

EL CENTRO DE LA VÍA LÁCTEA

Un sondeo infrarrojo sin precedentes del centro de la Vía Láctea

EL CENTRO DE NUESTRA GALAXIA CONSTITUYE UN DESAFÍO PARA LAS TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN ACTUALES. EL PROYECTO GALACTIC NUCLEUS HA RECUPERADO UNA TÉCNICA PARA OBSERVARLO CON NITIDEZ DESDE TIERRA

Por Rainer Shödel (IAA-CSIC)

En el centro de la Vía Láctea reside un agujero negro masivo de unos cuatro millones de masas solares, que se halla rodeado de un denso cúmulo estelar que contiene unos veinticinco millones de masas solares en estrellas. Este cúmulo nuclear tiene unos veinte pársecs de diámetro (un pársec corresponde a 3,26 años luz y es la medida de distancia preferida de los astrónomos), y está embebido en una región muy densa de estrellas y de gas molecular que se conoce como disco nuclear, con un tamaño de unos quinientos pársecs. El centro galáctico es una región de superlativos: la densidad de estrellas puede ser desde cientos de miles a diez millones de veces más alta que en el entorno de nuestro Sistema solar; el campo magnético interestelar es más de cien veces mayor que en el resto de la Vía Láctea; y, finalmente, esa región contiene tres de los cúmulos jóvenes de estrellas más masivos conocidos en nuestra galaxia. Se piensa que el centro galáctico es representativo para la mayoría de los núcleos de otras galaxias en el universo cercano. Pero los demás se hallan, como mínimo, unos cientos de veces más lejos de la Tierra. Por esta razón el centro galáctico juega un papel clave en la astrofísica, como un laboratorio único donde estudiar fenómenos como la formación estelar en entornos extremos o la interacción de estrellas con un agujero negro masivo. Por ejemplo, es el único lugar donde se han podido observar -y se están siguiendo- las órbitas de estrellas individuales alrededor del agujero negro central.

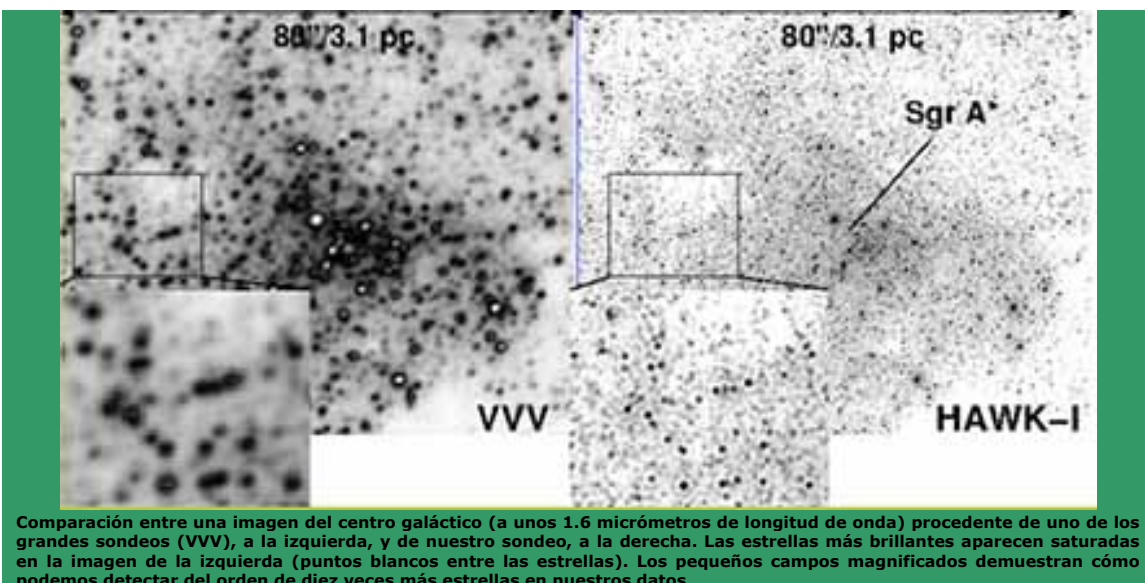
Desgraciadamente, el centro galáctico es un objeto que presenta importantes retos a la hora de observarlo. Nuestra línea de visión tiene que atravesar el gas y el polvo del disco galáctico y por esta razón la luz emitida en el núcleo de la Vía Láctea sufre una extinción y un enrojecimiento extremos. Solo uno de cada mil millones de fotones del rango del visible emitido en esta región alcanza la Tierra. Sin embargo, en el infrarrojo la situación es más favorable, con uno de cada diez fotones alcanzándonos. Por esta razón, solo hemos podido explorar el contenido estelar del centro galáctico a partir de finales de los años 60 del siglo pasado, con el desarrollo de la astronomía infrarroja. Este área despegó en torno al año 2000, cuando los grandes detectores infrarrojos (de unos 1024 por 1024 píxeles) se hicieron por fin estándar en los observatorios astronómicos.

Estar limitado a observaciones en el infrarrojo significa que es muy difícil saber con certeza qué tipo de estrellas estamos viendo en el centro galáctico. Por ejemplo, algo que resulta trivial en otras regiones del cielo, como distinguir por sus colores entre una estrella fría, vieja y de pocas masas solares y una joven, caliente muy masiva, resulta muy difícil en el caso del centro de la Vía Láctea.

Además de estar limitado al infrarrojo, hay otra razón importante por la que el centro galáctico es una región subexplorada por parte de los grandes sondeos

existentes: incluso los sondeos más modernos y adecuados (como VVV y APOGEE) están fuertemente limitados por la extrema densidad de las estrellas en dirección de Sgr A*. Esto conlleva dos efectos en gran detrimento de la calidad de datos. Por un lado, el gran brillo superficial produce que muchas estrellas brillantes o pequeñas regiones en su conjunto queden saturadas y no puedan ser estudiadas. Por el otro lado, se requiere una resolución angular, o nitidez, muy alta para las imágenes. Sin embargo, la turbulencia de la atmósfera actúa en detrimento de la calidad de las imágenes, de modo que no pueden separarse nítidamente estrellas que están más cercanas en el cielo que poco menos de un segundo de arco (sea cual sea el tamaño del telescopio usado).

Aunque este valor es unas sesenta veces mejor que la resolución que puede lograr el ojo humano, es casi veinte veces peor de lo que pueden alcanzar teóricamente los modernos telescopios con espejos principales de tamaños de entre ocho y diez metros de diámetro. Estos últimos se pueden equipar con una tecnología que se llama óptica adaptativa (OA) que les permite obtener imágenes casi perfectas, como si fueran colocadas en el espacio. Entonces nos podemos dar cuenta de que en un círculo de un segundo de arco de radio podemos detectar varias decenas de estrellas.



Sin embargo, existen unas importantes limitaciones en cuanto al uso práctico de la óptica adaptativa para estudiar campos mayores que unas decenas de segundos de arco (como comparación, la luna llena tiene un diámetro de unos treinta minutos o mil ochocientos segundos de arco). La corrección de un campo con la gran mayoría de los sistemas de óptica adaptativa existentes resulta en una gran variación de la nitidez a través de las imágenes tomadas. Además, la óptica adaptativa funciona peor a ondas de luz relativamente cortas y requiere que una estrella brillante esté colocada dentro del campo que se observa -y, dado el tamaño pequeño de los campos, este requisito solo se cumple para unos 10% del centro galáctico-

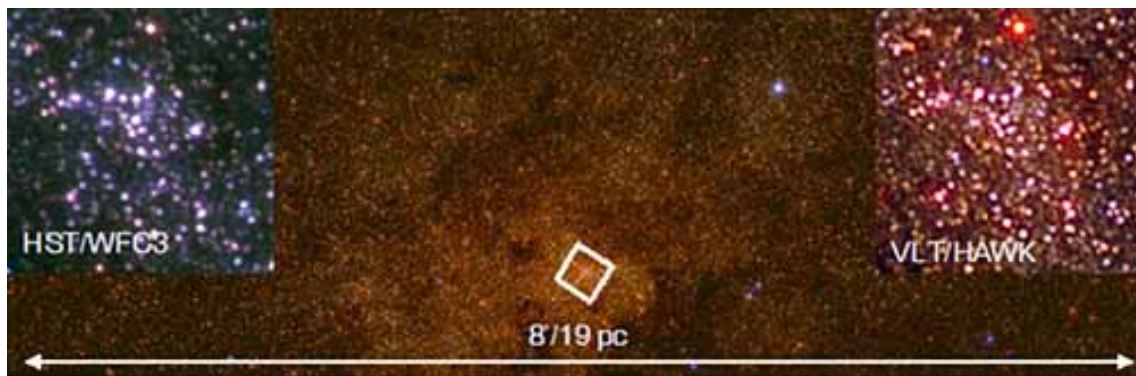
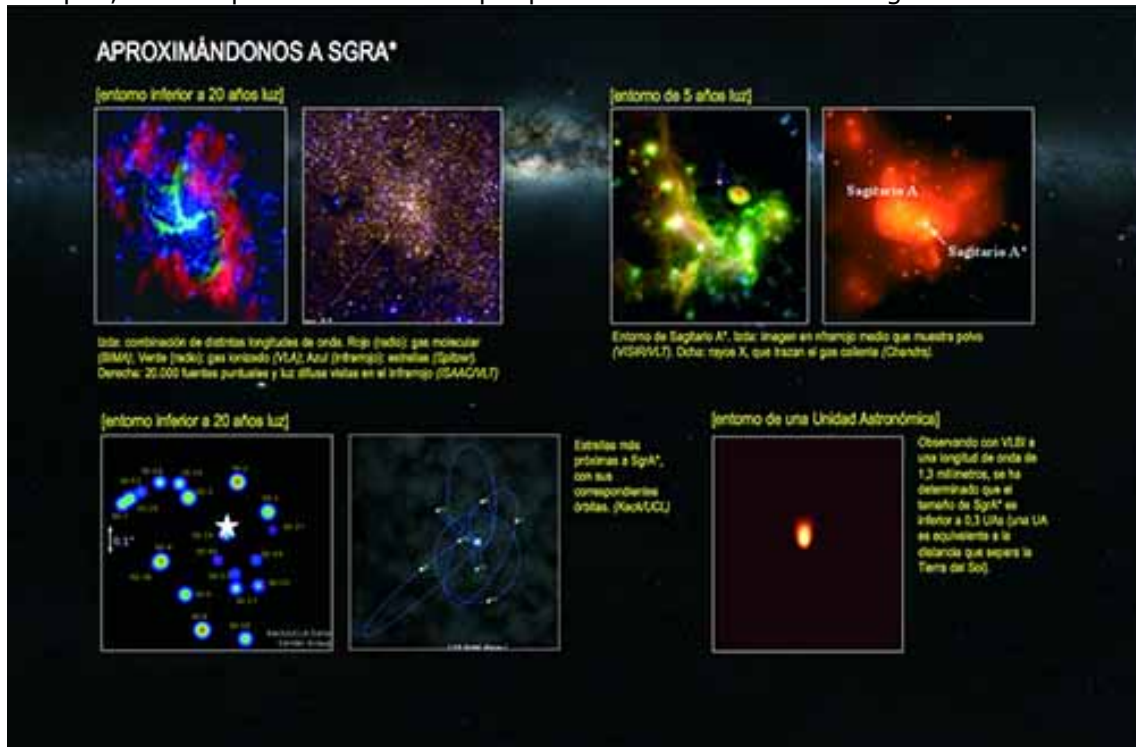


Imagen de una región en el centro galáctico que ha resultado de nuestro sondeo con HAWK-I/VLT. Los colores no son reales porque todos los datos fueron tomados en el infrarrojo (azul - 1.26 μm , verde - 1.62 μm , rojo - 2.15 μm). Las pequeñas imágenes muestran zooms de la región central marcada con un cuadro blanco. A la izquierda, con el telescopio espacial Hubble; a la derecha nuestros datos.

Por estas razones, nuestro proyecto se basa en otra técnica, más antigua, de obtener imágenes nítidas desde la superficie de la Tierra. Tomando series rápidas de cientos de exposiciones cortas (de un segundo o menos) se puede recuperar a posteriori la información completa sobre el campo observado con procesamiento numérico en ordenadores. Esta técnica, llamada *speckle imaging* en inglés, requiere, sin embargo la posibilidad de captar y almacenar grandes cantidades de datos (unos cien veces más que con procedimientos más convencionales), una gran capacidad de computación y, por último, conocer de algún modo qué forma tiene la

imagen de una estrella (un objeto puntual) en cada imagen en cada momento. Gracias al rápido progreso de la microelectrónica, los primeros dos requisitos no presentan grandes obstáculos hoy en día. Sin embargo, el último requisito era la clave porque el *speckle imaging* nunca fue aplicado a grandes escalas. Combinando varias técnicas de procesamiento de imágenes astronómicas ya existentes se podía solucionar el último problema. Esto abrió el camino a estudiar el centro de nuestra Galaxia a grandes escalas y en todo el rango infrarrojo con varias cámaras infrarrojas ya existentes en telescopios terrestres.

La densidad de estrellas en el centro galáctico puede ser desde cientos de miles a diez millones de veces más alta que en el entorno de nuestro Sistema Solar

Basándome en esta metodología propuse liderar un gran sondeo multifiltros del centro de la Vía Láctea al Consejo Europeo de Investigación (ERC), que me otorgó uno de sus prestigiosos *Consolidator Grants* para este proyecto. Empezamos en febrero 2014 y estamos a mitad del proyecto. Para empezar, logramos que el Observatorio Europeo Austral (ESO) nos concediera ciento sesenta horas de tiempo de observación con la cámara infrarroja HAWK-I, instalada en uno de sus telescopios VLT (*Very Large Telescope*). En la imagen superior vemos una de las primeras imágenes obtenidas. Una comparación con lo que puede hacer el telescopio espacial Hubble (HST) demuestra la gran calidad de nuestros datos (el telescopio espacial Hubble, desgraciadamente, solo sirve en parte para nuestro trabajo porque no puede observar en todas las longitudes de onda que necesitamos cubrir). Sin embargo, para las tres horas de observación en las que se basa la imagen, se necesita aproximadamente una semana de trabajo y tiempo de computación en un servidor de última generación.

Los datos de nuestro sondeo nos llegan desde el verano del año pasado (solo se puede observar el centro galáctico en el verano del hemisferio norte). Complementamos nuestro sondeo con datos de archivo y observaciones puntuales tanto del Hubble como de otros instrumentos de los telescopios VLT de ESO. Con nuestro grupo establecido, fondos seguros y los datos entrando en grandes cantidades estamos a punto de revelar una visión nueva del centro de nuestra Vía Láctea. Según algunas estimaciones conocemos menos de un 10% de todos los cúmulos jóvenes de estrellas que deberían existir en esta región. Esto se debe a que, por las fuerzas de marea extremas, estos últimos se disuelven rápidamente en el centro galáctico de tal manera que no destacan sobre la alta densidad ambiental de estrellas. Sin embargo, con nuestros datos vamos a poder identificar los remanentes de estos cúmulos y revelar la historia reciente y la tasa de formación estelar cerca del agujero negro central de la Vía Láctea. Otra cuestión fundamental que podremos estudiar es la relación e interacción mutua del agujero negro con el disco y el cúmulo nucleares. Finalmente, tenemos la esperanza de detectar lo inesperado, lo que casi siempre ocurre cuando el ser humano se asoma a lo desconocido.

Rainer Shödel (IAA-CSIC)

**Este artículo aparece en el número 51, febrero 2017,
de la revista Información y Actualidad Astronómica,
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)**