CRIOGENIA E INFRARROJO ¿PARA QUÉ?

Enol Matilla

La charla de hoy es una introducción general para entender por qué muchos telescopios e instrumentos astronómicos trabajan en el infrarrojo y para qué necesitamos la criogenia.

Casi siempre observamos en la región visible del espectro electromagnético, que es la que perciben nuestros ojos y la más accesible para los aficionados. Sin embargo, el infrarrojo, situado a partir de unos 700 nanómetros, resulta fundamental para numerosos estudios. Según su longitud de onda, se divide en varias bandas. Hay un intervalo, aproximadamente entre los 5.000 y los 8.000 nanómetros, que suele dejarse fuera porque el vapor de agua y la atmósfera absorben gran parte de esa radiación. Observar en ese rango desde el espacio o desde la superficie terrestre resulta poco útil, ya que la señal queda bloqueada por nuestra propia atmósfera.

El infrarrojo tiene dos grandes ventajas. La primera es que permite observar a través de regiones con polvo que resultan opacas en luz visible. También puede ayudar a estudiar zonas cubiertas por humo, como ocurre durante los incendios. Esto es especialmente útil para investigar regiones con grandes concentraciones de gas y polvo donde están naciendo estrellas, así como para distinguir estructuras de distinta densidad dentro de las nubes.



Figura 1. Los Pilares de la creación en visible e infrarrojo

La segunda ventaja es que permite estudiar objetos muy fríos y objetos extremadamente lejanos. Debido a la expansión del universo, la luz de las galaxias más distantes se desplaza hacia longitudes de onda más largas: lo que se emitió en el visible puede llegarnos en el infrarrojo. Por eso, para estudiar las primeras etapas del universo necesitamos detectores sensibles a esta región del espectro. Además, los objetos fríos emiten poca radiación visible, pero pueden detectarse en el infrarrojo. Por ejemplo, observaciones realizadas con instrumentos de la NASA, la ESA y la Agencia Espacial Canadiense han permitido detectar hielo a temperaturas cercanas a los 10 kelvin, unos −263 °C.

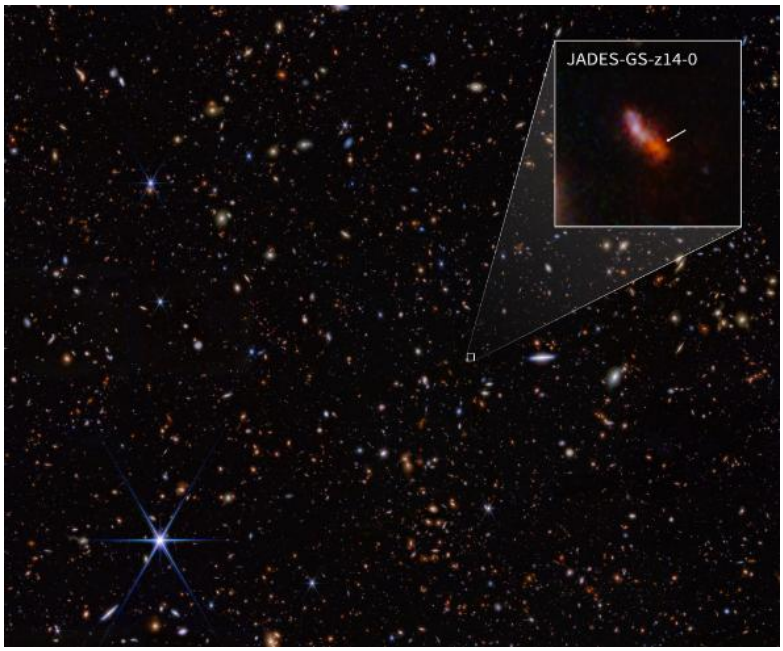

Figura 2. Una de las galaxias más lejanas conocidas, vista en infrarrojo

En resumen, el infrarrojo nos ayuda a mirar a través del polvo y a observar objetos muy lejanos o muy fríos.

Por qué hay que enfriar los instrumentos

Podríamos instalar en un telescopio un instrumento como FRIDA, en cuyo desarrollo trabajo, y apuntarlo al cielo, igual que hacemos normalmente con un telescopio y una cámara. Pero observar en el infrarrojo plantea un problema: cualquier objeto que esté por encima del cero absoluto emite radiación infrarroja. Si los componentes del instrumento están calientes, su propia emisión puede ocultar la débil señal que llega del espacio. En lugar de observar el cielo, acabaríamos detectando la radiación térmica del propio instrumento.

La solución es enfriar el sistema. En las cámaras astronómicas habituales se alcanzan temperaturas de −10 o −20 °C. En instrumentos infrarrojos profesionales hay que ir mucho más lejos: en este caso, el detector se enfría hasta unos −200 °C, mientras que la electrónica de control, el ASIC, se mantiene aproximadamente a −183 °C para reducir su consumo. El sistema se enfría tanto como es posible y, después, unas resistencias permiten mantener algunos componentes a una temperatura estable y controlada.

Para conseguirlo se utilizan criostatos, estructuras que alojan los elementos ópticos y mecánicos del instrumento: ruedas de filtros, selectores de cámaras, selectores de pupilas y otros mecanismos. El criostato incorpora varias capas de aislamiento para impedir que el calor del exterior llegue al interior. Entre ellas se encuentra el MLI, una aislante multicapa con superficies aluminizadas que actúa como escudo térmico. También se emplean materiales como los polímeros G10 y G11, que aíslan térmicamente los componentes del chasis metálico.



Figura 3. Criostato de Frida

El aislamiento, sin embargo, no basta. Para reducir aún más la transferencia de calor, se hace el vacío dentro del criostato. Primero se utiliza una bomba mecánica, que puede alcanzar presiones del orden de 10^{-2} milibares; después, una bomba turbomolecular permite llegar aproximadamente a 10^{-6} o 10^{-7} milibares. Al eliminar casi todo el gas, se reduce la transferencia de calor por convección. La radiación térmica también se limita mediante las capas aislantes, mientras que la conducción se controla cuidadosamente.

Por eso, muchos componentes internos están conectados mediante enlaces térmicos de cobre a un banco refrigerado. El banco puede mantenerse alrededor de los 50 kelvin y un dedo frío puede llegar a unos 10 kelvin. Así, el calor generado por los mecanismos se transmite hacia el sistema de refrigeración. Habitualmente se utilizan al menos dos dedos fríos: uno para el conjunto óptico y mecánico y otro dedicado al detector, que se calienta durante las exposiciones y necesita una gran estabilidad térmica.

La refrigeración suele realizarse en dos etapas. En la primera se utiliza nitrógeno líquido para bajar la temperatura inicial. Cuando el criostato ya está suficientemente frío, entran en funcionamiento los compresores de helio, conectados a una cabeza fría. Esta enfría los dedos fríos y, con ellos, los componentes que deben mantenerse a temperaturas muy bajas.

Aplicaciones más allá de la astronomía

La tecnología infrarroja y la criogenia también tienen aplicaciones fuera de la astronomía. Un ejemplo es el satélite Drago 2, que utiliza cámaras infrarrojas en torno a 1.100 y 1.600 nanómetros para detectar focos de fuego a través del humo. Durante grandes incendios, este tipo de observación permite localizar los frentes activos y proporcionar información útil a los equipos de emergencia.

La imagen infrarroja también se emplea en medicina para ayudar a detectar enfermedades y seguir su evolución. Además, los equipos de resonancia magnética utilizan sistemas criogénicos para enfriar los imanes que necesitan para realizar sus mediciones.

En conclusión, el infrarrojo y la criogenia no solo son importantes para la astronomía. Nos permiten estudiar objetos muy lejanos cuya luz se ha desplazado fuera del visible, y también contribuyen a aplicaciones como la detección de incendios, la localización de fugas de gases en instalaciones industriales y distintas técnicas médicas. Es un campo multidisciplinar en el que los avances pueden beneficiar a muchas áreas.

La comparación de imágenes obtenidas por el telescopio espacial James Webb con diferentes filtros infrarrojos muestra cómo cambia la señal entre las bandas. Algunas estructuras y el polvo muy frío apenas se distinguen en el infrarrojo cercano y aparecen con mayor claridad al observar en el infrarrojo medio.

Preguntas

¿Por qué se utilizan poco las cámaras SWIR de ZWO?

Las cámaras convencionales basadas en silicio dejan de ser sensibles por encima de los 1.000–1.100 nm. Los sensores InGaAs permiten alcanzar unos 2.500 nm, pero son más caros. El satélite Drago 2 utiliza dos bandas infrarrojas para detectar incendios a través del humo y mejorar el contraste de las imágenes.

¿Se pueden utilizar cámaras térmicas asequibles para hacer ciencia astronómica?

En principio, sí, aunque su uso científico por parte de aficionados todavía parece limitado. Los sensores InGaAs podrían ser una alternativa económica a los detectores profesionales, mucho más caros.

¿Sirve la misma óptica para observar en el visible y en el infrarrojo?

Los telescopios reflectores pueden adaptarse cambiando el recubrimiento de los espejos; el oro, por ejemplo, refleja bien la radiación infrarroja. Los refractores convencionales presentan problemas de enfoque fuera del visible, aunque existen modelos diseñados específicamente para el infrarrojo.

¿Es posible hacer espectroscopia infrarroja con equipos de aficionados?

Sí, en determinadas condiciones, utilizando cámaras refrigeradas y objetos suficientemente brillantes en el infrarrojo cercano. Sin embargo, los equipos son costosos y la sensibilidad de

las cámaras convencionales es limitada. La espectroscopia infrarroja también permite estudiar las moléculas presentes en las nubes interestelares.

¿Se pueden observar planetas en el infrarrojo con cámaras convencionales?

La Luna, Júpiter y Saturno se observan habitualmente en el infrarrojo, y Venus también se estudia en esas longitudes de onda para analizar sus nubes. No obstante, las cámaras de silicio pierden sensibilidad por encima de unos 800 nm y apenas detectan señal hacia los 1.200–1.300 nm. Para ampliar ese rango se necesitan cámaras SWIR, cuyo precio puede situarse entre los 12.000 y los 14.000 euros.