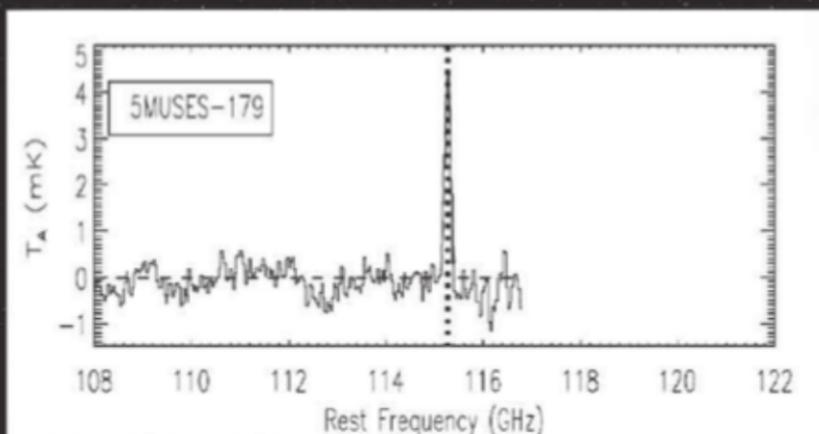


Itziar Aretxaga, Alfredo Montaña y Olga Vega *

24 MUSAS al descubierta: la productividad de las fábricas de estrellas a 4 mil millones de años luz

• Detección de GTM de la línea del monóxido de carbono en la galaxia 5MUSAS-179, a 733 millones de años luz. La línea es producto de la desexcitación de la molécula, del primer estado excitado rotacional al estado base de mínima energía. Esta galaxia tiene una masa estelar similar a la de la Vía Láctea, tres veces su tasa de formación de estrellas, y el calentamiento del medio interestelar está dominado por la fábrica de estrellas que alberga.



Conocer la eficiencia con la que se forman las estrellas a lo largo de la historia del Universo es crucial para entender cómo galaxias como la Vía Láctea se formaron y adquirieron las características químicas que permitieron, entre otras cosas, sustentar la vida en un planeta llamado Tierra.

Recientemente un grupo de astrónomos de México y Estados Unidos, encabezado por la estudiante de doctorado Allison Kirkpatrick, de la Universidad de Massachusetts, hemos realizado la medida de esta eficiencia en un conjunto de galaxias con altas tasas de formación estelar. La muestra de galaxias, apodada "MUSAS" (5MUSES para ser precisos, por sus siglas en inglés, "5 Milli-Jansky Unbiased Spitzer Extragalactic Survey"), fue identificada por el telescopio infrarrojo espacial Spitzer, y está siendo estudiada en más detalle por diversos telescopios, entre ellos el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM), aquí en México.

El GTM es un proyecto binacional encabezado por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en México y la Universidad de Massachusetts en Estados Unidos, financiado con fondos públicos: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México, y la National Science Foundation en Estados Unidos, entre otros. El telescopio se ubica en la cima del Tliltépetl o Volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, a 4 mil 581 metros sobre el nivel del mar. La antena parabólica tiene 50 metros de diámetro, de los cuales 32 son actualmente operativos, y fue especialmente diseñada para captar radiación a longitudes de onda de 0.85 a 4 milímetros. El Detector de Corrimientos al Rojo, instrumento que utilizamos para el estudio de las MUSAS, es un espectrómetro muy sensible, capaz de medir la emisión de moléculas a grandes distancias en el Universo.

Las MUSAS estudiadas por nuestro equipo se encuentran a distancias que los astrónomos consideramos intermedias, de unos 500 a 4 mil 500 millones de años luz. Para ponerlo en contexto, pensemos que la galaxia gigante más cercana a la Vía Láctea, Andrómeda, se encuentra a una distancia de 2,5 millones de años luz, la galaxia central de nuestro supercúmulo Virgo, Messier 87, a 53 millones de años luz, y las galaxias más distantes que conocemos hasta el momento a unos 30 mil millones de años luz. Entender las propiedades de galaxias a distancias intermedias nos ayuda a dar el brinco entre las propiedades de las galaxias cercanas, en donde podemos medir con mucho detalle y de lado a lado su contenido de gas y la virulencia de la formación estelar, y las más lejanas, en donde la metodología de medición es la integración de toda la luz recibida, como si todas las zonas de la galaxia se comportaran igual.

Entre marzo y abril de 2014 apuntamos el GTM a 24 de las 330 MUSAS del catálogo original de Spitzer, con la intención de medir la emisión de la molécula de monóxido de carbono (CO), que es especialmente intensa en galaxias con formación estelar. De las 24 galaxias estudiadas, encontramos una clara señal de la molécula en 17 de ellas, mientras que para las siete restantes, el tiempo de integración escogido, de entre cinco y 100 minutos, fue demasiado corto como para asegurar la detección. Lo importante no era detectar la molécula en todas y cada una de las galaxias (aunque hubiera sido lo ideal), sino en las suficientes como para poder medir la luminosidad de CO promedio de la muestra, y a través de esta medida, inferir cuánto gas molecular poseen estas galaxias.

Conocer esta cantidad es crucial para nuestro trabajo: el ritmo al cual una galaxia puede formar estrellas está limitado a la cantidad de gas molecular que contiene, ya que las estrellas se forman por el colapso gravitatorio de regiones ricas en gas molecular y polvo, las llamadas nubes moleculares. Debido a alguna clase de inestabilidad, como puede ser la explosión de una supernova cercana o el paso por los brazos espirales, estas nubes se vuelven inestables gravitacionalmente, fragmentándose y colapsando. Cuando esto ocurre, la nube aumenta enormemente su densidad hacia el centro, y es ahí donde, con el tiempo, nacerán las nuevas estrellas. La intensa radiación de las estrellas recién nacidas calienta el polvo que hay en el medio que las rodea, provocando una enorme emisión de radiación infrarroja, cuya medición nos permite estimar la tasa a la que las estrellas se están formando. Sin embargo, el cálculo de este ritmo de formación de estrellas en galaxias tiene una dificultad adicional, ya que en el centro de muchas de ellas hay un hoyo negro supermasivo alrededor del cual se dan procesos de acrecentamiento que pueden también calentar el polvo y producir emisión infrarroja, falseando así la estimación de la tasa de formación estelar.

Este problema lo tratamos con especial cuidado en las MUSAS, siendo éste uno de los pocos trabajos en los que se ha tenido en cuenta este hecho. Con los datos del telescopio Spitzer fuimos capaces de deducir cuánto calentamiento era debido al acrecentamiento del hoyo negro y cuánto a la fábrica de estrellas. En la mayoría de las galaxias las estrellas dominan el calentamiento, pero hay cuatro de ellas en las que el hoyo negro contribuye con alrededor de 40 por ciento. Una vez que decidimos cuánto luminosidad infrarroja producían las estrellas, pudimos deducir la tasa de formación de estrellas: de entre dos y 150 soles al año. Por comparación la tasa de formación de estrellas en la Vía Láctea es de un sol al año.

Pero tener dos o 150 soles al año no nos dice cuán eficientes son las fábricas estelares estudiadas. Para eso tenemos que saber cuánto gas molecular hay del que todavía se pueden formar estrellas. La emisión de CO viene así a nuestra ayuda, y es el cociente entre la luminosidad infrarroja total y la luminosidad de CO el que tomamos como indicador de productividad. Las eficiencias medidas en las MUSAS, una vez que se corrige del efecto de calentamiento por el hoyo negro, son muy parecidas entre ellas, y están muy cerca de los valores medidos por otros investigadores en galaxias más cercanas. Este resultado es muy importante, ya que sugiere que la eficiencia a la que el gas molecular se convierte en estrellas podría ser un proceso global y que, al contrario de lo sugerido por otros autores, no dependería del tipo de objeto ni de la época de formación. Sin embargo, también encontramos que las galaxias con calentamiento adicional del hoyo negro supermasivo son ligeramente menos eficientes (40 por ciento menos productivas), lo que quizá indique que la actividad alrededor del hoyo negro empieza a estrangular la formación de estrellas al sobrecalentar y desbaratar el medio molecular denso del que nacen. De todas formas, los datos sobre galaxias con fuerte contribución de hoyos negros son todavía escasos, y este resultado amerita la continuación de este estudio con una muestra de MUSAS similares más extensa.

Este artículo se basa en los resultados presentados por A. Kirkpatrick y colaboradores en nuestro artículo del *Astrophysical Journal*, en prensa, basado en resultados obtenidos con el GTM este año. ◀

* itziar@inaoep.mx, amontana@inaoep.mx y ovega@inaoep.mx