

El lado oscuro del Universo

POR
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ

*Investigador del centro de
Radioastronomía y Astrofísica
del Campus Morelia de la
Universidad Nacional Autónoma
de México.*

El lado oscuro del Universo

¿De qué está hecho el Universo? Hasta hace unas cuantas décadas, pensábamos que la única materia que existía era aquella que da forma a las estrellas, a la Tierra y a nosotros mismos. Por el contrario, estudios astronómicos recientes han revelado que esta materia "normal" constituye apenas una pequeña parte de la materia del Universo. Existe además una materia oscura imposible de detectar directamente, y distinta de la materia normal. Más aún, existe también una energía oscura que desconcierta a los científicos por sus extrañas propiedades.

Los seres humanos constantemente tratamos de entender y describir el mundo. Para los antiguos griegos, el Universo se entendía formado a partir de cuatro

elementos: tierra, agua, aire y fuego. Con el transcurrir del tiempo, esta concepción cayó en desuso, y fue durante el siglo XIX cuando fue creada la teoría atómica de la materia, que establece que todo cuerpo está constituido por pequeñas partículas llamadas átomos que se unen entre sí para formar moléculas. Esta poderosa teoría describe con exactitud toda la materia con la que nos topamos cotidianamente. Por ejemplo, una molécula de agua está formada por dos átomos del elemento hidrógeno y un átomo del elemento oxígeno. A su vez, el aire de la atmósfera está constituido principalmente por moléculas de nitrógeno y de oxígeno (que contienen dos átomos de nitrógeno y dos átomos de oxígeno, respectivamente).

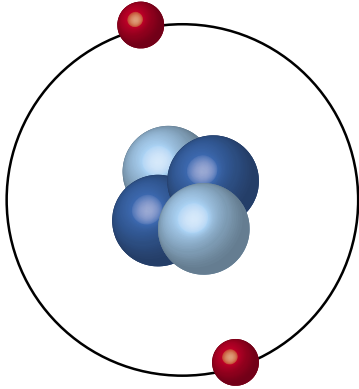
La materia normal

Hoy se conocen más de cien átomos diferentes (exactamente 116) y cada uno se considera un elemento distinto. Estos elementos van del hidrógeno (el más sencillo de todos) hasta elementos con una estructura compleja como el uranio. El conjunto de los elementos se representa en la temida tabla periódica que cuelga imponente de las paredes de muchos salones de clase.

La belleza de la teoría atómica radica en que permite entender a los ciento y pico de elementos: todos (con la excepción del hidrógeno) están formados por tres tipos de partículas subatómicas

Agujero negro supermasivo en el centro de nuestra galaxia en la región de Sagitario A.

(más pequeñas que el átomo): el protón, el neutrón y el electrón. Así, el hidrógeno está formado por un protón y un electrón, mientras que el oxígeno está formado por seis protones, seis neutrones y seis electrones.



■ Esquema del átomo de helio.

Hasta hace unas décadas, con estos conocimientos bastaba para “sobrevivir” como científico y entender mucho de lo que ocurre en nuestro entorno: las tres subpartículas forman átomos y, a su vez, los átomos forman moléculas. Con lo dicho hasta el momento podemos, por ejemplo, concluir que una molécula de agua está formada por ocho protones, seis neutrones y ocho electrones. En la actualidad se cree que tanto protones como neutrones están también constituidos por partículas más pequeñas (llamadas cuarks), pero por ahora no necesitamos ahondar en eso.

Los astros que podemos estudiar gracias a la luz que emiten o reflejan también están compuestos de materia normal. Las estrellas que brillan como puntitos en la noche están constituidas principalmente



■ Galaxia espiral M106 conocida también como “Objeto Messier 106” descubierta en 1781. Se sospecha que parte de la galaxia está cayendo en un agujero negro supermasivo.

de hidrógeno. A pesar de estar tan lejos podemos estudiarlas porque a los electrones de la materia normal les gusta, cuando son “sacudidos” de alguna manera, producir luz. La luz que proviene del Sol (la estrella más cercana a la Tierra) es producida por los electrones que están en su superficie. En otras palabras, es relativamente fácil darse cuenta de la presencia de la materia normal: los electrones que la forman emiten luz que podemos captar con nuestros telescopios e incluso a simple vista. Los electrones no sólo emiten luz, sino

también ondas como las de radio y los rayos X, que si bien no vemos con los ojos, sí podemos detectar con aparatos como los radiotelescopios para detectar ondas de radio.

Éste era el panorama que teníamos los astrónomos hace sólo unas décadas: un Universo compuesto de materia normal que podíamos estudiar gracias a la emisión de luz u otras ondas captadas con nuestros telescopios. A la materia que podemos estudiar de esta manera se le llama materia luminosa, y la entendemos muy bien.



■ El cúmulo de galaxias Abell 426, también conocida como Perseo.

La materia oscura

La materia no sólo hace sentir su presencia mediante la luz que emite, sino que también tiene otra propiedad que nos permite estudiarla: la materia ejerce una fuerza de atracción, la fuerza de gravedad, sobre todo lo que está cerca de ella. El ejemplo más palpable de esta fuerza es que gracias a la atracción de la Tierra, no salimos disparados al espacio si pegamos un brinco. Nosotros también atraemos a la Tierra, pero como la fuerza de gravedad es proporcional a la cantidad de materia o masa del cuerpo que la produce, nuestro efecto sobre la Tierra es imperceptible.

La fuerza de gravedad es determinante para la Astronomía. De hecho, la Tierra y los demás planetas del Sistema Solar permanecen dando vueltas alrededor del Sol debido a la fuerza de gravedad. Si ésta desapareciera, los planetas saldrían disparados al espacio, como lo haría una piedra que gira atada a un hilo sobre nuestra cabeza si el hilo se rompe.

Mientras más cerca esté un planeta del Sol, más fuerte es la fuerza que lo atrae, ya que ésta varía de acuerdo con el inverso al cuadrado de la distancia entre los cuerpos, de modo que aumenta al acercarse al Sol y disminuye al alejarse. Esto obliga a los planetas más cercanos al Sol a moverse más rápido para mantenerse

en su órbita y no caer al Sol. Ya que el planeta más cercano al Sol es el más veloz, los antiguos griegos lo identificaron con Mercurio, el dios de los pies alados. Con este razonamiento, podemos concluir que si conocemos la velocidad de un cuerpo y su distancia con respecto a un cuerpo invisible, podemos predecir cuál es la masa de este último, aunque no podamos verlo.

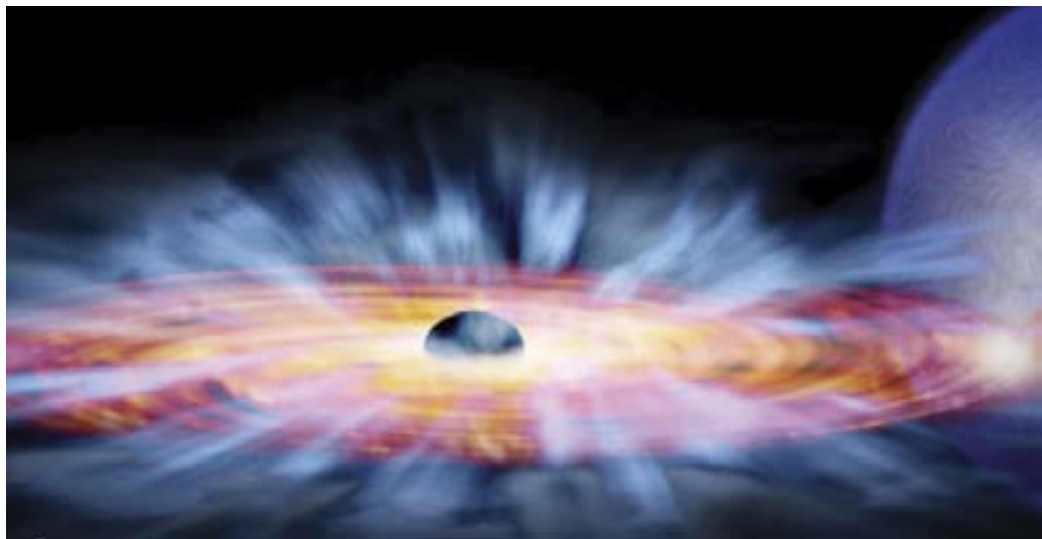
Ahora supongamos que existe materia normal que, por alguna razón, no emite luz. ¿Cómo podemos detectarla? La fuerza de gravedad siempre está presente, y mientras más materia, más fuerza. Si no podemos ver un cuerpo porque no emite luz, sí podemos tratar de encontrar evidencia de su fuerza de gravedad y, según qué tan fuerte sea, predecir cuánta masa posee.

La aplicación más impresionante de esta idea se da en el caso de los hoyos negros, cuerpos con mucha materia que

no emiten luz (de ahí su nombre: ni la luz alcanza a escapar de ellos). Si una estrella gira alrededor de un punto oscuro en el espacio, podemos deducir que en ese punto existe un hoyo negro. Debido al efecto de atracción gravitacional que ejercen los hoyos negros sobre los cuerpos en su cercanía, la mayoría de los astrónomos creen en su existencia aunque no se pueden ver directamente.

Los hoyos negros son entonces un caso de “materia oscura”, es decir, materia que no emite luz. La mayoría de los astrónomos creemos que los hoyos negros se formaron a partir de materia normal, y hasta hace poco creíamos que a pesar de que fuera invisible, entendíamos su naturaleza. Hasta aquí, estábamos muy tranquilos.

Las cosas se complicaron conforme quedó claro que también hay materia oscura que no es normal. ¿Cómo se llegó a esta conclusión?



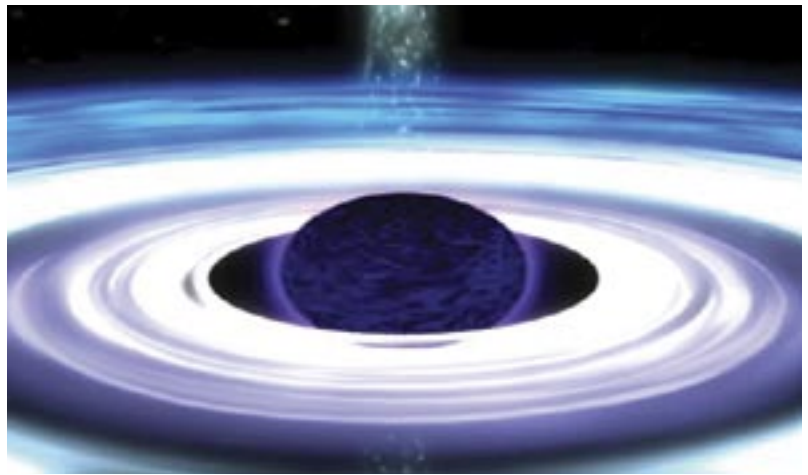
Representación de un hoyo negro absorbiendo el gas caliente que gira a su alrededor; solamente el 30% del gas no es atraído por su fuerza gravitacional.

La materia oscura exótica

Durante el siglo XX, astrónomos muy destacados estudiaron los movimientos de los astros y llegaron a la conclusión de que la existencia de la materia luminosa es insuficiente para explicarlos, ya que son demasiado rápidos y hace falta una mayor cantidad de masa interestelar para explicar tal velocidad. Nuestro Sol es una de las mil millones de estrellas que forman nuestra galaxia. Todas estas estrellas se atraen entre sí, gracias a lo cual permanecen en una estructura estable sin irse cada una por su lado. Así como los planetas giran alrededor del Sol, a su vez éste y las muchas estrellas siguen órbitas más o menos circulares alrededor del centro de nuestra galaxia.

Para darte una idea de las enormes distancias de estas órbitas, mientras que a la Tierra le toma un año completar una vuelta alrededor del Sol, a éste le toma 225 millones de años dar una alrededor del centro de la galaxia.

El estudio de los movimientos de las estrellas ubicadas en la parte externa de nuestra galaxia, así como del de galaxias externas, indicó que se movían demasiado rápido, descubrimiento que implicaba la presencia de materia oscura. Además, existen regiones en el espacio con muchas galaxias relativamente próximas entre sí formando lo que se conoce como un cúmulo de galaxias.



■ Simulación por computadora de un agujero negro.

De nuevo, las velocidades en el espacio de estas galaxias son superiores a lo esperado e indican la presencia de más materia oscura.

Estudiando los cúmulos de galaxias el excéntrico astrónomo Fritz Zwicky argumentó por vez primera, a mediados del siglo pasado, que en el Universo existía materia oscura.



■ El astrónomo Fritz Zwicky.

En un principio, estos descubrimientos no alteraron demasiado a los astrónomos. Después de todo, uno podía argumentar que la materia oscura estaba formada por cuerpos que no emitían luz como estrellas apagadas u hoyos negros. Empero, los astrónomos contamos con maneras de calcular

cuántos de esos cuerpos oscuros de materia ordinaria hay en el Universo, y el cálculo indica que no son suficientes para explicar la fuerza de gravedad observada.

Más aún, contamos con una teoría muy poderosa del origen del Universo llamada de “la Gran Explosión” que propone que en el comienzo el Universo era muy denso y caliente. Predice también que no se formó suficiente materia ordinaria como para explicar la fuerza de gravedad actual.

Estas ideas se han comprobado con estudios de la radiación cósmica de fondo, que provee información de cuando el Universo tenía apenas 300 000 años de edad (un bebé comparado con sus 13 700 millones cumplidos). De hecho, se puede decir con confianza que la materia ordinaria constituye sólo el 20 por ciento de la materia total del Universo. ¿Qué es el 80 por ciento restante?

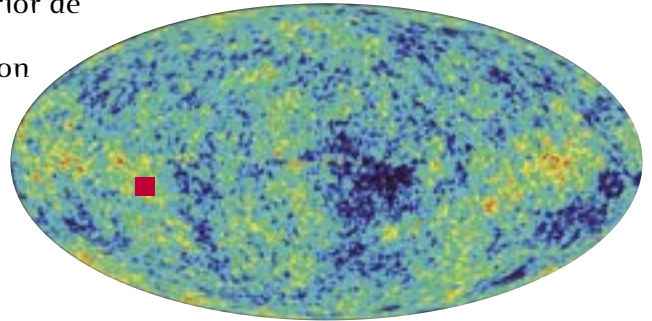
En busca de la materia oscura exótica

Se cree que el porcentaje faltante está formado por partículas con masa, que no producen ni absorben luz y que casi no interactúan con la materia normal. La hipótesis preferida por los físicos teóricos se llama WIMPs, por las iniciales en inglés de “partículas masivas que interactúan débilmente”. Se cree que esta materia, llamada exótica para diferenciarla de la normal, se distribuye uniformemente en el espacio, en contraste con la materia ordinaria, que se concentra en regiones discretas y pequeñas como estrellas o planetas. Por esto podemos decir poco de la materia exótica si estudiamos el movimiento de los planetas del Sistema Solar, ya que hay muy poca materia oscura en él. Es necesario entonces estudiar regiones grandísimas del espacio (del tamaño de galaxias) para que sea evidente la fuerza de gravedad de la materia exótica.

Se han realizado muchos experimentos —aunque poco exitosos— para detectar a las WIMPs, de modo que sólo existen en las ecuaciones matemáticas. Por sus características, son extremadamente difíciles de detectar. La mayoría de los experimentos se realizan en el interior de profundas minas, donde se cuenta con contenedores con materia normal conectados a sensores que esperan detectar el momento en el que alguna WIMP interactúe con ésta. La razón de montar estos experimentos en el interior de minas es que a esa profundidad no penetran partículas de materia normal que estorben las mediciones.

También se busca evidencia directa de la materia oscura a través de métodos astronómicos. Un grupo de astrónomos reportó recientemente lo que podría ser evidencia de la existencia de materia

oscura al observar el choque de dos cúmulos de galaxias. Mientras la materia normal en cada uno de los cúmulos choca y se detiene en el centro del impacto, la materia exótica atraviesa el choque como si nada y continúa moviéndose por el espacio.



Distribución actual de la radiación cósmica en el Universo como remanencia del Big Bang según la NASA/WMAP Science Team.

En el choque, la materia normal es detectada gracias a que emite luz (en este caso rayos X), mientras que la presencia de la materia exótica se deduce a partir de la atracción gravitacional que desvía la luz de otras galaxias que están detrás de ella.

Y para colmo, la energía oscura

Hasta aquí las cosas aún eran razonables. Toda la materia (normal y exótica) tiene en común la presencia de la fuerza de gravedad. Pero la Naturaleza tenía otra sorpresa guardada, un as bajo la manga.

Mencionamos que el Universo se formó a partir de una explosión en la cual se originó la materia (normal y exótica), así como el tiempo y el espacio. A partir de esta Gran Explosión, el Universo se ha expandido continuamente.



Un grupo de científicos buscan partículas de materia exótica en el interior de una mina.

En el comienzo, el Universo era uniforme y sin estructura; no había en él estrellas, planetas ni mucho menos seres vivos. Con la expansión, el Universo se enfrió y se formaron galaxias como la nuestra, constituidas por miles de millones de estrellas. Estas galaxias continúan alejándose entre sí, fenómeno que se conoce como expansión del Universo. Este proceso se descubrió a principios del siglo XX.

La Astronomía nos permite estudiar el pasado del Universo gracias a que la luz de los astros viaja a una velocidad grande pero finita (300000 km/s). Cuando vemos un astro, en realidad lo vemos como fue hace cierto tiempo. Por ejemplo, en el caso del Sol, su luz tarda 8 minutos en llegar a nosotros, de modo que lo que vemos es la imagen del Sol como era hace 8 minutos. Así, mientras más lejano se encuentra un cuerpo, más vieja es la imagen que percibimos de él. También podemos medir la velocidad con la que las estrellas se alejan de nosotros y reconstruir la historia de la expansión con el paso del tiempo.

Hasta hace poco, los astrónomos esperaban que la expansión fuese cada vez más lenta, es decir, que se desacelerara. Esta suposición es razonable si se asume que la fuerza dominante del Universo es la gravedad: como siempre es de atracción, la materia de las galaxias tendería a atraerse entre sí cada vez más y poco a poco se frenaría la expansión.

Hace unos años se pudo reconstruir la historia de la expansión del Universo y se obtuvo un resultado sorprendente. Cuando el Universo era joven, las cosas ocurrieron tal y como lo predijo la existencia de la fuerza de gravedad: el Universo se expandía cada vez más lentamente. Pero en los últimos 5 mil millones de años (más o menos la última tercera parte de la vida del Universo) ha ocurrido algo inesperado: la expansión del Universo comenzó a acelerarse. Este hecho es inexplicable si sólo se toma en cuenta el efecto de la gravedad. Es como si lanzaras una piedra al aire y en lugar de disminuir su velocidad conforme asciende, cada vez se acelerara más. Así parece actuar la energía oscura.

Queda la posibilidad de que las observaciones que señalan que la velocidad de expansión del Universo aumenta sean erróneas y sean corregidas después. Pero éste no parece ser el caso. Fue, pues, necesario introducir la idea de que el Universo está lleno de algo que contrarresta la fuerza atractiva gravitacional al

ejercer una fuerza de repulsión que aleja a las galaxias entre sí cada vez más rápido. A falta de un mejor término, a ese algo se le conoce como energía oscura.

De acuerdo con las teorías de la relatividad de Einstein, la materia y la energía son equivalentes, y ambas constituyen al Universo. Según nuestros cálculos, sólo el 5 por ciento de él está en forma de materia normal. El 20 por ciento corresponde a la materia oscura, que aún no detectamos directamente. Finalmente, el restante 75 por ciento es energía oscura, de la que desconocemos su naturaleza aunque no faltan teorías para explicarla.

La mayor parte del Universo está entonces ocupada por materia oscura —que no podemos encontrar— y energía oscura —que no podemos entender aún—. La buena noticia es que hay mucho trabajo por hacer para físicos y astrónomos.



■ El Big Bang es un modelo teórico que describe el origen del Universo.