

¿Una galaxia sin materia oscura?

En 2018, un trabajo afirmó haber descubierto una galaxia carente de la sustancia invisible que permea el cosmos. Dos estudios recientes rebaten dicho resultado

IGNACIO TRUJILLO CABRERA



LA GALAXIA KKS2000-04 (*nube translúcida en el centro de la imagen*), también conocida como NGC 1052-DF2, es una galaxia enana ultradifusa situada en la constelación de la Ballena. En los últimos dos años, este objeto ha estado en el foco de un intenso debate que afecta a uno de los pilares de la concepción moderna del cosmos: ¿existen galaxias sin materia oscura?

El 3 de marzo de 1912 es una fecha que para la gran mayoría no trae ningún recuerdo especial. Ese día, sin embargo, la astrónoma Henrietta Leavitt publicaba en el *Harvard College Observatory Circular* una pequeña contribución que, a la postre, acabaría cambiando nuestra manera de entender el universo.

Leavitt había encontrado un resultado sorprendente: para cierto tipo de estrellas pulsantes (aquellas cuyo brillo aumenta y disminuye con el tiempo), las llamadas cefeidas, el período de pulsación dependía de su luminosidad intrínseca; es decir, de

la cantidad de luz que emitían. Así pues, bastaba con medir la duración de sus pulsaciones y su brillo aparente (la fracción de luz que llega a la Tierra) para deducir la distancia a la que se encontraban. Leavitt nos proporcionó así un método fiable para medir la distancia a objetos muy lejanos, las galaxias, gracias a lo cual nuestro conocimiento del universo dio un gigantesco paso adelante. De no ser por su prematura muerte, es posible que su hallazgo le hubiera merecido un premio Nobel.

La historia del descubrimiento de Leavitt muestra hasta qué punto nuestra

comprensión de los objetos astronómicos depende de la capacidad para medir cuán lejos se encuentran. Esta cuestión ha preocupado a los astrónomos desde el nacimiento de su disciplina y, aún hoy, sigue siendo uno de los mayores quebraderos de cabeza en astrofísica y cosmología: ¿cómo medir la distancia a algo que no podemos tocar?

Hace poco, el problema de la determinación de distancias en astronomía ha ocupado un papel central en una importante polémica. En 2018, un artículo publicado en la prestigiosa revista *Nature*



LOS CÚMULOS GLOBULARES son agrupaciones esféricas de estrellas que orbitan en las regiones externas de la mayoría de las galaxias conocidas (en la imagen, el cúmulo globular M80, situado en la Vía Láctea y formado por varios cientos de miles de estrellas). El estudio de estas agrupaciones estelares se ha demostrado clave para analizar la posible ausencia de materia oscura en la galaxia KKS2000-04.

ture anunció un hallazgo sorprendente: la existencia de una galaxia sin materia oscura. El descubrimiento causó conmoción entre la comunidad astronómica, ya que la existencia de esta sustancia invisible constituye uno de los pilares de nuestro entendimiento moderno del cosmos. Sin embargo, dos trabajos recientes de nuestro grupo de investigación en el Instituto de Astrofísica de Canarias han llegado a la conclusión contraria: un cálculo más cuidadoso de la distancia a la que se encuentran las galaxias implicadas revela que estas se hallan mucho más cerca de lo supuesto inicialmente, con lo que sus propiedades anómalas desaparecen.

Una cuestión de distancia

A lo largo de la historia, la distancia a la que se hallan los diferentes objetos astronómicos ha sido fuente de innumerables polémicas. Un ejemplo fue el célebre

«Gran Debate» del año 1920 entre Harlow Shapley y Heber Curtis. En él se discutía sobre la naturaleza de lo que entonces se conocía como «nebulosas espirales». Para Shapley, estas estructuras eran objetos pequeños pertenecientes a nuestra propia galaxia. Curtis, en cambio, defendía que debían estar muchísimo más lejos y constituir, por tanto, entidades independientes y tan grandes como la Vía Láctea. Poco después, los estudios de Leavitt sobre las cefeidas se revelaron clave para resolver esta disputa y convertir nuestro universo en uno poblado por innumerables galaxias.

Hoy en día asistimos a debates igual de intensos y fundamentales. Uno de ellos es el relacionado con la velocidad a la que se expande el universo actual, cuya solución podría conducir al descubrimiento de nueva física [véase «El problema de la constante de Hubble», por Dominik J. Schwarz; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo

de 2019]. Otro surgió hace casi dos años con la publicación del artículo mencionado arriba, sugerentemente titulado «Una galaxia sin materia oscura».

Los autores de aquel trabajo, liderados por el investigador de Yale Pieter van Dokkum, comunicaban el descubrimiento de una galaxia enana (con un número de estrellas unas 300 veces menor que el de la Vía Láctea) cuya dinámica interna podía explicarse sin necesidad de suponer la existencia de materia oscura. De ser cierto, las consecuencias serían de primer orden, ya que uno de los cimientos de la teoría moderna de formación de galaxias es justamente la existencia de materia oscura. Sin esta materia invisible, no sabríamos explicar cómo pudo producirse la atracción gravitatoria suficiente para que el gas inicial que forma las estrellas se agrupase y diese lugar a las galaxias. Así pues, a raíz de dicha publicación comenzó una carrera frenética por entender la naturaleza de aquella enigmática galaxia.

La galaxia en cuestión, denominada KKS2000-04 y también conocida como NGC 1052-DF2, presentaba otra característica que la hacía aún más extraña. Sus cúmulos globulares (agrupaciones esféricas de estrellas que orbitan alrededor de casi todas las galaxias conocidas) eran anormalmente luminosos. Alertados por este hecho, mi grupo de investigación decidió explorar con detalle cuán lejos se encontraba realmente la galaxia. Si, por alguna razón, KKS2000-04 se hallase más cerca de lo que originalmente había supuesto el grupo de Yale, su dinámica interna no solo implicaría la existencia de materia oscura, sino que su población de cúmulos globulares sería también normal.

Brillo superficial

KKS2000-04 se encuentra demasiado lejos para aplicar el método de Leavitt, ya que resulta muy difícil resolver sus cefeidas de manera individual. Así pues, debemos recurrir a otros indicadores de distancia menos precisos pero que, a cambio, permiten examinar objetos más remotos. En este caso, la estimación original de la distancia a KKS2000-04 se había logrado mediante una técnica conocida como «fluctuaciones de brillo superficial».

Dicho método se basa en dividir la imagen de la galaxia en varias áreas, o «píxeles», y examinar las diferencias de brillo existentes entre ellas. En una galaxia relativamente cercana, cada píxel

contendrá pocas estrellas y, por pura estadística, algunos incluirán estrellas muy brillantes (las cuales son también muy escasas) y otros no. Como consecuencia, observaremos variaciones de brillo considerables entre los distintos píxeles de la imagen. Si, por el contrario, la galaxia se halla muy lejos, cada píxel abarcará un número enorme de estrellas, de manera que todos ellos presentarán un brillo similar. En otras palabras: cuanto mayor sean las diferencias de brillo entre los distintos píxeles, más cerca se encontrará el objeto. Con una calibración adecuada, este método permite estimar la distancia a la que se halla una galaxia.

Según esta técnica, el equipo de Van Dokkum encontró que KKS2000-04 se encontraba a unos 20 megapársecs (Mpc), equivalentes a unos 65 millones de años luz. Además, dicha distancia coincidía con la estimada para otra galaxia gigante que se hallaba en la misma línea de visión que KKS2000-04. Por tanto, esta última (una galaxia enana) podía entenderse como una galaxia satélite de la primera. Todo parecía encajar. No obstante, había un punto débil en el razonamiento del grupo de Yale.

La técnica de las fluctuaciones de brillo se había calibrado usando galaxias muy masivas, densas y con una población estelar rica en «metales» (término que, en astronomía, se refiere a todos los elementos más pesados que el helio). Sin embargo, KKS2000-04 es muy poco densa —casi podemos ver a través de ella— y sus estrellas son pobres en metales. Así pues, ¿podía aplicarse el método propuesto por Van Dokkum y sus colaboradores?

Por fortuna, muy poco después de la publicación del trabajo en *Nature*, apareció un artículo en el que otro grupo calibraba el método de las fluctuaciones de brillo con galaxias mucho más parecidas a KKS2000-04. Al aplicar esta nueva calibración, la distancia a la galaxia en disputa se reducía automáticamente hasta unos 15 Mpc; es decir, un 25 por ciento menos.

Indicadores adicionales

No contentos con este resultado, nuestro grupo decidió explorar otros indicadores de distancia. El método más robusto que encontramos fue el conocido como «brillo de la parte alta de la rama de gigantes rojas», también llamado TRGB por sus siglas en inglés. Este se basa en que las estrellas gigantes rojas, durante un corto período de tiempo denominado «fogona-

zo del helio», alcanzan un brillo máximo muy intenso cuya luminosidad en el infrarrojo es siempre la misma. Esta técnica se parece en espíritu a la de Leavitt, pero permite calcular distancias hasta unos 20 Mpc, siempre y cuando la resolución permita identificar gigantes rojas de manera individual.

Por fortuna, KKS2000-04 había sido observada con dicha resolución por el telescopio espacial Hubble. De inmediato

El debate sobre KKS2000-04 ilustra la dificultad que reviste calcular distancias en astronomía

nos pusimos manos a la obra y analizamos sus gigantes rojas. Aquello no fue tarea fácil, ya que los datos del Hubble se encontraban en el límite de resolución requerido. De hecho, esa fue una de las razones por las que el grupo de Yale no empleó este método. Sin embargo, y aunque los datos no fuesen los mejores, decidimos probar fortuna. Para nuestra sorpresa, encontramos que la distancia que arrojaba la nueva técnica era aún menor: 13 Mpc.

Además, probamos con otros tres métodos independientes. Uno de ellos se basó en considerar una galaxia de propiedades y tamaño muy similares a los de KKS2000-04 pero mucho más cercana, por lo que su distancia se conocía con precisión. Al simular cómo se vería esta galaxia a varias distancias, pudimos comprobar que la mejor coincidencia con el aspecto de KKS2000-04 se daba a justamente a 13 Mpc, descartando con una probabilidad del 99,7 por ciento que se hallase a 20 Mpc. Por último, usamos dos propiedades de los cúmulos globulares que son tremendamente estables e independientes de las galaxias que los albergan: la luminosidad y el tamaño medio de estas agrupaciones estelares. De nuevo, dichos indicadores volvían a arrojar una distancia próxima a los 13 Mpc.

Con este valor, las propiedades de KKS2000-04 son las habituales: la dinámica de la galaxia resulta compatible con la existencia de materia oscura y sus cúmulos globulares exhiben las propiedades esperadas.

Observaciones en curso

En estos momentos el debate continúa abierto. A principios de 2019, el grupo de Yale encontró en el mismo grupo de objetos otra galaxia cuya dinámica era todavía más extrema que la de KKS2000-04: sus cúmulos estelares se movían tan despacio que ni siquiera la materia visible podía explicar con facilidad su dinámica. Para esta galaxia, los autores proponen asimismo una distancia de unos 20 Mpc, si bien usan la misma técnica de fluctuaciones de brillo superficial que hemos criticado.

En un trabajo publicado el pasado mes de julio, hemos vuelto a usar la técnica de las gigantes rojas para estimar la distancia a esta nueva galaxia. Una vez más, nuestro análisis arroja un resultado mucho menor: unos 14 Mpc.

Con todo, la ciencia se alimenta de la aportación constante de datos, por lo que ya hay en camino nuevas observaciones, tanto del telescopio espacial Hubble como de otros instrumentos terrestres. Quizá para cuando usted lea estas líneas ya sepamos con seguridad si estas galaxias carecen verdaderamente de materia oscura o si, por el contrario, no son más que pequeñas galaxias ordinarias y más cercanas. Como ocurre casi siempre, el tiempo tendrá la última palabra.

—**Ignacio Trujillo Cabrera**

Instituto de Astrofísica de Canarias

PARA SABER MÁS

A galaxy lacking dark matter. Pieter van Dokkum et al. en *Nature*, vol. 555, págs. 629-632, marzo de 2019.

A second galaxy missing dark matter in the NGC 1052 group. Pieter van Dokkum et al. en *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 874, art. L5, marzo de 2019.

A distance of 13 Mpc resolves the claimed anomalies of the galaxy lacking dark matter. Ignacio Trujillo et al. en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 486, págs. 1192-1219, junio de 2019.

The TRGB distance to the second galaxy “missing dark matter”: Evidence for two groups of galaxies at 13.5 and 19 Mpc in the line of sight of NGC 1052. Matteo Monelli e Ignacio Trujillo en *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 880, art. L11, julio de 2019.

EN NUESTRO ARCHIVO

Galaxias enanas y materia oscura. Pavel Kroupa y Marcel Pawłowski en *IyC*, marzo de 2011.

¿Es real la materia oscura? Sabine Hossenfelder y Stacy S. McGaugh en *IyC*, octubre de 2018.