CIENCIA
vidaculturaideas

Vista del cielo y las estrellas desde el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile. R. HAHN. FNAL

MATERIA OSCURA

VER LA OSCURIDAD

A lo largo del siglo XX la física alcanzó algunos hitos, desde la teoría de la relatividad general hasta el desarrollo de la mecánica cuántica, pero también aparecieron algunos enigmas aún por resolver, como la materia oscura

TONI POU

Una mañana tormentosa de 1936 Salvador Dalí se despertó y se dirigió como un autómata hacia su estudio. Allí buscó un lienzo pintado 10 años antes en el que había representado la costa que se divisaba desde su casa familiar de Cadaqués. Tapó las rocas más cercanas y la figura de una bañista con un escenario blanco, y sobre él pintó una cama y una butaca, ambas deformadas por el hueco de una persona. Tituló el cuadro *Composición surrealista con figuras invisibles*. Remarcaba así aquello que solo podemos intuir o inferir pero jamás ver u observar directamente: lo invisible cuyas huellas contribuyen a configurar nuestra percepción de la realidad.

Lo que no podemos ver, o mejor dicho, lo que no percibimos directamente con los sentidos, aquella parte escurridiza de la realidad que se mantiene en el dominio del misterio, ha cautivado desde hace siglos la imaginación de creadores y pensadores: desde el mito de la caverna de Platón, que suponía una realidad de la cual solo se entreveían las sombras, hasta las figuras invisibles de Dalí y el mismísimo hombre invisible de H.G. Wells, cuyo caminar dibujaba una secuencia de huellas que aparecían sin más sobre la nieve. Así como al ver el cuadro de Dalí se interpretan los huecos en la cama y la butaca como figuras invisibles, las observaciones indirectas han sido siempre una de las principales fuentes de conocimiento científico. A pesar de que nadie haya visto jamás un protón o un electrón, hoy sabemos que el mundo que nos rodea está hecho de átomos y que estos átomos están formados por un núcleo de protones y neutrones rodeado de electrones. A su vez, los protones y neutrones están formados por dos tipos de otra partícula diminuta llamada quark. De manera que con tres partículas basta para responder una de las preguntas fundamentales de la ciencia: ¿de qué está hecho lo que vemos?

Sin embargo, si se amplía el campo de visión más allá de nuestro mundo y se observa el cielo nocturno con detalle, todo cambia. El siglo XX fue la época dorada de la física: el desarrollo de la mecánica cuántica culminó en los años 70 en el llamado modelo estándar, que describe el comportamiento de las partículas microscópicas, y a principios de siglo Albert Einstein enunció la teoría de la relatividad general, que explica el funcionamiento del universo a grandes escalas. A pesar de estos éxitos, o precisamente gracias a ellos, durante el siglo XX aparecieron también una serie de asombrosos enigmas que representan los mayores retos a los que se enfrenta la ciencia del siglo XXI.

Enigmas galácticos

Uno de estos enigmas lo abrió el astrónomo suizo Fritz Zwicky en 1933 cuando estudió una agrupación de galaxias conocida como cúmulo de Coma, situada a 300 millones de años luz de la Tierra. Zwicky estimó la masa de las galaxias que veía en el cúmulo y midió la velocidad a la que se movían. Tal como predicen todas las teorías aceptadas, cuando un cuerpo orbita alrededor de otro debido a la gravedad, lo hace a mayor velocidad cuando la masa del cuerpo que lo atrae es mayor. Sin embargo, los resultados no cuadraban para nada con esta relación: las galaxias se movían más rápido de lo esperado según la cantidad de materia que se veía allí. A esas velocidades las galaxias se tendrían que desparramar en lugar de arracimarse. A la luz de estos resultados, Zwicky propuso que la masa del cúmulo de Coma era unas 500 veces mayor que la masa total de las galaxias que se veían. Por lo tanto, la mayoría de la materia de dicho cúmulo no era visible. Igual que los espectadores del cuadro de Dalí, Zwicky había deducido la existencia de algo invisible a partir de sus efectos o huellas en lo visible. Llamó a ese algo materia oscura.

Por demasiado raros, los espectaculares resultados del astrónomo suizo fueron ignorados por la comunidad científica hasta los años 70. Un año después de la muerte de Zwicky, en 1975, la astrónoma Vera Rubin presentó las conclusiones a las que había llegado estudiando el movimiento de estrellas en el interior de 60 galaxias. Igual que Zwicky, Rubin encontró que las estrellas más alejadas del centro galáctico se movían mucho más rápido de lo que cabía esperar. Dedujo que las galaxias debían contener mucha más materia que la que se veía. Una explicación sencilla a estos resultados hubiera sido suponer que esa masa que no se veía estaba formada por material que no emite luz, como por ejemplo gas, polvo o pedazos de roca. Pero los astrónomos tienen otras maneras de detectar este tipo de material y, aunque efectivamente existe, no es suficiente para explicar el exceso de masa que observaron Zwicky y Rubin.

Hasta el momento ha sido imposible detectar este material misterioso que Zwicky bautizó como materia oscura. Sin embargo, mediante estimaciones indirectas se ha concluido que solo un 15% de toda la materia que hay en el universo corresponde a materia ordinaria formada por átomos con sus protones, neutrones y electrones. Este resultado viene a confirmar aquello de que cuanto más se sabe, más aumenta lo que queda por saber. Es un resultado que contradice también la visión copernicana de que el punto de vista de la humanidad no puede ser especial o distinto al de cualquier otra parte del universo. No solo somos especiales sino que lo somos de una manera literal: por lo que parece, estamos formados por un tipo de materia muy minoritaria en el universo. El 85% restante es materia oscura que no interacciona con la luz ni con los átomos que conocemos. Se trata de algo que no emite ni absorbe luz y que, por lo tanto, ni brilla ni proyecta sombra alguna. Tampoco interacciona con la materia ordinaria: simplemente la atraviesa. A pesar de este comportamiento tan extraño, esta materia es fundamental para que el universo sea como es. Todas las galaxias están envueltas por un halo de materia oscura. Gracias a la gravedad de estos halos, las estrellas se mantienen agrupadas. Sin ella, se desparramarían por el universo y no se hubieran formado galaxias ni muy probablemente sistemas solares con planetas habitables para seres como nosotros. De hecho, la Vía Láctea tiene también su propio halo de materia oscura. Así que también aquí en la Tierra estamos envueltos por esta entidad misteriosa. Continuamente nos atraviesan partículas de materia oscura, pero como no interactúa con la materia de la que estamos hechos, no nos damos cuenta.

A la caza de lo desconocido

De la misma manera que los cartógrafos medievales dibujaban seres monstruosos en los límites del mundo conocido, han surgido un sinfín de teorías para explicar la misteriosa naturaleza de la materia oscura. A la manera de Borges, incluso se podría construir una enciclopedia con partículas únicamente imaginadas por los físicos teóricos como candidatas a materia oscura, un bestiario en el cual aparecerían nombres exóticos como neutralino, axión, fotino, branón, gravitino, wimp y un largo etcétera de hipotéticos monstruos microscópicos.

Aunque por el momento ninguno de estos monstruos ha sido detectado, miles de científicos en todo el mundo trabajan para conseguirlo. Pero ¿cómo se busca algo tan elusivo? ¿Cómo ver lo invisible? La respuesta no está en lo que no podemos ver, sino en lo que sí vemos, en si somos capaces de detectar los efectos, las huellas de la materia oscura en la materia ordinaria. De la misma manera que los habitantes de Iping atraparon al hombre invisible porque vieron cómo dejaba huellas en la nieve, los científicos han desarrollado varias estrategias para cazar las partículas de materia oscura.

Solo un 15% de la materia del universo está formada por átomos con protones, neutrones y electrones

Uno de los resultados científicos más relevantes de 2015 es un pedacito del mapa de la materia oscura

La primera de ellas se lleva a cabo en el mayor acelerador de partículas del mundo, el LHC, situado en un túnel circular subterráneo de 27 kilómetros de circunferencia bajo la ciudad de Ginebra. Allí se aceleran partículas microscópicas hasta velocidades cercanas a la de la luz y se hacen colisionar para estudiar sus propiedades. En estas colisiones se forman nuevas partículas y hay teorías que predicen que algunas de ellas podrían ser materia oscura. Si esto sucediera, se observaría que las partículas detectadas como producto de la colisión tienen una energía menor que las partículas anteriores a la colisión. Esta aparente desaparición de energía se debería a la formación de partículas de materia oscura que pasarían desapercibidas porque de momento no son detectables. La falta de energía de las partículas resultantes de la colisión que sí se observan actuaría entonces como huella de la materia oscura en lo visible.

También se puede intentar cazar directamente las partículas de materia oscura mediante detectores diseñados especialmente para ello. Eso es lo que se hará en el recién inaugurado detector del proyecto XENON 1T, el detector de materia oscura más preciso construido hasta la fecha, que se ha instalado a 120 kilómetros de Roma en el Laboratorio Nacional Gran Sasso. Situado bajo los 1.400 metros de roca calcáreo-dolomítica del macizo del Gran Sasso, este detector consta de 3.500 kilos de xenón líquido a menos de 100 grados bajo cero. Si no se entra en los detalles, su funcionamiento es relativamente simple: si alguna partícula de materia oscura impactara contra uno de los núcleos de xenón líquido, se produciría un destello de luz muy característico que se podría detectar. Aunque todavía se están poniendo a punto, durante el mes de diciembre los sensores del detector fueron capaces de dar señal en un evento en el que se produjo el mínimo destello de luz posible, un solo fotón. Este indicio confirma una altísima sensibilidad y genera expectativas interesantes sobre los primeros datos que se empezarán a recoger el próximo mes de marzo. Aunque el detector funcione a estos niveles de sensibilidad, encontrar trazas de materia oscura presenta una dificultad enorme. Los núcleos de xenón del detector recibirán constantes impactos por parte de la radiación y de las partículas que continuamente llegan a la Tierra procedentes del espacio. La protección que le brindan los 1.400 metros de roca del colosal Gran Sasso permite reducir estos impactos, pero no eliminarlos completamente. De manera que buscar el destello producido por la materia oscura entre millones de otros destellos será como buscar una aguja en un pajar.

Otra técnica de caza consiste en detectar la materia oscura indirectamente. Desde un punto de vista teórico, se puede predecir que si las partículas de materia oscura interaccionan entre ellas, pueden llegar a producir un tipo muy concreto de radiación conocido como rayos gamma. Si se detectaran estos rayos gamma, se podría confirmar la presencia de materia oscura en la región del espacio de la cual proceden. Además, el análisis de estos rayos proporcionaría una información valiosísima sobre su naturaleza. Detectar este tipo de rayos gamma es lo que se intenta hacer con los 236 metros cuadrados de espejos que forman los telescopios del proyecto MAGIC, situados en el observatorio del Roque de los Muchachos, a 2.200 metros de altitud en la isla de La Palma.

El hecho de que las partículas de materia oscura puedan interaccionar entre ellas abre además un abismo de posibilidades. ¿Se podrían, por ejemplo, formar agrupaciones estables de dichas partículas de la misma manera que se forman átomos y moléculas de materia ordinaria? ¿Y estructuras de mayor complejidad? ¿Y estructuras capaces de autorreplicarse, es decir, seres vivos de materia oscura? Por el momento todo esto no es más que mera especulación. Y aquí es donde la ciencia tiene que hacer su trabajo: separar la especulación del conocimiento.

Resultados

Aunque por el momento no se ha conseguido detectar materia oscura, sí se han obtenido datos que mejoran nuestro conocimiento sobre este tipo tan peculiar de materia. Uno de los resultados científicos más relevantes de 2015 es un pedacito del mapa de materia oscura que se está elaborando en el marco del proyecto Dark Energy Survey. En este proyecto trabajan 300 científicos de 25 instituciones de 6 países, entre los cuales se encuentran el Instituto de Ciencias del Espacio (ICE) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) —un consorcio formado por la Generalitat de Cataluña y la Universidad Autónoma de Barcelona— y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que depende directamente del Ministerio de Economía y Competitividad. El instrumento principal del proyecto Dark Energy Survey es una cámara de casi 600 millones de píxeles instalada en uno de los telescopios del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, situado en Chile a 2.200 metros de altitud. El trozo de mapa presentado se ha elaborado a partir de imágenes tomadas por dicha cámara y corresponde a una fracción del 0,4% del cielo. Estas imágenes se han interpretado teniendo en cuenta uno de los principales resultados de la teoría de la relatividad general de Einstein: el hecho de que cualquier masa es capaz de desviar la luz debido a su gravedad. Aunque la materia oscura sea invisible, es posible observar la influencia gravitatoria que ejerce sobre la luz de galaxias distantes y deducir en qué regiones del espacio es más abundante. De esta manera, el proyecto Dark Energy Survey, que hasta el momento ha analizado la luz procedente de más de dos millones de galaxias, irá completando el mapa de materia oscura en los próximos años hasta conseguir, en 2018, un mapa que cubrirá una octava parte del cielo. Con este mapa se podrá conocer mejor el papel de la materia oscura en la formación de galaxias y cúmulos de galaxias.