

MATERIA OSCURA Y ENERGÍA OSCURA

PRESENTACIÓN

Durante miles de años hemos observado el cielo nocturno creyendo que lo que veíamos iluminado era todo lo que componía nuestro universo. Hoy los científicos saben que lo que guarda los verdaderos secretos de nuestros cielos no es lo que vemos, sino lo que se oculta en la oscuridad.

Existe una misteriosa materia oscura que mantiene unidas las estrellas y las galaxias. Extrañas partículas como los wimps, los axiones y los machos podrían ser la causa. Y existe una energía oscura de repulsión, que está creando espacio en el universo pero que también está alejando más y más las galaxias hacia un destino fatal.

Combinadas, la materia oscura y la energía oscura componen el 96 % del universo y tenemos una probabilidad entre un millón de lograr desvelar sus secretos. Desvelarlos quizá nos permita conocer el destino final del universo. ¿Arderá tras una terrible colisión de fuerzas gravitatorias o desgarrará la energía oscura el Universo?

Lo más seguro es que el universo muera en forma de hielo. Comprender la materia oscura y la energía oscura es crucial para comprender el universo. Emprendamos un viaje al lado oscuro del Universo. En busca de la materia oscura y la energía oscura.

DESARROLLO

La materia oscura no se parece a nada que hayamos visto en la Tierra. Miles de millones de estas extrañas partículas atraviesan cada segundo todo lo que encuentran, su peso es tan masivo que pueden influir en las galaxias, en su formación y en la rapidez con que rotan. La invisible presencia de la materia oscura está en todas partes, o eso parece. La Ciencia no ha demostrado directamente que existan partículas de materia oscura hay muchos candidatos, pero ninguna respuesta y no resulta fácil examinar algo que no se puede ver.

Dan Bauer. Fermilab.

No emite luz y no absorbe luz, no interactúa con la luz en absoluto.

Richard Ellis. Caltech.

No solo no brilla, además no se puede ver fácilmente en la oscuridad.

Pero las pruebas están ahí. La Ciencia lo sabe.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Todo libro de texto sobre el planeta Tierra afirma que el Universo está compuesto por átomos y varias partículas subatómicas. Pues bien, todos esos libros están equivocados. Y han decidido ir bajo tierra para demostrarlo. Cuando oyen hablar de esta materia invisible llamada materia oscura dicen, disparates, muéstrénnos pruebas de que la materia oscura existe.

Sudán (Minnesota), a 320 km de las luces de cualquier gran ciudad. Un lugar perfecto para cazar materia oscura, pero no por razones obvias. En vez de buscar la materia oscura en el cielo, pues de ahí es donde procede, pongámonos un casco y adentrémonos en esta mina.

A 740 m bajo tierra se encuentra el Laboratorio Nacional de Sudán, una mina de hierro abandonada reconvertida en centro de investigación. Es solo uno de los muchos laboratorios del mundo en el que los experimentos se realizan bajo tierra para protegerlos de los rayos cósmicos. Todos pretenden detectar la

materia oscura, una partícula invisible que ha sido observada indirectamente, pero nunca capturada. Llevamos 10 años trabajando en esto y aún no hemos logrado ver una partícula de materia oscura.

La búsqueda de materia oscura comenzó hace casi un siglo. Los astrónomos consiguieron por fin las herramientas necesarias para contemplar la profundidad del cielo nocturno y comenzaron a surgir preguntas.

Sean Carroll. Caltech.

En los años 20 la tecnología alcanzó el desarrollo necesario para poder observar y averiguar ¿qué eran las pequeñas zonas borrosas que la gente había visto con sus telescopios? Pero entonces, **Edwin Hubble** conmocionó al mundo declarando que el Universo no se limitaba a la Vía Láctea. La gente se dio cuenta de que algunas de esas pequeñas zonas borrosas eran otras galaxias, como la nuestra, la Vía Láctea.

A medida que los astrónomos descubrían nuevas galaxias, el profesor **Fritz Zwicky** del Instituto Tecnológico de California o Caltech, se fijó en el cercano cúmulo de galaxias COMA y observó algo extraño. Cuando midió los movimientos dentro del cúmulo de galaxias COMA, realizó una estimación de la cantidad de masa que había en ese cúmulo. Después la comparó con la masa que se podía ver observando las galaxias.

Algo no encajaba. Las galaxias se movían demasiado rápido dentro del cúmulo para la cantidad de objetos luminosos que podía haber. Según sus cálculos debía haber 160 veces más masa luminosa para explicar las velocidades de las galaxias del cúmulo. Había algo que influía en su movimiento, pero ¿qué era?

Analizó sus movimientos y llegó a la conclusión de que el cúmulo no podía ser estable a menos que contuviese una gran cantidad de materia oscura. En 1933 fue de los primeros en comprender realmente la importancia de la materia oscura. El la denominó *materia perdida*.

La **materia oscura**, una masa invisible que ejercía una fuerza gravitatoria de atracción que podía afectar a las velocidades de las galaxias enteras en un cúmulo. Un concepto revolucionario, si. Pero su descubrimiento fue ampliamente ignorado.

Sean Carroll. Caltech.

Creo que la gente tomó en serio a **Zwicky**, pero prefirieron no sacar conclusiones precipitadas. En esa época todavía estaban comenzando a explorar el universo. Hasta los años 20, no nos dimos cuenta de que había otras galaxias más allá de la nuestra. Lo que entonces no sabíamos era si se trataban de galaxias, estrellas, gas o polvo que no podíamos ver o de algo totalmente diferente.

Las observaciones de **Zwicky** se basaban en la medición de las masas de las estrellas y de las galaxias, pero ¿cómo se pesa algo que está en el espacio?

No puedes poner el Sol en una balanza, sería un poco complicado. Lo que si puedes hacer es medir la velocidad a la que se mueven los planetas alrededor del Sol. Cuanta más materia hay en el Sol más rápido se tienen que mover los planetas para permanecer en sus órbitas.

Tanto **Newton** como **Einstein**, afirmaron que cuanto mayor sea la masa de un objeto mayor será su fuerza gravitatoria. Y cuanto más alejado del centro esté un objeto, más lenta debería ser su órbita, puesto que la atracción gravitatoria es más débil.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Según la teoría general de la relatividad de **Einstein**, e incluso según la gravedad newtoniana, todas las galaxias se ven afectadas entre sí.

Lo mismo ocurre con la influencia del Sol sobre nuestro sistema solar. La masa del Sol impulsa a Mercurio más rápido que a Plutón, porque Mercurio se encuentra más cerca del Sol.

Sean Carroll. Caltech.

Lo mismo sucede con una galaxia, se supone que cuanto más se alejan de ella los objetos se mueven más lentamente para permanecer en sus órbitas. Pero no fue eso lo que observó **Zwicky**, ni tampoco una joven científica llamada **Vera Rubin**, 50 años más tarde.

Estudiaba las curvas de rotación de las galaxias similares a la Vía Láctea. Como en el caso de **Zwicky**, sus observaciones también le parecieron extrañas.

Sean Carroll. Caltech.

Vera Rubin descubrió que, pese a que se alejaban más y más, la velocidad del gas y el polvo orbital se mantenía constante.

Según las observaciones de **Rubin**, si una ciudad fuese una galaxia y cada coche que circula por sus calles fuese un planeta o una estrella, todos los vehículos se moverían por la ciudad a la misma velocidad independientemente de la cantidad de tráfico. Esta velocidad de rotación constante, pese al aumento de objetos o tráfico, fue exactamente lo que **Rubin** observó.

Dan Bauer. Fermilab.

Dada la velocidad a la que rotaban las partes externas de la galaxia, tenía que haber mucha más masa o la galaxia se habría disgregado.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

La única forma de resolver esta paradoja de las galaxias que giran 10 veces más rápido de lo que deberían, es asumir que existe un halo de materia invisible que rodea a la galaxia y la mantiene unida.

La materia oscura estaba presente en las galaxias y tenía masa suficiente para mantener constante la velocidad de rotación.

Sean Carroll. Caltech.

Imaginemos que yo soy la materia oscura, esta pelota es una estrella que me orbita. Mi fuerza de gravedad la mantiene en su lugar. Aunque no pudiesen verme, sabrían que tiene que haber algo aquí o la estrella saldría despedida en línea recta. Tiene que haber algo que cause esta gravedad y así es como sabemos que tiene que existir la materia oscura.

Rubin estimó que había 10 veces más materia oscura que materia ordinaria visible.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Desde entonces hemos analizado cientos de galaxias y todas siguen el mismo patrón. Todas rotan demasiado rápido y necesitan la materia oscura para mantener su forma.

Esta vez la Ciencia sí prestó atención y comenzó a preguntarse ¿qué es la materia oscura?, ¿cómo encontrar algo que resulta invisible en el espacio? Necesitaban ver, ¿dónde se escondía la materia oscura en el Universo? Y aunque no pudiesen verla los científicos se percataron de que la materia oscura se muestra curvando la luz que la atraviesa. Es lo que se conoce como *lente gravitatoria*, y actúa como un reflector que pone de manifiesto cualquier elemento invisible del universo.

Richard Ellis. Caltech.

Hace lo que toda materia, puede desviar un rayo de luz. Por lo tanto, una luz puede ser desviada de su camino por la materia oscura. Al mostrar la alteración del recorrido de la luz, las lentes gravitatorias permitieron detectar materia oscura concentrada en los halos de las galaxias.

Las lentes gravitatorias resultaron ser infalibles y la presencia de la materia se reveló repentinamente. La técnica de las lentes gravitatorias es la más precisa ya que nos permite determinar, no solo la cantidad de materia oscura que existe, sino también cuál es su distribución en el lugar que ocupa en el cielo, ya que podemos medir la distorsión de los rayos de luz que atraviesan la materia oscura.

Michio Kaku. Author, *Parallel Words*.

¿Cómo sabe que lleva sus gafas puestas? Porque curvan la luz. Lo mismo sucede cuando observamos las imágenes del Universo obtenidas por el Hubble. Estudiando la distorsión de la luz cuando pasa a través de las galaxias, obtenemos mapas de la materia oscura.

Sean Carroll. Caltech.

La mayor parte de la masa de una galaxia es materia oscura, la materia ordinaria se acumula en el campo gravitatorio de la materia oscura.

Pero cuando la materia oscura apareció en escena, los científicos se preguntaron si se trataba de una nueva partícula, nunca antes detectada o simplemente de materia ordinaria invisible.

Richard Ellis. Caltech.

Cuando la materia oscura fue descubierta todos querían averiguar qué era. Y la primera respuesta fue que es la misma materia de la que estamos formados, salvo que no brilla.

Los científicos comenzaron a investigar los objetos del Universo que no emiten luz. Pensaron en *los agujeros negros*. No emiten luz, pueden atraer materia y son detectados mediante lentes gravitatorias.

Sean Carroll. Caltech.

Podían adoptar la forma de agujeros negros o los denominados MACHOS (objetos masivos de halo compacto) que son, básicamente, estrellas pequeñas y oscuras que no emiten mucha luz.

Los MACHOS se ocultan en el halo de la Vía Láctea y son detectados mediante lentes gravitatorias, pero no eran lo bastante abundantes para explicar tal cantidad de materia oscura.

También se pensó en estrellas fallidas como las *enanas marrones*. Son lo bastante masivas para explicar la presencia de materia oscura. Sea lo que sea la materia oscura, existe en una cantidad mucho mayor que la materia ordinaria de estrellas y planetas, 10 veces más.

Sean Carroll. Caltech.

Todo lo que se puede formar a partir de los átomos ordinarios con electrones, neutrones y protones no es en absoluto suficiente para conformar la cantidad total de materia que vemos en las galaxias y los cúmulos.

Los científicos seguían presentando nuevos candidatos mientras continuaba la búsqueda de la materia oscura. Ciertas partículas exóticas, descubiertas previamente, como los *neutrinos* fueron reconsideradas. Al igual que ocurre con la materia oscura, millones de partículas de neutrinos atraviesan la tierra en todo momento. Pero son demasiado ligeros para ser las responsables del efecto de la materia oscura sobre la gravedad y los científicos pueden recrear neutrinos en los colisionadores de partículas y también proceden del Sol.

Dan Bauer. Fermilab.

Los *axiones* son otros posibles candidatos, fueron inventados para explicar un problema en una teoría de la física de partículas. Serían extremadamente ligeros por lo que había que buscarlos de un modo completamente diferente al que estamos utilizando, pero también son muy numerosos y también podían conformar la materia oscura.

Los axiones son muy ligeros se cree que se crearon en el Big Bang, al igual que la materia oscura, pero teóricamente pueden transformarse en protones mientras que la materia oscura es estable.

Tras descartar a todos estos candidatos muchos científicos creen que la materia oscura es una nueva partícula exótica, distinta a todo lo que hay en la Tierra y miles de millones nos atraviesan cada segundo.

Hasta el descubrimiento de la materia oscura los científicos creían que el universo se componía, únicamente de protones, neutrones y electrones. Los componentes de todo lo que existe en la Tierra.

Richard Ellis. Caltech.

Tiene una cierta masa y estamos ante algo que todavía no hemos detectado, pero para ser un candidato perfecto para la materia oscura debe tener determinadas propiedades físicas y ninguno de los sospechosos habituales encajaban.

Sean Carroll. Caltech.

Sabemos que la materia oscura es una sustancia pesada que no se mueve demasiado rápido y que no podemos verla.

Richard Ellis. Caltech.

Las partículas de materia oscura no viajan a la velocidad de la luz y prácticamente no interactúan con nada, por eso esas partículas son tan difíciles de detectar.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

No interactúa con la materia ordinaria salvo la gravedad. Si tuviese materia oscura en una mano pesaría, pero antes pasaría a través de mis dedos.

Sean Carroll. Caltech.

No hay candidato para la materia oscura fría dentro del modelo standard de la física de partículas.

Como un hombre invisible que atravesase las paredes, miles de millones de partículas atraviesan la Tierra a la vez sin colisionar nunca con la materia ordinaria.

La idea más extendida es que la materia oscura se compone de algo que denominamos **WIMP** (partículas masivas de interacción débil). Todavía no han sido detectadas pero sus características las convierten en el candidato perfecto para la materia oscura.

Dan Bauer. Fermilab.

En el laboratorio de Sudán, el equipo de Fermilab, se adentra bajo tierra desafiando a miles de murciélagos para capturar una partícula **WIMP**.

Se denomina CDMS las siglas (búsqueda criogénica de materia oscura). Hasta que la cerraron en 1982, era una mina de mineral de hierro. Estamos a 800 m bajo tierra.

El Fermilab ha diseñado una máquina que a temperaturas próximas al cero absoluto puede detectar una partícula de materia oscura que la atraviese. Su sensor está hecho de germanio, un metal denso repleto de átomos. Se trata de un bloque de Ge muy puro, cubierto de una capa de termómetros diminutos que pueden detectar cuando una partícula atraviesa este fragmento de Ge del tamaño de una pastilla de hockey.

La materia oscura está ahora mismo atravesando la Tierra sin causar ningún efecto. Pero muy de vez en cuando golpea el núcleo de un átomo y ese es el indicio que deseamos ver. Para detectar con precisión un impacto de materia oscura, el Fermilab necesita filtrar otros elementos procedentes del espacio. Capturaríamos tantas partículas que sería como intentar encontrar una aguja en un pajar.

El experimento del Fermilab detecta toda la materia que pasa a través de este detector. Cuantos menos elementos haya en el aire más fácil será detectar una partícula de materia oscura. Dado que la materia oscura no interacciona fácilmente con los protones y electrones ordinarios, en el Fermilab han congelado las pastillas de Ge a temperaturas cercanas al cero absoluto. Si una partícula de materia oscura la atraviesa y, choca contra un núcleo, modificará ligeramente la temperatura del cristal que indica que la partícula de materia oscura la ha atravesado.

Hay 16 pastillas de germanio instaladas en una cámara dentro de una sala limpia, nos hemos puesto el traje para entrar en la sala de experimentos. Es una sala limpia de clase 10000, por eso nos hemos puesto estos trajes, para no introducir polvo que podía interferir en el experimento.

Los contadores de destellos detectan cualquier partícula de rayos cósmicos que llegue hasta aquí. Esto es lo que mantiene fría la sala del experimento. Es un refrigerador por disolución. Aquí dentro están los detectores de Ge y Si. Estamos esperando que una WIMP (una partícula de materia oscura) llegue a esta profundidad e impacte con uno de los cristales de Ge y Si que están dentro.

El Fermilab lleva dos años acudiendo a esta mina para intentar detectar materia oscura. Es mucho más difícil de lo que parece. Aunque miles de millones de partículas atraviesan la Tierra a la vez, existe una probabilidad entre un millón de que la materia oscura interactúe con la materia ordinaria. Que la materia oscura choque con un átomo de Ge es tan poco probable como que un arquero acierte a una diana situada a 1 km.

Todas estas luces verdes indican las partículas que atraviesan los detectores de Ge y Si que vimos abajo. Se trata de partículas de fondo, pero quizá entre ellas haya una partícula **WIMP**. No lo sabremos hasta que analicemos los datos.

Buscar materia oscura es una labor tediosa. El equipo del Fermilab informa cada día al laboratorio subterráneo. Analiza los datos y perfecciona su habilidad al tenis de mesa mientras aguarda a un impacto que demuestre la existencia de la materia oscura. Pero pese a todos sus esfuerzos y al tiempo de espera aún no se ha detectado materia oscura, ni en el Fermilab ni en ningún otro lugar. Lamentablemente hemos visto cero partículas de materia oscura hasta la fecha.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Cualquier día algún físico, habrá capturado materia oscura en una botella.

Richard Ellis. Caltech.

Tenemos una hipótesis y realmente parece explicar el universo en que vivimos, pero todavía no hemos detectado una partícula de materia oscura fría.

Encontrar materia oscura fría no solo probaría su existencia, también podría responder las otras grandes preguntas sobre el espacio.

Sean Carroll. Caltech.

Detectar directamente materia oscura nos abrirá una ventana de la diezmilésima de segundo posterior al Big Bang.

Si los científicos logran descubrir que es la materia oscura, también podrán descubrir cómo se comportó el Universo en sus primeros instantes de vida.

Richard Ellis. Caltech.

La materia oscura no es solo un componente enigmático del Universo, también es crucial para nuestra existencia. Sería complicado formar galaxias y por tanto el sistema solar y por tanto la vida en la Tierra.

Para contar la historia de la materia oscura y la energía oscura hay que retroceder hasta el origen del tiempo, hasta el momento del Big Bang, cuando el espacio no existía.

Richard Ellis. Caltech.

Podemos describir el Big Bang como la falta de un centro que podamos señalar, no hay ninguna dirección en el cielo desde la cual todas las galaxias se están expandiendo.

El espacio se creó en el momento en que se pasó de la nada a una violenta explosión y el universo comenzó a crecer de una semilla. Las partículas se formaron en una fusión nuclear de gas y energía.

Sean Carroll. Caltech.

La materia ordinaria reaccionaba con otra materia ordinaria. El universo primitivo era un reactor nuclear cuando tenía un minuto de edad.

Y 380000 años después comenzaron a agruparse fragmentos de partículas creando las semillas que darían lugar a las estrellas y galaxias.

Richard Ellis. Caltech.

Esas agrupaciones siguen aumentando de tamaño y su gravedad comienza a actuar lentamente. Hacer que se unan con otros objetos.

Hoy los científicos creen que la materia oscura se creó en el momento del Big Bang y desempeñó un papel crucial en la acumulación de la materia ordinaria que daría lugar a las estrellas y los planetas. Como las vigas de acero en una obra, las partículas de materia oscura que se movían lentamente actuaban como un andamiaje al cual podía unirse la materia ordinaria.

Dan Bauer. Fermilab.

Al ser fría y no interactuar demasiado la materia oscura se fue uniendo muy lentamente por la acción de la gravedad, formando las semillas entorno a las cuales se fusionó la materia ordinaria para formar las galaxias.

Richard Ellis. Caltech.

Es como una red cósmica, como una tela de araña formada por hebras de materia oscura que se cruzan formando una especie de andamiaje. Podríamos decir que la materia oscura sería el armazón, el andamiaje de las galaxias brillantes que podemos ver sin dificultad.

Dan Bauer. Fermilab.

Son como las luces de un árbol de navidad, no son el árbol de navidad sino cosas que resultan visibles desde muy lejos. Pero la galaxia es en realidad un gran halo del que solo podemos ver una pequeña parte, vemos esos fragmentos brillantes, las estrellas y los planetas que se han ido acumulando en el centro de ese gran halo que es materia oscura en su mayor parte.

Los científicos se preguntaron durante mucho tiempo, porqué las galaxias se formaron según patrones aparentemente aleatorios en el espacio. Hoy saben que fue por la fuerza gravitatoria de la materia oscura.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

El Universo no es en absoluto uniforme, en él hay zonas vacías, otros con muchos objetos y zonas similares a burbujas. Hoy creemos que es debido a la materia oscura.

En el último año, los astrónomos han sido capaces de avanzar un poco más en su teoría y crear un detallado mapa, en tres dimensiones, de la materia oscura en del Universo utilizando lentes gravitatorias.

Sean Carroll. Caltech.

Einstein, afirmó que la gravedad afecta a todo y es causada por todo. Por lo tanto, una de las cosas que se ven afectadas por la gravedad es la luz.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Cuando la luz atraviesa materia oscura se curva, del mismo modo que se curva cuando pasa a través de un cristal.

La luz interactúa del mismo modo con la materia ordinaria que con la materia oscura. Ambos tipos de materia modifican la trayectoria de la luz conforme viaja a través de las galaxias. Como si trazasen una ruta sobre un mapa, los astrónomos han localizado miles de fuentes luminosas que atraviesan materia oscura. Esto les ha permitido crear la imagen más precisa que jamás conseguida de los lugares en los que la materia oscura se oculta en el espacio.

Richard Ellis. Caltech.

Podemos comparar ese mapa de la materia oscura con la situación de las galaxias, y sorprendentemente vemos que la materia oscura actúa como su esqueleto, es el eje alrededor del cual se agrupa la materia visible.

Cartografiar el Universo también ha permitido a los astrónomos retroceder en el tiempo y estimar la cantidad de materia creada durante el Big Bang.

Sean Carroll. Caltech.

Si sabemos cómo se agrupan los objetos en el Universo hoy, cuando su tamaño era la mitad que ahora y cuando era la mitad que entonces, podemos deducir la cantidad total de materia en el Universo. Eso nos proporciona otra herramienta para cotejar la cantidad total de materia oscura.

Se cree que la materia oscura constituye el 23 % del Universo, mientras que la materia ordinaria representa solo el 4 %.

Sean Carroll. Caltech.

Hace falta mucha materia oscura para explicar la cantidad total de gravedad que existe en estos cúmulos y galaxias.

Pero ¿de qué se compone el 73 % restante del Universo? La comunidad científica descubrió asombrada que una misteriosa energía oscura domina el espacio y que su energía de repulsión hace que las galaxias se alejen.

La Ciencia siempre había asumido que el Universo, aunque su tamaño sigue aumentando, ralentizaría con el tiempo su expansión, o quizá incluso terminaría implosionando. Independientemente de su impulso, la gravedad acabaría por imponerse. Pero al estudiar la historia de la expansión del Universo, los científicos descubrieron con sorpresa que el Universo no se estaba ralentizando, sino acelerando. Y a todos los seres vivos, les esperaba un destino fatal.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

El Universo se desintegrará y las temperaturas bajarán tanto que cualquier ser vivo inteligente morirá congelado.

Desde el momento en que el Big Bang creó el Universo el espacio se ha ido expandiendo continuamente, alejando las galaxias cada vez más.

Sean Carroll. Caltech.

El espacio que se encuentra entre las galaxias se expande, pero no las galaxias. La Tierra no se está expandiendo y el sistema solar no se está expandiendo.

En 1929 Edwin Hubble descubrió que las demás galaxias se estaban alejando de la Vía Láctea, al darse cuenta que las galaxias más distantes se alejaban más rápidamente de nosotros que las cercanas. Descubrió que podía medir sus velocidades estudiando sus longitudes de onda a través de un prisma. Este método se denomina *desplazamiento o corrimiento al rojo* y se sigue utilizando para medir distancias en el espacio.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Se dio cuenta de que cuanto mayor es la distancia que nos separa de una galaxia en este momento, mayor es la velocidad con la que se aleja de nosotros y también su desplazamiento al rojo.

Hace algunos años, los astrónomos decidieron utilizar el desplazamiento al rojo para medir la historia de la expansión del Universo. Pero ¿cómo se puede medir toda la historia de la expansión del Universo? ¿Cómo se puede retroceder 12000 millones de años?

Richard Ellis. Caltech.

Podemos retroceder en el tiempo, observar directamente el pasado. Lo hacemos de un modo muy parecido al geólogo que estudia las capas del Gran Cañón y va descendiendo a las capas inferiores, para remontarse a la historia.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Cuando observamos galaxias más y más distantes, vemos como fueron hace más y más tiempo.

Para medir la historia de esta expansión los científicos utilizaron las supernovas de tipo 1A como candela standard.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Un ejemplo de candela standard podría ser una bombilla de 100 W. Podríamos tener muchas en la misma habitación a diferentes distancias del observador, las más alejadas parecerán más débiles y las más cercanas parecerán más brillantes.

El brillo de las supernovas de tipo 1A es siempre constante, independientemente de su situación en el espacio.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Una supernova es la colosal explosión de una estrella al final de su vida. Sencillamente hace "Bang". Sucede cuando una estrella moribunda, denominada enana blanca, sufre una explosión nuclear y literalmente se hace pedazos. Encontramos las supernovas de tipo 1A en galaxias muy lejanas, por lo que parecen brillar muy débilmente y las comparamos con las supernovas tipo 1A de galaxias cercanas, cuyas distancias han sido medidas utilizando variables cefeidas u otra técnica.

Durante los años 90, dos equipos diferentes, utilizaron las supernovas tipo 1A para medir la desaceleración del Universo. Pero para captar las supernovas, cuando se producen, los astrónomos tenían que poner el Universo bajo vigilancia.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Podríamos compararlo con la vigilancia de un casino. Hay muchas cámaras encendidas todo el tiempo y casi nunca encuentran nada interesante. Pero de vez en cuando, descubren lo que están buscando. Hay que observar muchas galaxias, así que lo que hicimos fue utilizar grandes telescopios con cámaras que tienen

amplios campos de visión, de un ancho similar al de la luna llena y obtener muchas imágenes del espacio utilizando esa cámara de gran amplitud. Cada imagen contiene decenas de miles de galaxias y, comparando el brillo aparente de las supernovas de tipo 1A más distantes con las supernovas tipo 1A de las galaxias cercanas, podemos calcular la distancia de las galaxias lejanas, y por tanto la cantidad de tiempo que estamos retrocediendo en la historia del Universo.

Cuando ambos equipos estudiaron los resultados de 60 supernovas de tipo 1A, los científicos descubrieron resultados sorprendentes. El Universo no se estaba ralentizando, su expansión se estaba acelerando.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Todos esperábamos ver que estaba ralentizando porque todas las galaxias se afectan entre si.

Richard Ellis. Caltech.

Estábamos convencidos de que obtendríamos el parámetro de desaceleración del Universo y, nos encontramos con que el Universo no se está ralentizando sino acelerando. Eso representaba un gran misterio.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Es raro, muy raro. Esperábamos medir una cierta desaceleración y en vez de eso se expande a una velocidad cada vez mayor, como si el signo estuviese equivocado. Nos temíamos haber obtenido una respuesta totalmente errónea. Comprobamos nuestras mediciones y su análisis. Muchas personas realizaron la medición y el análisis independientemente y obtuvieron el mismo resultado.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Una de las mayores sorpresas en el mundo de la cosmología de los últimos años, ha sido la constatación de nuestro Universo se está acelerando.

Esta fuerza de repulsión que domina el universo fue denominada **energía oscura**. Una energía invisible que nadie esperaba, ni comprendía.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Eso sugiere que en las mayores distancias del universo, existe un efecto de repulsión más intenso que la gravedad.

Y la energía oscura estaba creando espacio, haciendo que las galaxias se alejasen.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Esta energía que parece llenar el Universo y hace que se expanda más rápidamente conforme pasa el tiempo, es lo que hoy denominamos energía oscura. Si lanzo esta manzana, primero pierde aceleración y luego la energía oscura hace que se aleje cada vez más rápido. Lanzo la manzana y se aleja de mi a una velocidad cada vez mayor.

Como la manzana que prosigue su viaje espacial eternamente, las galaxias son llevadas cada vez más lejos a medida que se va creando más espacio.

Richard Ellis. Caltech.

Imaginemos un aula llena de sillas y que esas sillas se van alejando, cada vez más, las unas de las otras dentro del aula. Lo mismo sucede en un universo en expansión. No importa en qué silla estés sentado. Verás que las demás sillas se están alejando de ti. En realidad, las sillas no se están expandiendo, las sillas siguen siendo del mismo tamaño. Lo que ocurre es que la habitación es cada vez mayor, el espacio que hay entre las sillas está aumentando.

Sean Carroll. Caltech.

Se está creando más espacio entre las galaxias. El tamaño de cada galaxia permanece constante en un universo en el que todo el espacio es cada vez más y más grande.

La energía oscura es muy diferente de la materia oscura.

Alex Filippenko. Universidad de California.

No se agrupa como las galaxias en cúmulos o las estrellas en galaxias. Por el contrario, parece ser bastante uniforme. Encontramos la misma aceleración sin importar la dirección en que miremos.

Richard Ellis. Caltech.

Probablemente sea uniforme, aunque hay quien cree que podría existir una estructura en su distribución y su influencia.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

La energía oscura es la energía del vacío, energía de la nada. Incluso la nada tiene energía y su empuje aleja a las galaxias creando un universo desbocado.

La energía oscura y la materia oscura parecen haberse enfrentado desde el origen del tiempo. La comunidad científica cree que la energía oscura se creó al mismo tiempo que la materia oscura en el momento del Big Bang. Siempre ha existido en el universo. Pero las fuerzas gravitatorias de la materia oscura la han mantenido a raya, ralentizando la expansión del espacio de los primeros 9000 millones de años. Esto cambió hace 5000 millones de años, cuando el universo alcanzó el tamaño suficiente para que la materia oscura se dispersase por él y la energía oscura no se viese tan afectada por la fuerza de la materia oscura. Consecuentemente el universo comenzó a expandirse a una velocidad cada vez mayor.

Richard Ellis. Caltech.

La energía oscura es una constante y seguramente era insignificante durante el origen del universo, cuando era caliente y denso. Entonces realmente no importaba si la energía oscura estaba presente o no. Estaba presente pero no tenía ninguna influencia. Después, a medida que el universo se enfriaba se hacía menos denso y más grande la gravedad fue perdiendo importancia y la energía oscura se impuso. Es una propiedad del espacio que todavía no comprendemos totalmente.

Los astrónomos se percataron de que, a medida de qué el universo se expandía, la energía oscura se impuso sobre la materia oscura dando inicio a la aceleración hace 5000 millones de años.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Hace unos 5000 millones de años la energía oscura comenzó a imponerse a la atracción de la materia del universo. Si pensamos en una gráfica fuerza-tiempo, la atracción gravitatoria disminuye con el tiempo, la repulsión aumenta con el tiempo y hace unos 5000 millones de años las dos curvas se cruzaron. Fue entonces cuando la expansión del universo inició su aceleración.

Richard Ellis. Caltech.

Es crucial comprender la energía oscura porque nos dice hacia dónde se dirige el universo. ¿Cuál es su destino? ¿Se expandirá eternamente volviéndose más frío y oscuro? o hay algún fin en perspectiva.

La energía oscura domina la expansión del universo y no parece que vaya a detenerse.

Alex Filippenko. Universidad de California.

El efecto de repulsión de la energía oscura aumentó porque cuanto más espacio hay entre las galaxias, mayor es el efecto acumulativo de la energía oscura, de su efecto de repulsión.

Cada galaxia parece destinada a una existencia solitaria.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Por lo que parece, ese será el fin de todo.

Sorprendentemente la teoría de la energía oscura fue propuesta y descartada, hace años, por uno de los mayores genios de la Física. Según él fue su mayor error, su nombre era Albert Einstein y podría ser el autor del mayor descubrimiento del siglo XXI, ochenta años antes de que nadie lo sospechase.

Hoy la comunidad científica comprende que la energía oscura crea espacio y hace que se expanda. Pero a principio del siglo XX, los astrónomos consideraban que el universo se limitaba a la Vía Láctea y nunca aumentaría de tamaño. Sin embargo, Einstein acababa de formular su teoría de la relatividad y decidió ponerla a prueba en ese universo estático. Por mucho que lo intentó, Einstein no consiguió que su teoría encajase en un universo estático. Sus cálculos describían un universo que debía expandirse o contraerse.

Sean Carroll. Caltech.

Se dio cuenta de que en un universo en el que las cosas se distribuyen de manera uniforme, su teoría predecía, de modo inequívoco, que debía expandirse o contraerse.

Así que Einstein, propuso una energía repulsiva del vacío que mantenía el universo equilibrado con la atracción de la gravedad. La denominó **constante cosmológica**. Una energía constante que mantendría el universo equilibrado.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Propuso la constante cosmológica o energía oscura para mantener el universo estático. Cuando Hubble anunció que el espacio se estaba expandiendo, la constante cosmológica de Einstein pasó a ser irrelevante y él mismo la denominó "su mayor error". Ahora resulta que la energía oscura, el concepto que descartó en los años 20, es de hecho la fuerza dominante que está disgregando el universo. El supuesto error de Einstein, determinará finalmente si el universo muere o no en medio del fuego o del hielo. Y según parece el universo morirá en forma de hielo.

Al intentar averiguar el comportamiento del universo, Einstein predijo por error la energía oscura y la composición total del universo.

Sean Carroll. Caltech.

La suma de lo que forma la materia ordinaria y la materia oscura no es suficiente para explicar la curvatura del espacio que hemos observado.

Al igual que ocurre cuando observamos el horizonte en la Tierra, el tamaño del universo es tan inmenso que la curvatura del espacio parece recta.

Sean Carroll. Caltech.

Si sumamos la materia ordinaria, la materia oscura y la energía oscura obtenemos una predicción de la curvatura del espacio y esa predicción es exacta. Obtenemos la respuesta correcta.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Según los datos de nuestros satélites, el 73 % de la energía de la materia del universo es energía oscura.

Lo que antaño se conocía como el error de Einstein, hoy sabemos que es la fuerza dominante en el universo.

Sean Carroll. Caltech.

Sus errores son nuestros descubrimientos.

Los científicos no han hecho más que empezar a comprender el efecto que la energía oscura tendrá en el destino del universo.

Richard Ellis. Caltech.

Nos gustaría medir cómo se comporta la energía oscura conforme el universo envejece.

Alex Filippenko. Universidad de California.

Con el tiempo, cuando la energía oscura domine completamente la materia oscura, el universo entrará en una etapa denominada **expansión exponencial**. Por cada unidad de tiempo doblará su tamaño y, a menos que la energía oscura cambie de signo algún día, y se vuelva gravitatoriamente atrayente el destino del universo es expandirse eternamente más y más deprisa.

Sean Carroll. Caltech.

No sabemos si la energía de vacío es la responsable de la aceleración del universo. ¿Por qué existe en esa cantidad determinada? Es uno de los mayores enigmas de la física actual.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Dentro de billones de años, el universo será un lugar muy solitario. Observaremos el cielo y lo veremos casi totalmente oscuro. Los océanos se congelarán y según parece, ese será el fin de toda vida inteligente. Es como si la energía oscura y las leyes de la Física significasen una sentencia de muerte para toda vida inteligente en el universo.

Descubrir la materia oscura y la energía oscura, permitirá a la Ciencia acercarse un paso más a **la teoría del todo**. Una ecuación que definirá el funcionamiento completo del universo.

Cuando contemos con una teoría del todo, seremos capaces de responder a muchas de las preguntas más profundas, que el ser humano se plantea desde la primera vez que contempló los cielos.

Michio Kaku. Author, Parallel Words.

Podría ser la culminación de 2000 años de investigación sobre las leyes de la naturaleza, desde que los griegos se preguntaron ¿de qué están hechas las cosas?

Por el momento, la materia oscura y la energía oscura continúan siendo los mayores enigmas cosmológicos del siglo XXI.

Dan Bauer. Fermilab.

Es muy frustrante y también una cura de humildad, saber que todo lo que sabemos acerca de la física se limita a la materia ordinaria y, que sin embargo existe toda esa materia oscura y esa energía oscura sobre las que sabemos realmente muy poco.

Es el comienzo de una nueva era, los misterios de la cara oscura del universo.

Dan Bauer. Fermilab.

Es el salvaje oeste de la astrofísica de partículas que es como llamamos a este campo.

Richard Ellis. Caltech.

Es una propiedad del espacio que todavía no comprendemos totalmente.