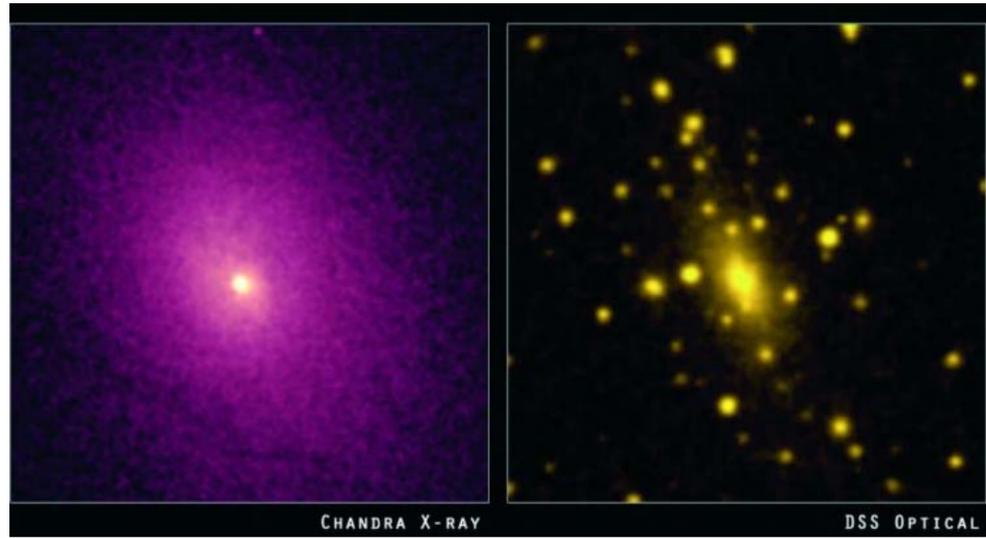


CIENCIA Hoy • Crónicas del Cosmos por el Instituto de Astrofísica de Andalucía

Investigación. Un grupo de astrónomos crea el primer mapa en tres dimensiones de la materia oscura, un tipo específico de materia compuesto por partículas exóticas, que no brilla y que no se puede ver



El cúmulo de galaxias Abell 2029, observado en rayos X y en el óptico, se halla envuelto en una nube de gas caliente.

Cartografiando lo invisible

Silbia López de Lacalle

■ GRANADA. Una noticia impactante: un grupo internacional de astrónomos ha logrado crear el primer mapa en tres dimensiones de la materia oscura. Lo de las tres dimensiones pasa, pero ¿qué es la materia oscura? Se trata de un tipo de materia difícil de imaginar: todo lo que vemos, desde un inspector de hacienda hasta una galaxia, está formado por protones, neutrones y electrones, y constituye lo que se conoce como materia ordinaria (o bariónica, para los científicos). La materia oscura, por el contrario, se com-

pone de partículas exóticas, no brilla —ni emite ni refleja luz— y tiene una interacción muy débil con la materia ordinaria. Vamos, que no la podemos ver. Pero, por suerte, sí que responde a la gravedad, esa fuerza que nos mantiene pegados a la Tierra o a las estrellas dentro de una galaxia, y se descubrió gracias a ello: en los años treinta del siglo pasado, el astrónomo Fritz Zwicky, al medir las velocidades de las galaxias en el cúmulo de Coma, descubrió que se movían tan rápidamente que la gravedad atribuible a la materia luminosa resultaba insuficiente para mantenerlas uni-

das. Debía, por lo tanto, existir algún tipo de materia no visible cuya gravedad impidiera la separación. Jan Oort llegó a una conclusión similar, pero aplicada al movimiento de las estrellas dentro de las galaxias.

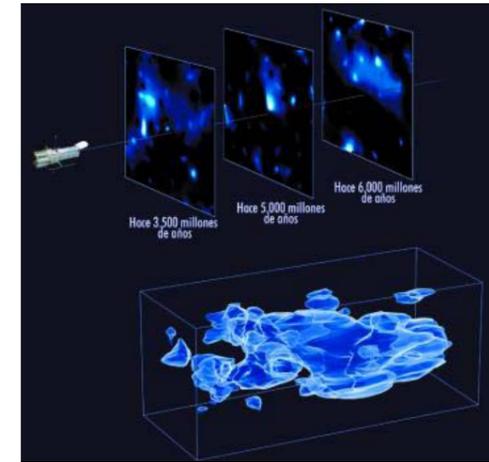
UN ELEMENTO IMPRESCINDIBLE. Sin embargo, transcurrieron cuarenta años hasta que la comunidad científica aceptó estas evidencias. En los sesenta se fraguaba la teoría que, hasta el momento, explica mejor el origen y la evolución del Universo, el Big Bang. Según ella, el Universo se formó a partir de una

singularidad, o un lugar donde las leyes de la física carecen de validez: hace 13.700 millones de años, toda la materia y energía estaba contenida en un punto infinitamente denso y pequeño que experimentó una violenta expansión, origen del tiempo, el espacio y todas las agrupaciones de materia. Se obtuvo hasta una 'foto' de su infancia, de cuando tenía 300.000 años (lo que se conoce como 'fondo cósmico de microondas') que, para entenderlo, muestra una 'sopa homogénea' salpicada de minúsculas irregularidades, a partir de las que crecieron las estructuras que

hoy observamos. Pero hasta el Universo anduvo falto de tiempo: los astrónomos compararon esas irregularidades primigenias con la imagen actual y resultó que los 13.700 millones de años que se le atribuyen al Universo son insuficientes para el desarrollo de estructuras tan grandes. Hacía falta un aglutinante, y la materia oscura completaba el cuadro: supongamos que, al principio, hay materia oscura y bariónica en equilibrio. Como la primera tiene unas propiedades de interacción diferentes a la segunda, empieza a agruparse mucho antes; así, la materia bariónica tiene el camino preparado y cae sobre los grumos ya formados. Por lo tanto, la materia oscura constituye, además de un misterio, una de las piezas para que el modelo de Universo hoy día aceptado funcione.

EL 'ESQUELETO' DE LAS GALAXIAS. Ahora que podemos volver al mapa en tres dimensiones con el que empezamos, hallamos un nuevo obstáculo: no se puede cartografiar lo invisible, ¿no? Pero sabemos que la materia oscura sí que interacciona gravitatoriamente con la ordinaria, de modo que también afecta a luz que emana de ésta. Y la luz siempre sigue el camino más corto: ante grandes cúmulos de materia, se desvía o se divide para continuar su trayectoria. O, más claro: el Universo sin materia podría compararse con una sábana tensada por los cuatro lados; si una pelota cayera, ese espacio se curvaría y desviaría los rayos de luz emitidos por objetos lejanos. El resultado varía desde un aparente cambio de posición hasta una deformación o multiplicación de la imagen fuente. Así, si se observa un cúmulo de galaxias lo suficientemente lejano, es posible que exista una concentración de materia oscura entre él y noso-

En acción. La materia oscura interacciona gravitatoriamente con la ordinaria, de modo que también afecta a la luz que emana de ésta. Y la luz siempre sigue el camino más corto: ante grandes cúmulos de materia, o se desvía o se divide



Este mapa muestra el cambio de distribución de la materia oscura.

tros, y que la imagen del cúmulo sufra distorsiones. Esto es lo que ha estado buscando el Telescopio Espacial Hubble a lo largo de dos años en una región del cielo equivalente a cuatro lunas llenas. Con la ayuda del telescopio Subaru (Hawái) y el VLT (Chile) se han calculado las distancias a las galaxias que muestran distorsiones, y el satélite XMM-Newton ha realizado un mapa del gas de la región —la forma más abundante de materia en las galaxias y los cúmulos—. Combinando toda la información, los investigadores han aislado las zonas donde la desviación de la luz no puede deberse únicamente a la materia ordinaria, lo que implica que esas regiones contienen materia oscura. Y así se ha obtenido el mapa, que no sólo contiene informa-

CONFIRMACIÓN

La materia oscura constituye el esqueleto a partir del que crecieron las estructuras que hoy pueblan el Universo

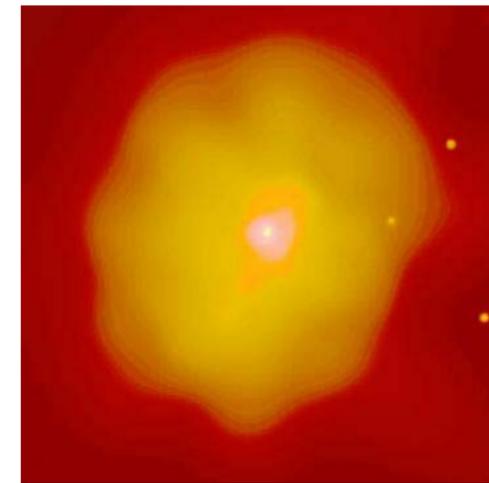


Imagen del cúmulo EMSS 1358+6245.

ción 'geográfica', sino también temporal: las imágenes de objetos lejanos corresponden a una etapa de su evolución muy anterior, ya que la luz puede tardar miles de millones de años en alcanzarnos. Esto ha permitido examinar con detenimiento la distribución de la materia oscura a lo largo del tiempo, en un periodo de entre 6.500 y 3.500 millones de años, y comprobar que dicha materia ha ido haciéndose más 'grumosa', lo que confirma la teoría: la materia oscura constituye el esqueleto sobre el que se agrupó la materia ordinaria y a partir del que crecieron las estructuras que en la actualidad pueblan el Universo.

EN DETALLE

¿Cómo se busca materia oscura?

Suele hacerse una distinción entre experimentos de búsqueda directa, en los que se intenta identificar la señal que produciría un WIMP —una partícula de materia oscura— a su paso por el detector en el laboratorio, y experimentos de búsqueda indirecta, en los que la señal proviene de ciertos productos derivados de la existencia de los WIMPs, y no de la propia partícula. Esto es lo que persiguen los telescopios Cherenkov, que intentan detectar el flujo de rayos gamma que se produce cuando un WIMP se encuentra con otro en el Universo. Esto es una predicción de la teoría de la Supersimetría, que



afirma que el WIMP debe coincidir con su propia antipartícula, lo que implica que un encuentro entre ambos produciría su aniquilación mutua, con la consiguiente liberación de energía en forma de

radiación. Actualmente hay operativos varios de estos telescopios Cherenkov: MAGIC y VERITAS en el Hemisferio Norte, y HESS y CANGAROO en el Sur. En breve, además, contaremos con el satélite GLAST, que será lanzado este mismo año al espacio. Respecto a experimentos de detección directa, destacan EDELWEISS y CDMS, actualmente los que alcanzan una mayor sensibilidad, y DAMA, un experimento que no hace mucho presentó una serie de resultados prometedores, aunque muy controvertidos. El LHC del CERN, en funcionamiento el año próximo, será también vital en esta búsqueda. / A. J. CUESTA, F. PRADA Y M. A. SÁNCHEZ-CONDE

Preguntamos a los expertos

SILBIA LÓPEZ DE LACALLE

■ GRANADA. Desde Granada, en el Instituto de Astrofísica de Andalucía, también se estudia el 'lado oscuro' del Universo. Antonio José Cuesta, Francisco Prada y Miguel Ángel Sánchez-Conde, que investigan la naturaleza de la materia oscura y la formación de estructuras en el Universo, nos aclaran algunas dudas.

1 La noticia sobre el mapa de materia oscura ya ha generado discrepancias, ¿qué opinión os merece?

—La principal controversia surge de la opinión de que la distribución espacial de la materia oscura y la correspondiente a la materia ordinaria han de coincidir siempre, si bien en el artículo se menciona la detección de dos concentraciones de materia oscura sin ninguna contrapartida luminosa. Esto no es tan sorprendente. Es de esperar que las galaxias se formen en el seno de un 'halo' compuesto de materia oscura, pero también hay que considerar que la materia ordinaria no siempre acaba formando galaxias, o que puede ser expulsada por ejemplo mediante la acción de supernovas, dando como resultado un halo no luminoso. Inversamente, también existen estructuras luminosas que se han formado sin necesidad de materia oscura, como por ejemplo los cúmulos globulares de nuestra galaxia.

2 Se habla de varias posibilidades sobre la naturaleza de la materia oscura: la fría (los WIMPs) y caliente (los neutrinos). ¿Tendéis algún favorito?

—Diferentes observaciones favorecen la primera. Las fluctuaciones del fondo de microondas son tan pequeñas que si la materia oscura estuviera compuesta de materia oscura caliente (como el neutrino), que viaja a velocidades próximas a la de la luz, habrían sido borradas por completo. Creemos que el crecimiento de estas pequeñas fluctuaciones dio lugar a la formación de todas las estructuras que existen en el Universo, de modo que la materia oscura dominante debe ser fría, lo que hace de los WIMPs candidatos muy prometedores. En la actualidad, los neutrinos aún son considerados como una componente de la materia oscura, aunque en un pequeño porcentaje.

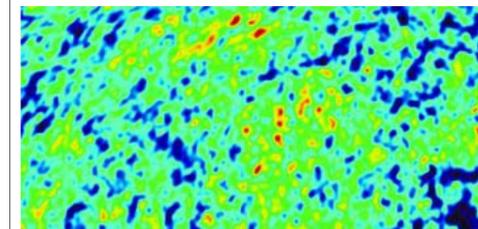
3 De los WIMPs se dice que su existencia ha sido predicha por las teorías de partículas elementales pero que nunca se han detectado en laboratorios terrestres ¿a qué se debe esto? ¿No disponemos de los detectores adecuados?

—Los modelos de física de partículas predicen diversos candidatos que podrían identificarse como WIMPs, como el neutralino, el axión, o el gravitino. Estas partículas apenas interactúan con el resto de la materia ordinaria. Hoy por hoy son los mejores candidatos que tenemos. El hecho de que aún no se detecten en laboratorio no descarta su existencia, ya que sabemos de la presencia de materia oscura o WIMPs por su efecto gravitatorio. Puesto que apenas interactúan con la materia ordinaria son muy difíciles de detectar, hay muchas incertidumbres provenientes de los modelos teóricos y en muchos casos nuestros detectores no alcanzan la sensibilidad necesaria para poner a prueba al menos una gran parte de las posibilidades dadas por la teoría. En breve entrará en funcionamiento un nuevo acelerador en el CERN, el Large Hadron Collider (LHC), que será fundamental en la búsqueda directa de materia oscura y en la confirmación (o no) de los modelos teóricos preferidos actualmente, como la Supersimetría.

4 Se habla de la existencia de la materia oscura en un escenario a gran escala. ¿No existe en 'escalas pequeñas' dentro de nuestro Sistema Solar?

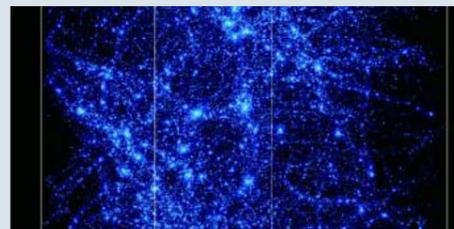
—En nuestra visión actual del Universo, todas las galaxias están contenidas en inmensos halos de materia oscura, varias decenas de veces mayores que la parte luminosa de la galaxia. La materia oscura no sólo rodea a la materia luminosa, sino que comparte con ella también las regiones interiores de la galaxia. Por tanto, la materia oscura también se encuentra en nuestro Sistema Solar, situado en la zona interior del halo galáctico, a unos 30.000 años-luz del centro. No obstante, la densidad de materia oscura decrece muy rápidamente conforme nos alejamos del centro del halo (que coincide también con el Centro Galáctico), por lo que resulta más difícil detectarla en nuestras cercanías al haber menos cantidad. Por otra parte, es a gran escala donde su presencia resulta más evidente: esta materia oscura se comporta de igual modo que la materia ordinaria bajo la fuerza de la gravedad, que se hace más patente a estas escalas, en las que las aglomeraciones de materia son enormes.

▶ 13.700 MILLONES DE AÑOS EN DOS IMÁGENES



INFANCIA Pequeñas irregularidades

→ El fondo cósmico de microondas constituye la imagen del Universo cuando tenía 300.000 años y era una 'sopa' homogénea con pequeñas irregularidades. La sonda WMAP (NASA) muestra en detalle estas irregularidades, en forma de variaciones de temperatura de millonésimas de grado, que constituyeron la semilla de las estructuras actuales.



MADUREZ Filamentos y vacíos

→ La simulación que se presenta en la imagen superior reconstruye la estructura a gran escala del Universo. Como puede observarse, se trata de una estructura dominada por regiones filamentosas —agrupaciones de materia— alternadas con grandes vacíos.

CONFERENCIA

Los planetas ya no son lo(s) que eran

El pasado año, la Unión Astronómica Internacional aceptó una definición de planeta que expulsaba a Plutón de esta categoría. José Luis Ortiz, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía, explicará en una charla por qué Plutón es ahora un "planeta enano" y los requisitos que debe cumplir un objeto para entrar en la reducida lista de planetas.

→ La conferencia: 25 de enero, a las 19.00 horas en el Salón de actos del IAA (Camino Bajo de Huétor, 50).