación se han diseñado misiones, como la sonda Spitzer, que cuentan con instrumentos de detección a escala nanométrica y que han ayudado a detectar materiales usados en la nanotecnología terrestre, como los fullerenos, en cercanías de estrellas gigantes rojas [2].

La astronomía infrarroja ha cobrado mucha importancia en la comunidad académica debido al papel fundamental que está desempeñando en ayudar a resolver grandes misterios relacionados con la formación de planetas, estrellas y galaxias. Sondas equipadas con detectores multispectrales nos han permitido completar la imagen que teníamos de nebulosas (figura 1) y planetas en formación, información que se puede extrapolar a la formación de nuestro propio planeta.

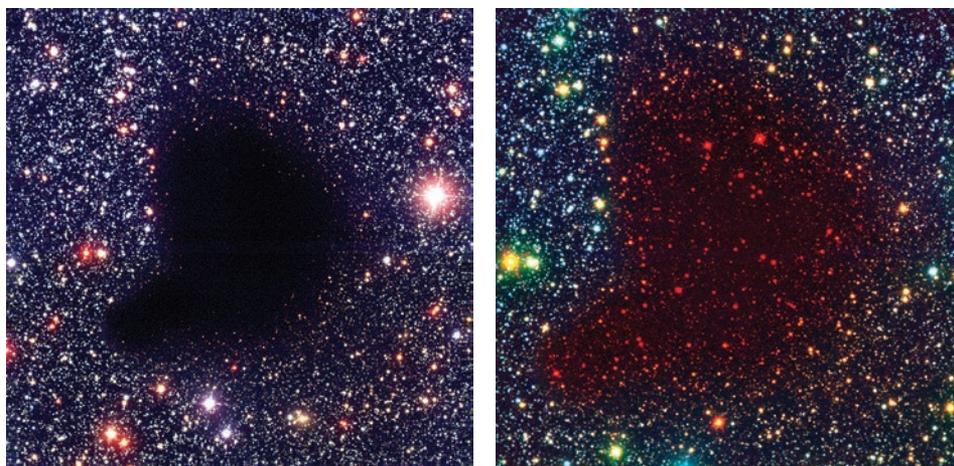


Figura 1. Imágenes de la nube molecular Barnard 68 en el espectro visible (izquierda) y el infrarrojo cercano (derecha). Fuente: [3].

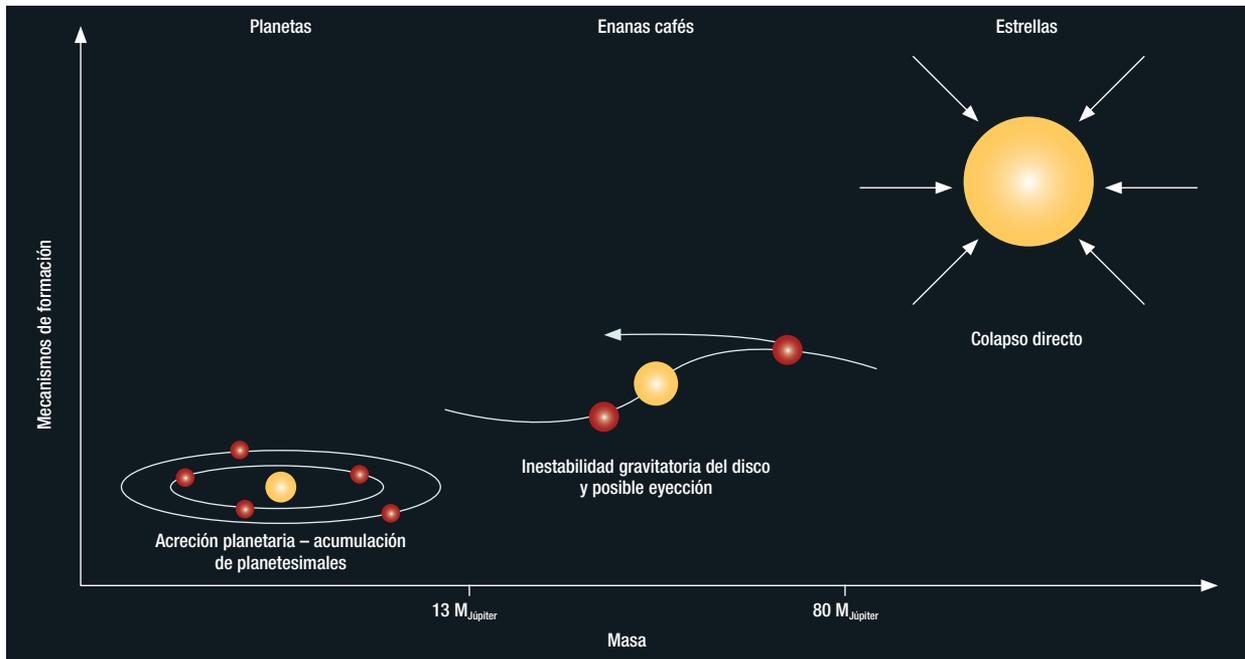


Figura 2. Estrellas, enanas cafés y planetas. Las estrellas están bien definidas como objetos con masa suficiente para iniciar fusión de hidrógeno en su núcleo ($M > 0,08M_{\text{Sol}}$). Ellas se pueden formar a partir de un colapso directo de núcleos de nubes moleculares. Los planetas son objetos más pequeños, y se piensa que se forman únicamente en discos a partir de la aglomeración de planetesimales o de la fragmentación del disco. Las enanas marrón o cafés ocupan un tamaño intermedio en masa, pero la frontera de masa que las diferencia de los planetas sigue en debate. La frontera inferior de masa de las enanas cafés situada en $13M_{\text{Júpiter}}$ tiene que ver con modelos teóricos que dan por hecho que esta masa es el valor mínimo al que el deuterio (isótopo del hidrógeno) puede hacer fusión en el núcleo de estos objetos. Fuente: [5].

En busca de entendimiento de la formación estelar, los astrónomos hallaron de forma fortuita, en 1995, un objeto celeste nunca antes visto, al que dieron el nombre de *enana café* (en inglés, *brown dwarf*) [4]. Estos objetos no son tan masivos para ser estrellas, pues tienen muy baja masa para iniciar fusión de hidrógeno en su núcleo, pero tampoco son planetas en el sentido tradicional. Ellos comparten algunas características con las estrellas, y otras con los planetas, y ocupan un rango de masa situado entre 10 y 75 masas de Júpiter.

Como tal, las enanas cafés son una clave fundamental tanto en la formación estelar como en la planetaria. Además, las enanas cafés son un blanco favorito de estudio en la búsqueda de planetas extrasolares, en particular de las llamadas *supertierras* [6]. Por ejemplo, la primera supertierra detectada alrededor de otro cuerpo estelar masivo cercano gira en torno a una enana café de baja masa (M-dwarf) [7]. Las enanas cafés son de varios tipos, distinguidos con las letras M, L y T [8]. Muchas de ellas han sido encontradas principalmente con detectores de infrarrojo y se encuentran en catálogos tales como *Two Micron All-Sky Survey* (2MASS) o el llamado *Deep Near Infrared Survey* (DENIS).

Entre septiembre de 2005 y febrero de 2008, Andreas Seifahrt (investigador asociado de la Universidad de Chicago) obtuvo una gran cantidad de datos útiles para producir imágenes del vecindario solar en el infrarrojo cercano —radiación electromagnética de la banda H, con longitudes de onda de 1,5 micrómetros—. Estos datos fueron tomados con el instrumento ULBCam (*ultra*

low background camera) colocado en el telescopio UH88, que está situado en Manua Kea, Hawái. Esta cámara es uno de los instrumentos de mayor tamaño y más sensibles a los infrarrojos (4.096 x 4.096 pixeles) construidos hasta el momento.

Esta cámara capta un espectro del infrarrojo que permite identificar acompañantes de enanas cafés en el vecindario solar, es decir, objetos de baja masa (alrededor de 20 masas de Júpiter) y que están separados de su estrella principal por alrededor de 1.500 unidades astronómicas (UA) —1 UA equivale a la distancia media entre la Tierra y el Sol—. Usando los datos tomados con la ULBCam, el autor de la presente nota está realizando el debido procesamiento de datos para construir una serie de imágenes infrarrojas que mediante el análisis pueden permitir encontrar acompañantes de enanas cafés en el vecindario solar.

Con la motivación de construir sensores infrarrojos cada vez más sensibles a la radiación que proviene de los confines del universo, se han empezado a desarrollar instrumentos que combinan recientes avances en nanolitografía y física de bajas temperaturas para medir incluso la energía de fotones individuales. A estos dispositivos se les conoce como nanobolómetros. En un bolómetro convencional se encuentra un material que convierte la luz incidente en calor, que es transferido a un medio material con una capacidad calorífica pequeña. Esta transferencia de energía genera un cambio de temperatura que es medido con la ayuda de un termómetro. Este medio material está conectado a un disipador de calor (figura 4).

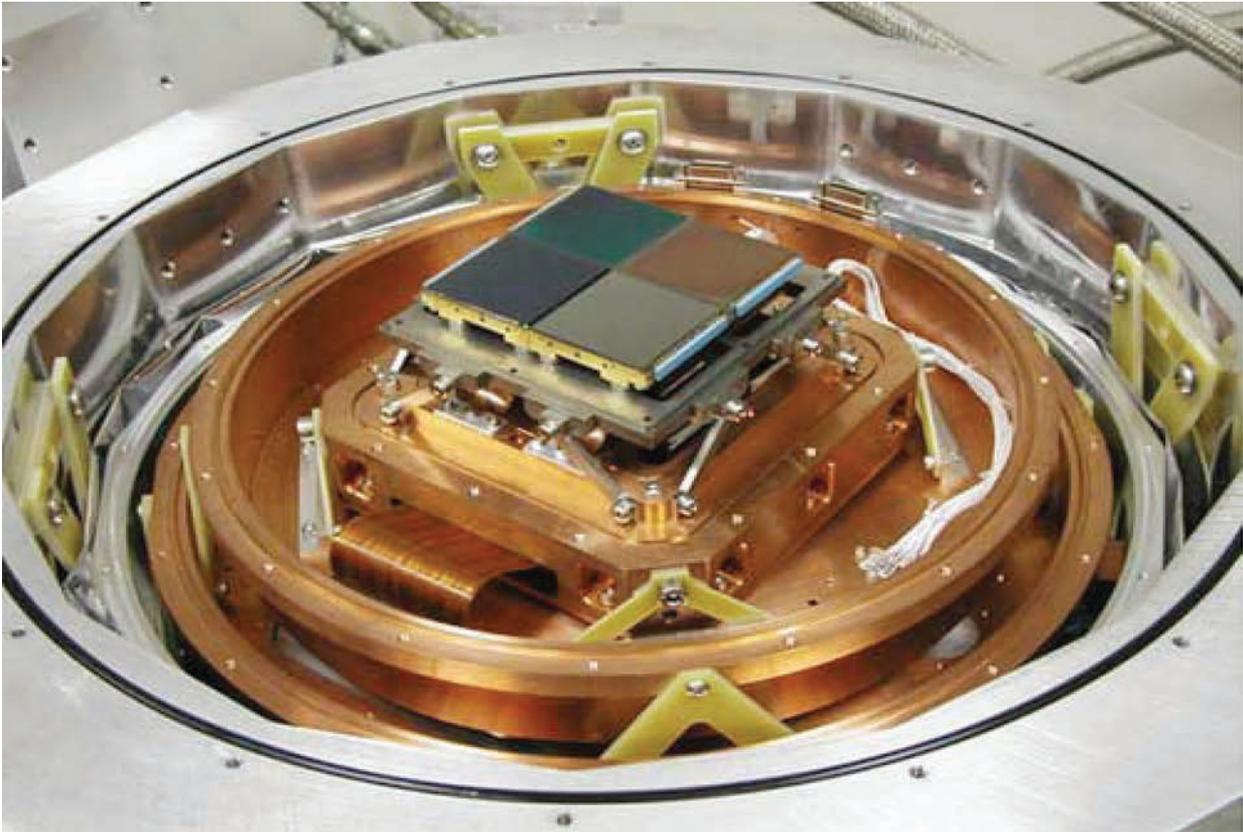


Figura 3. ULBCam, Fuente: F. Hee. <http://www2.ifa.hawaii.edu/newsletters/article.cfm?a=139&n=14>

En un nanobolómetro como el de la figura 4 se hace pasar un flujo de electrones a través de un cable de titanio de diámetro nanométrico [10]. La resistencia eléctrica del cable cae a cero cuando el cable alcanza la temperatura de transición del superconductor- T_c . La señal de los fotones incidentes es amplificada utilizando un dispositivo de interferencia cuántica (SQUID por sus siglas en inglés), lo que permite que el dispositivo funcione como un amperímetro ultrasensible. Este nanosensor será usa-

do en la misión planeada por la NASA para 2025, llamada Single Aperture Far Infrared Observatory (SAFIR) [11]. Esta misión tiene varios intereses, entre los que se encuentra estudiar la formación de las primeras estrellas y de las primeras galaxias, indagar acerca del proceso de formación de sistemas planetarios y entender la interacción entre los agujeros negros y el material de las galaxias que los rodean [12]. ●

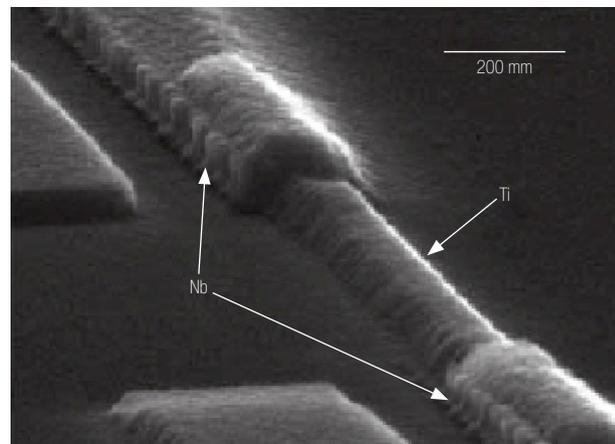
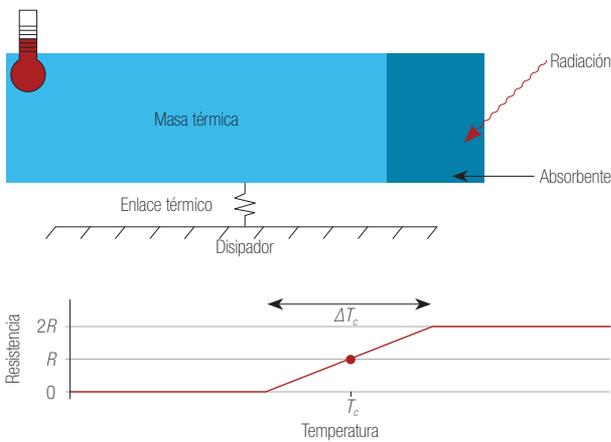


Figura 4. Diagrama esquemático del funcionamiento de un nanobolómetro (izquierda). La imagen de la derecha fue tomada con un microscopio electrónico de barrido y muestra en detalle el nanobolómetro con componentes de titanio y niobio con dimensiones de 40 nm x 140 nm x 560 nm [9]

REFERENCIAS

- [1] Merino P, Švec M, Martínez JI, Jelinek P, Lacovig P, Dalmiglio M et al. Graphene etching on SiC grains as a path to interstellar polycyclic aromatic hydrocarbons formation. *Nature Communications* 2014; 5 (ene 21).
- [2] Cami J, Bernard-Salas J, Peeters E, Malek SE. Detection of C60 and C70 in a young planetary nebula. *Science* 2010; 329(5996): 1180-1182.
- [3] Alves JF, Lada CJ, Lada EA. Internal structure of a cold dark molecular cloud inferred from the extinction of background starlight. *Nature* 2001; 409(6817): 159-161.
- [4] Rebolo R, Osorio MRZ, Martin EL. Discovery of a brown dwarf in the Pleiades star cluster. *Nature* 1995; 377(6545): 129-131.
- [5] Basu S. Brown-Dwarf origins. *Science* 2012; 337(6090): 43-44.
- [6] Irwin J, Charbonneau D, Nutzman P, Falco E. The Mearth project: searching for transiting habitable super-Earths around nearby M dwarfs. *Proceedings International Astronomical Union* 2008; 4 (Symposium 253): 37-43.
- [7] Charbonneau D, Berta ZK, Irwin J, Burke CJ, Nutzman P, Buchhave LA et al. A super-Earth transiting a nearby low-mass star. *Nature* 2009; 462(7275): 891-894.
- [8] Burrows A, Hubbard W, Liebert J. The theory of brown dwarfs and extrasolar giant planets. *Review of Modern Physics* 2001; 73(3): 719.
- [9] Wei J, Olaya D, Karasik BS, Pereverzev SV, Sergeev AV, Gershenson ME. Ultrasensitive hot-electron nanobolometers for terahertz astrophysics. *Nature Nanotechnology* 2008; 3(8), 496-500.
- [10] Prober DE. Instrumentation: astronomers look to nanotechnology. *Nature Nanotechnology* 2008; 3(8): 459-460.
- [11] Bradford CM, Nakagawa T. The future is BLISS –sensitive far-IR spectroscopy on SPICA and SAFIR. *New Astronomy Reviews* 2006; 50(1-3): 221-227.
- [12] Benford D, Moseley H. Cryogenic detectors for infrared astronomy: the single aperture far-infrared (SAFIR) observatory. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 2004; 520(1): 379-383.