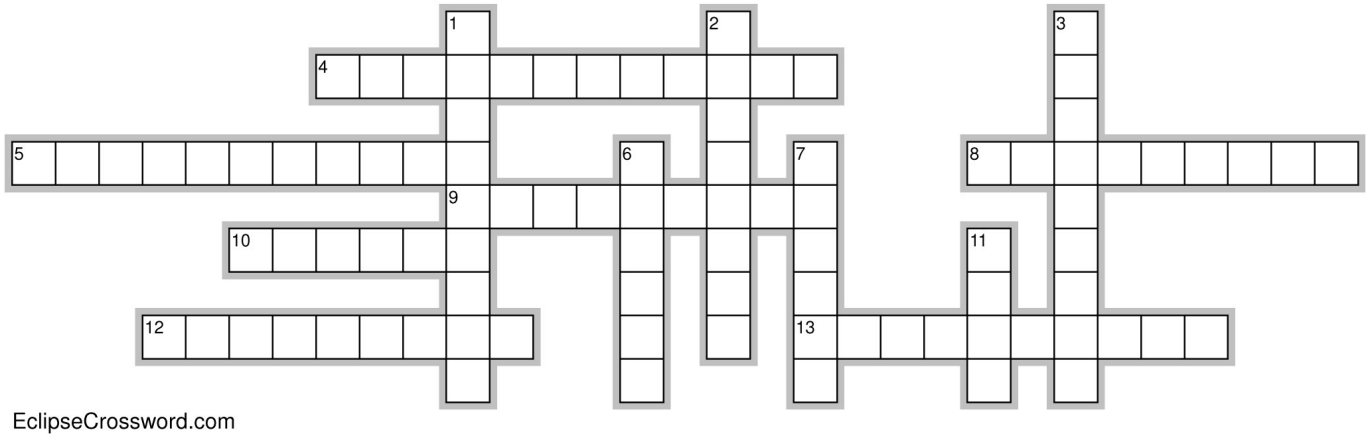
Una inclusión incómoda

05/02/2026

UNA CONCLUSIÓN INCÓMODA

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2026



EclipseCrossword.com

HORIZONTALES

4. A pesar de su peso de este tipo, la materia oscura sigue sin ser observada directamente.
5. La materia oscura no surge como una hipótesis estética ni como una especulación metafísica, sino como una de ésta, empírica.
8. Una estrategia consiste en buscan medir el de núcleos atómicos cuando una partícula de materia oscura colisiona con ellos.
9. Las que orbitaban a velocidades casi constantes incluso en las regiones externas de las galaxias, donde la gravedad de la materia luminosa debería ser débil. Algo invisible estaba dominando el campo gravitatorio.
10. En 1933, el astrónomo suizo Fritz Zwicky estudió el cúmulo de Coma y observó que las galaxias lo hacían demasiado rápido.
12. Todo apunta a que la materia oscura está compuesta por partículas aún no detectadas directamente, que interactúan muy débilmente con la materia de este tipo.
13. A comienzos del siglo XX, cuando la física parecía encaminarse hacia una descripción completa del mundo material, ciertos datos astronómicos comenzaron a hacerlo a las explicaciones estándar.

VERTICALES

1. La alternatvia de producción en aceleradores, como el CERN, el Gran Colisionador de Hadrones busca señales de partículas que escapen del detector, inferidas como “energía faltante”. De nuevo, no se ha encontrado ésta definitiva.
2. A partir de los años setenta, los trabajos de Vera Rubin y Kent Ford sobre las curvas de rotación de las galaxias espirales hicieron a éste imposible de ignorar.
3. El término “materia oscura” no designa una concreta conocida, sino una categoría funcional, consistente en todo aquello que no emite ni absorbe luz, pero gravitacionalmente actúa.
6. La alternativa de detección indirecta consiste en observar productos de aniquilación o desintegración de materia oscura (rayos gamma, positrones, neutrinos) procedentes de regiones de este tipo, como el centro galáctico.
7. Alrededor del 85 % de la materia del universo es así, frente a un escaso 15 % de materia bariónica (la que forma estrellas, planetas y seres vivos).
11. La observación de que se movían demasiado rápido como para permanecer ligadas gravitacionalmente si solo se contaba la masa visible, llevó a la conclusión perturbadora de que faltaba ésta.

La materia oscura no surge como una hipótesis estética ni como una especulación metafísica, sino como una incomodidad empírica. A comienzos del siglo XX, cuando la física parecía encaminarse hacia una descripción completa del mundo material, ciertos datos astronómicos comenzaron a resistirse a las explicaciones estándar. En 1933, el astrónomo suizo Fritz Zwicky estudió el cúmulo de Coma y observó que las galaxias se movían demasiado rápido como para permanecer ligadas gravitacionalmente si solo se contaba la masa visible. La conclusión era perturbadora: faltaba masa.

Durante décadas, esta anomalía fue vista como un problema secundario, quizá atribuible a errores de medición o a una comprensión incompleta de la dinámica galáctica. Sin embargo, a partir de los años setenta, los trabajos de Vera Rubin y Kent Ford sobre las curvas de rotación de las galaxias espirales hicieron el problema imposible de ignorar. Las estrellas orbitaban a velocidades casi constantes incluso en las regiones externas de las galaxias, donde la gravedad de la materia luminosa debería ser débil. Algo invisible estaba dominando el campo gravitatorio.

El término "materia oscura" no designa una sustancia concreta conocida, sino una categoría funcional, consistente en todo aquello que no emite ni absorbe luz, pero gravitacionalmente actúa. Según los modelos cosmológicos actuales, alrededor del 85 % de la materia del universo es oscura, frente a un escaso 15 % de materia bariónica (la que forma estrellas, planetas y seres vivos).

Es crucial subrayar lo que no es la materia oscura y es que no se trata de polvo, gas frío, agujeros negros ordinarios ni objetos compactos invisibles en cantidad suficiente. Estas posibilidades, conocidas como MACHOs, fueron exploradas y en gran parte descartadas mediante estudios de microlente gravitacional. Todo apunta a que la materia oscura está compuesta por partículas aún no detectadas directamente, que interactúan muy débilmente con la materia ordinaria.

A diferencia de otras hipótesis cosmológicas más especulativas, la materia oscura cuenta con un conjunto convergente de evidencias independientes:

1. Curvas de rotación galáctica, ya mencionadas.

2. Lente gravitacional, especialmente en cúmulos de galaxias. El caso paradigmático es el Bullet Cluster, donde la distribución de masa inferida por lentes gravitacionales no coincide con la del gas caliente visible en rayos X. Esto sugiere que la mayor parte de la masa no interactúa electromagnéticamente, porque la lente gravitacional mide directamente cómo la masa total de un sistema curva el espacio-tiempo y desvía la luz de objetos de fondo. Esta medida es ciega a la naturaleza de la materia y responde por igual a todo lo que tenga masa o energía. En cambio, las observaciones en rayos X trazan únicamente el gas caliente (plasma) presente en cúmulos de galaxias, porque ese gas emite intensamente al estar a decenas de millones de grados y sí interactúa electromagnéticamente.

3. Estructura a gran escala del universo, ya que las simulaciones cosmológicas reproducen la red cósmica observada (filamentos, vacíos, cúmulos) solo si se incluye materia oscura fría.

4. Radiación de fondo cósmico de microondas (CMB), dado que las anisotropías medidas con gran precisión por misiones como Planck encajan con un universo dominado por materia oscura no bariónica.

Estas pruebas no dependen de una única técnica ni de un solo modelo, lo que refuerza su solidez.

A pesar de su peso gravitatorio, la materia oscura sigue sin ser observada directamente. Los experimentos se agrupan en tres grandes estrategias:

a) Detección directa

Buscan medir el retroceso de núcleos atómicos cuando una partícula de materia oscura colisiona con ellos. Experimentos como XENON Collaboration, LUX o PandaX utilizan enormes detectores criogénicos en laboratorios subterráneos para minimizar el ruido. Hasta ahora, los resultados han sido nulos, lo que restringe cada vez más el espacio de parámetros posibles.

b) Detección indirecta

Se intenta observar productos de aniquilación o desintegración de materia oscura (rayos gamma, positrones, neutrinos) procedentes de regiones densas como el centro galáctico. Observatorios como Fermi-LAT han detectado excesos intrigantes, pero ninguno concluyente.

c) Producción en aceleradores

En el CERN, el Gran Colisionador de Hadrones busca señales de partículas que escapen del detector, inferidas como "energía faltante". De nuevo, no se ha encontrado evidencia definitiva.
El resultado acumulado es paradójico, porque sabemos con gran certeza que la materia oscura existe, pero no sabemos qué es.

La incomodidad conceptual ha llevado a proponer teorías alternativas, como la dinámica newtoniana modificada (MOND) y sus extensiones relativistas. Estas teorías ajustan las leyes de la gravedad en regímenes de aceleración muy baja, reproduciendo con éxito algunas curvas de rotación galáctica sin necesidad de materia oscura. Sin embargo, estas propuestas tienen dificultades serias para explicar simultáneamente la lente gravitacional en cúmulos, la estructura a gran escala y el CMB. El consenso actual es pragmático, ya que la materia oscura explica más fenómenos con menos ajustes, aunque ello implique aceptar una entidad aún desconocida.

En la cuestión de la relación entre la materia oscura y expansión del universo, aquí es fundamental distinguir entre materia oscura y energía oscura. La primera frena la expansión por su gravedad; la segunda, descubierta a finales del siglo XX, parece acelerarla. No obstante, ambas influyen en el destino cósmico.

Los modelos cosmológicos estándar (□CDM) describen un universo que se expande de forma acelerada, dominado a largo plazo por la energía oscura. En este marco, la materia oscura fue crucial en las primeras etapas, ya que permitió que las estructuras se formaran antes de que la expansión las dispersara.

Respecto a los escenarios de futuro, en relación con la aceleración, freno, rebote o infinitud, entramos en un terreno donde la física se vuelve inquietantemente especulativa, y donde el resultado "repugna" por su falta de cierre intuitivo:

1. Expansión acelerada eterna en que las galaxias se alejan hasta quedar aisladas; el universo se enfría y muere térmicamente (Big Freeze).

2. Freno y colapso, si la energía oscura cambiara de signo o desapareciera, la gravedad total podría revertir la expansión (Big Crunch).

3. Rebote cósmico en que el universo colapsa pero vuelve a expandirse, quizá cíclicamente.

4. Expansión infinita con cambios de fase en la que se da una expansión eterna, pero no monótona, con transiciones dinámicas.

Actualmente, los datos favorecen el primer escenario, pero no lo garantizan. Pequeñas discrepancias observacionales (como la tensión en la constante de Hubble) sugieren que el modelo hasta ahora sustentado, podría ser incompleto.

Básicamente hay una conclusión incómoda. La materia oscura es un ejemplo paradigmático de cómo avanza la ciencia, que no es por comodidad conceptual, sino por obediencia a los datos. Nos obliga a aceptar que la mayor parte del contenido material del universo es invisible, desconocido y ajeno a nuestra experiencia cotidiana. Su papel ha sido decisivo en la formación de galaxias y en el equilibrio dinámico del cosmos, aunque su identidad última se nos escape.

En cuanto al destino final del universo, la repugnancia intelectual ante un final abierto, infinito o frío no es un argumento científico, pero sí un síntoma humano. La cosmología moderna no promete consuelo metafísico, sino que promete coherencia provisional. Y en ese sentido, la materia oscura no es solo una sustancia hipotética, sino un recordatorio de que el universo no está hecho a nuestra medida, ni conceptual ni emocionalmente.

UNA CONCLUSIÓN INCÓMODA

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2026

