



Félix Mirabel

FÉLIX MIRABEL



Departamento de Astrofísica del Centro de Estudios de Saclay (Francia)

Desvelar los secretos de los agujeros negros es todo un reto para la Astrofísica, dada la «invisibilidad» de estos objetos. A pesar de ello, algunos astrónomos aceptan gustosos este desafío, como es el caso de Félix Mirabel, Director de Investigaciones del Departamento de Astrofísica del Centro de Estudios de Saclay (Francia), invitado por el IAC el pasado mes de noviembre. Uno de sus últimos trabajos es el estudio de la dinámica de GRO J1655-40, un agujero negro que viaja a toda velocidad por nuestra galaxia. Sus resultados confirman los obtenidos tres años atrás por investigadores del IAC: este agujero negro se originó debido a una gigantesca explosión en forma de supernova. Tan interesante como el trabajo de Félix Mirabel son sus métodos: la aplicación de la llamada «astronomía virtual». Esta nueva astronomía implica beneficiarse de la existencia de grandes bases de datos, a las que se puede acceder por internet. De este modo se puede reunir información sobre un objeto en distintas longitudes de onda, a la que aplicar modelos que, en ocasiones, también están ya disponibles.

**ASTRONOMÍA
VIRTUAL**
El origen de
los agujeros
negros

ASTRONOMÍA VIRTUAL

El origen de los agujeros negros

ENTREVISTA CON FÉLIX MIRABEL



Usted ha publicado recientemente un artículo sobre cómo se originó un agujero negro, GRO J1655-40. Sus conclusiones confirman los resultados que obtuvieron investigadores del IAC en 1999. ¿Cómo se relacionan ambos trabajos?

“En nuestro trabajo lo que hemos encontrado es que la cinemática de este objeto es consistente con los resultados obtenidos a partir de la química de la estrella compañera. La aproximación que ha habido hasta ahora en Canarias es precisamente a través de la química; la mía es a través del modo en que se mueve la estrella. En realidad, se trata de aproximaciones complementarias al mismo problema. Lo que estamos haciendo, Israelian, Casares y Rebolo, por un lado, y yo con otros colaboradores, por el otro, es intentar encontrar evidencias observacionales que nos ayuden a confirmar los modelos sobre cómo se forman los agujeros negros.”

¿Y cómo se forman los agujeros negros?

“Lo cierto es que no lo sabemos. Existen evidencias de que hay dos tipos de esta clase de objetos: los albergados en el centro dinámico de las galaxias, que son los agujeros negros supermasivos, y los agujeros negros que se forman debido a la explosión de estrellas muy masivas. Sin embargo, no se conocen los detalles de este proceso, ya que hay muy pocas observaciones.”

¿Qué características tiene GRO J1655-40?

“Se encuentra en el plano de nuestra galaxia y tiene una compañera, una estrella relativamente masiva, de entre 2 y 3 masas solares. La estrella compañera ha sido clasificada como una subgigante, pero tengo mis dudas sobre esta clasificación. Además, GRO J1655-40 es el segundo agujero negro acretaante que se considera un microcuásar, que son como cuásares pero a escalas estelares, en lugar de a escalas galácticas.”



¿Qué le depara el futuro a la estrella compañera del agujero negro, será «devorada» por él?

“No lo sabemos con certeza. En algunos casos la compañera va perdiendo momento orbital y termina siendo «devorada» por el agujero negro. Ahora tenemos evidencias de que pueden terminar fagocitando completamente a la compañera. Por lo tanto, sabemos que los agujeros negros pueden crecer de masa.”

¿Cómo ha estudiado la dinámica de este sistema?

“Lo hemos estudiado tomando imágenes de la posición de la estrella compañera en diferentes años. Ésta se mueve muy rápido, orbita alrededor del agujero negro con un periodo de entre dos y tres días. Por lo tanto, el desplazamiento orbital del agujero negro es muy pequeño comparado con el de todo el sistema. Para determinar su movimiento tomamos una imagen en 1995 y otra en el 2001, seis años después. Lo hicimos con el telescopio espacial Hubble, usando un instrumento que se llama *Wide Field Planetary Camera*, antes de que fuera cambiado por los astronautas en la última misión. Luego hemos utilizado la información de otros colegas que habían calculado la velocidad radial y el desplazamiento en el espacio.”

¿Qué se puede concluir a partir del movimiento del agujero negro?

“Sabemos que un objeto no puede moverse así por el plano de nuestra galaxia a menos que haya recibido un impulso, el impulso de una explosión. Si sabemos que ha recibido un impulso, ya

Félix Mirabel, con Rafael Rebolo, Garik Israelian y Jorge Casares.
Foto: Luis Cuesta (IAC)

podemos saber algo acerca del proceso de formación. Para entenderlo, podemos imaginarnos que estamos en un bote en reposo, en un lago, y tiramos de forma perpendicular una piedra. En ese caso el bote no se mueve, mientras que si la tiras hacia la parte posterior o anterior, el bote recibe un impulso en sentido contrario. El equivalente de tirar la piedra de este modo, en el caso del agujero negro es que se produce eyección de materia. Para ello tiene que haber un colapso de la estrella progenitora, una fase en la que el gas que cayó de las capas superiores rebotó. Por lo tanto, el hecho de que el agujero negro se mueva así implica que se tuvo que formar un objeto compacto transitorio. No se pudo formar el agujero negro directamente, porque en ese caso, si tiras materia, ésta desaparece silenciosamente, no hay rebote.”

¿Qué tipo de objeto compacto sería el que se forma transitoriamente?

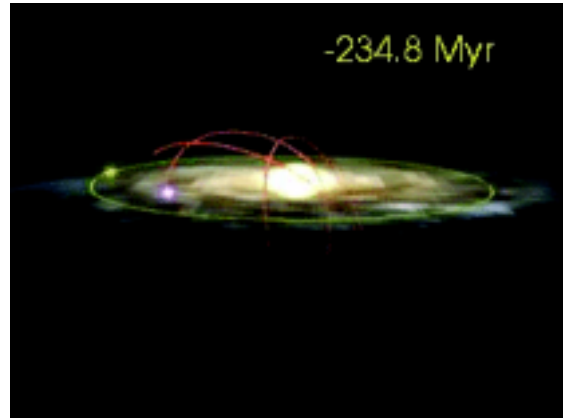
“Sabemos que la estrella masiva progenitora colapsó primero en una estrella de neutrones, luego se produjo la explosión por alguna razón. Esta explosión provocó la eyección de material, que volvió a caer sobre la estrella y le hizo sobrepasar el límite de 3 masas solares a partir del cual una estrella de neutrones se convierte en un agujero negro. No sabemos cuánto duro esta fase de estrella de neutrones, tal vez minutos, u horas.”

¿A qué se debe el curioso nombre de GRO J1655-40?

“El Gamma Ray Observatory fue quien descubrió este agujero, en 1995, de ahí el nombre de GRO. Se trata de un observatorio espacial de rayos X y gamma, radiaciones gracias a las cuales se descubren este tipo de objetos. Cuando vamos a las imágenes ópticas, GRO J1655-40 no es prominente, pero en rayos X sí.”

¿Por qué emite este tipo radiaciones?

“El físico ruso Zeldovich ya predijo que si existían agujeros negros que pertenecían a sistemas binarios y acretaban materia de la estrella compañera, tendrían que ser fuente de radiaciones. Para entender el motivo, podemos pensar en lo que ocurre cuando inflas la goma de una bicicleta. Con el inflador debes introducir el aire en el neumático a través de un orificio muy pequeño; como tienes que comprimir, el gas se calienta, calor que puedes notar en la mano con la que estás inflando la rueda. Esto se debe a que al comprimir el gas, la temperatura aumenta, como explica la física de los gases ideales. En un agujero negro de unas 4 masas solares, el radio es sólo de unos 10 km, por lo que el gas se ha de comprimir mucho para «pasar» por él. Como resultado, el gas se calienta tanto que emite radiación de alta energía, esencialmente en rayos X.”



¿Harán más observaciones de este sistema?

“En el futuro habrá más observaciones no sólo de este objeto, sino también de otros. Mi siguiente trabajo (publicado el 28 de enero de 2003 en *A&A* vol 398, issue 3) es sobre Scorpius X-1, la primera fuente de radiación X que se descubrió fuera del sistema solar en el año 1962, que ha sido uno de los motivos por los cuales se ha llevado Giacconi el Premio Nobel (2002). Al igual que con GROJ1655-40, hemos determinado su movimiento en nuestra galaxia, sólo que con mucha más precisión. Se trata también de un sistema binario, pero de características distintas. Creemos que este sistema proviene de un cúmulo globular, que es un sistema de estrellas muy antiguo, que se formó en el mismo momento o antes de que se formara el plano de la Vía Láctea, hace unos 7.000 millones de años. En este caso no ha sido determinado con el Hubble, sino con un interferómetro de ondas de radio conocido como el VLBA (*Very Large Baseline Array*). Con este instrumento pudimos determinar con una precisión muy buena el movimiento de este objeto que aquí en Canarias fue estudiado por Jorge Casares, y cuyos datos utilizamos también en nuestro estudio.”

*Órbita galactocéntrica de Scorpio X-1. En color rojo se observa la órbita de Scorpio X-1 alrededor del centro galáctico y en amarillo la órbita del Sol durante los últimos 230 millones de años.
© ESA, NASA y Félix Mirabel.*

ASTRONOMÍA VIRTUAL

El origen de los agujeros negros

ENTREVISTA CON FÉLIX MIRABEL



Ha mencionado antes la existencia de los agujeros negros supermasivos, ¿qué se sabe sobre su origen?

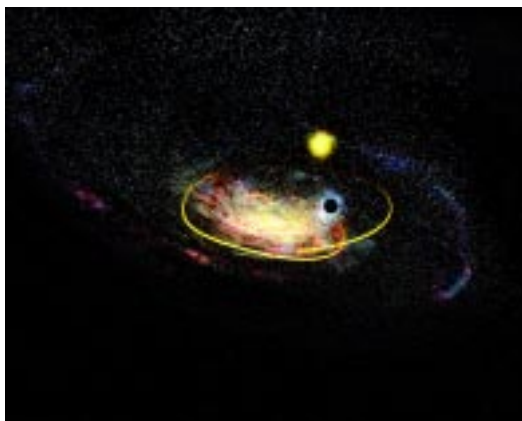
“Una de las cuestiones más actuales de la Astronomía es saber el origen de estos agujeros negros, ya que todas las galaxias masivas albergan uno en su centro dinámico, como se ha comprobado incluso para nuestra galaxia. Creemos que la formación de estos agujeros negros debe estar vinculada a la de los bulbos de las galaxias, porque existe una relación directa de proporcionalidad entre la masa de los bulbos y la de estos agujeros negros. Sin embargo, no sabemos si se forman por una acreción o por un colapso monolítico. Se trata de una de las líneas de investigación más activa en la astronomía extragaláctica.”

“En general existe la tendencia de trabajar sólo en una longitud de onda: los hay que trabajan en el óptico, los de altas energías usan satélites espaciales, etc. Yo creo que para resolver los problemas esenciales, uno ha de integrar y sintetizar la información de diferentes longitudes de onda.”

¿También detectamos estos agujeros negros por la emisión de rayos X o gamma?

“No, estos objetos se identifican mejor en el óptico. La razón es que el horizonte de sucesos de un

agujero negro supermasivo tiene un radio de 100 unidades astronómicas. Como la región es tan grande, el gas no se necesita comprimir tanto, por lo que tampoco se calienta a temperaturas tan altas como en el caso de los agujeros negros más pequeños. A estas temperaturas se puede observar en el óptico.”



Usted utiliza el término «astronomía virtual». ¿A qué se refiere con él?

“La «astronomía virtual» es un modo de hacer astronomía en la cual utilizamos bases de datos de otra gente y lo que hacemos nosotros es reunirlos para realmente comprender los fenómenos. En general existe la tendencia de trabajar sólo en una longitud de onda: los hay que trabajan en el óptico, los de altas energías usan satélites espaciales, etc. Yo creo que para resolver los problemas esenciales, uno ha de integrar y sintetizar la información de diferentes longitudes de onda. Existen preguntas fundamentales y para empezar a resolverlas no basta con una aproximación parcial, derivada de cierto tipo de observaciones específicas. La llamo virtual porque ha sido posible gracias al desarrollo de la informática y de la instrumentación, junto a la existencia de grandes bases de datos.

Impresión artística de una vista oblicua de la Vía Láctea. El agujero negro GRO J1655-40 se está moviendo a una velocidad de 400.000 km/h, cuatro veces más rápido que otras estrellas en su vecindad. © ESA, NASA y Félix Mirabel.

Creo que si tenemos preguntas claras podemos usar todos estos datos para tratar de hacer ciencia y es lo que yo trato de hacer, con mis estudiantes de tesis doctoral y colaboradores. Por ejemplo, en el caso de las observaciones de GROJ1655-40 eran las observaciones con el telescopio espacial Hubble las únicas que aún hacían falta para calcular la órbita, ya que la distancia, la velocidad radial, e incluso la naturaleza de la estrella ya se habían estudiado. Faltaba solamente esta pequeña medición para poder integrar toda la información. En el caso de Scorpius X-1, toda la información estaba ahí, nosotros hicimos uso de ella y con un modelo, que tampoco era nuestro, sino que tomamos de la literatura, computamos la órbita, y a partir de eso inferimos cuál era el origen de la primera fuente de rayos X detectada más allá del Sistema Solar.”

SARA GIL (IAC)