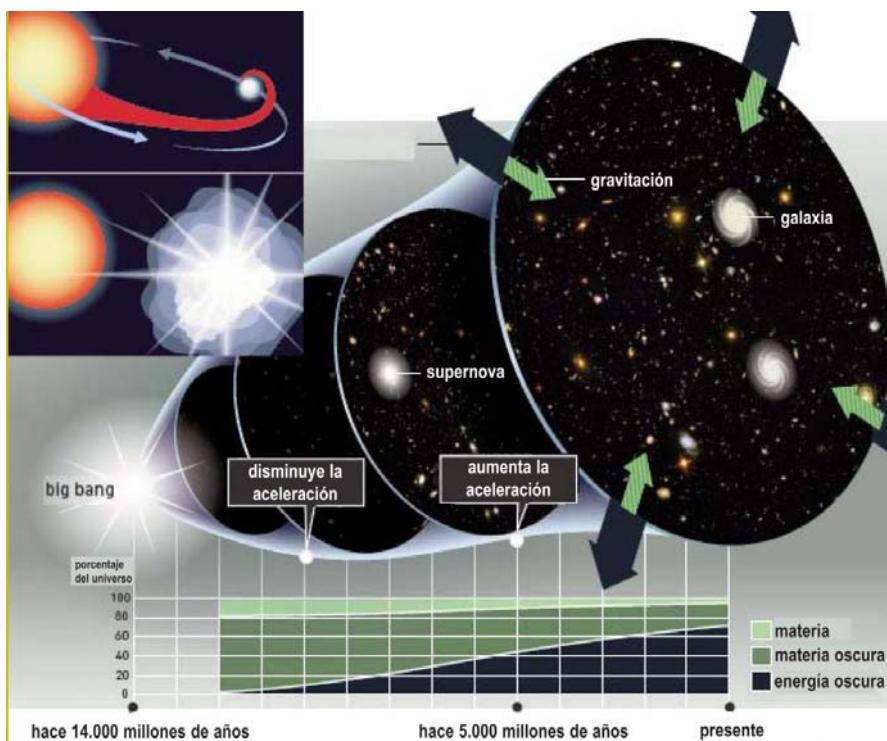


# El universo acelerado

**El premio Nóbel de Física 2011 ha recaído en Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess "por el descubrimiento de la expansión acelerada del Universo mediante observaciones de supernovas lejanas"**

**Miguel Ángel Pérez Torres**  
**Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)**

SI LANZAMOS UNA MONEDA AL AIRE, LA ACELERACIÓN INICIAL de la moneda se verá mermada por la atracción gravitatoria de la Tierra, que frena su ascenso y finalmente la hace caer nuevamente al suelo. Si viéramos que la moneda sigue y sigue acelerándose, usted (y yo también) se llevaría una buena sorpresa y, si no hay truco, tendría que buscar una explicación a este nuevo fenómeno. Algo así es lo que les ocurrió a los laureados con el premio Nobel de Física de 2011, los estadounidenses Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess. El objetivo que perseguían estos científicos, aunque ambicioso, no era otro que el de medir la desaceleración del universo en el que vivimos, utilizando observaciones de supernovas del universo lejano. Hasta finales de los 90, la mayor parte de los astrónomos dábamos por hecho que vivíamos en un universo que, como la moneda lanzada al aire, eventualmente frenaría su expansión. La conclusión a la que llegaron los equipos de Perlmutter y de Schmidt y Riess no pudo ser más sorprendente: el universo, que empezó hace casi catorce mil millones de años su expansión iise estaba acelerando!!



Arriba a la izquierda, visión esquemática de cómo se produce una supernova de tipo Ia: en un sistema binario, la enana blanca succiona materia de la estrella compañera hasta alcanzar el límite de Chandrasekhar (1,44 veces la masa del Sol) y muere en una explosión de supernova. En el centro, esquema de la historia del universo donde se muestra cómo ha ido aumentando con el tiempo (y con la expansión) la proporción de energía oscura

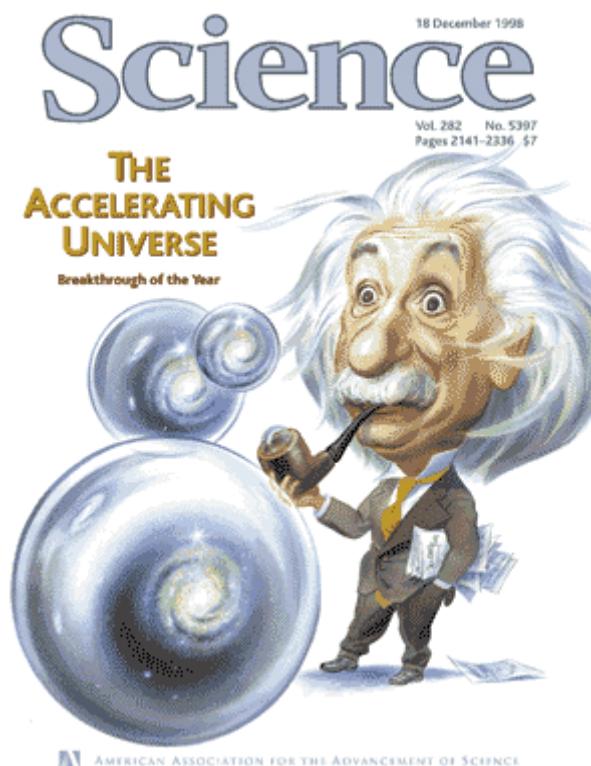
Este espectacular resultado, que golpeó los cimientos de la cosmología observational y teórica modernas, fue el premio a un trabajo iniciado en 1988 por Saul Perlmutter, quien lideraba el "Proyecto de cosmología con supernovas" (Supernova Cosmology Project) y, de modo independiente, el del equipo de Brian Schmidt y Adam Riess, quienes iniciaron un proyecto similar en 1994, el de la "Búsqueda de Supernovas a Alto Corrimiento al Rojo" (High-z Supernova Search Team).

## La aceleración del universo

Ambos equipos esperaban encontrar, y medir, la desaceleración del universo. Para ello fueron a la caza y captura de las supernovas de tipo Ia más lejanas de nosotros, con distancias de hasta seis mil millones de años luz, con el objetivo de medir la distancia hasta ellas de modo muy preciso.

¿Por qué usar supernovas de tipo Ia? Las supernovas de tipo Ia resultan de la muerte de una clase de estrellas conocidas como enanas blancas y cuyo final es explosivo. Pero lo que las hizo cruciales para el objetivo de Perlmutter, Schmidt y Riess era que el brillo intrínseco de las explosiones de supernova de tipo Ia es prácticamente el mismo, ya que todas estas supernovas explotan con una masa característica, conocida como el límite de Chandrasekhar, y que equivale a 1,44 veces la masa del Sol. Esto las convierte en "candelas estándar", y constituyen un excelente patrón para medir distancias. Si conocemos la distancia a una de estas supernovas, aplicando la ley que establece que el brillo disminuye con el cuadrado de la distancia podemos obtener las distancias a todas las supernovas.

**Portada de la revista Science de 1998 en la que destacaba el hallazgo de la expansión acelerada del Universo.**

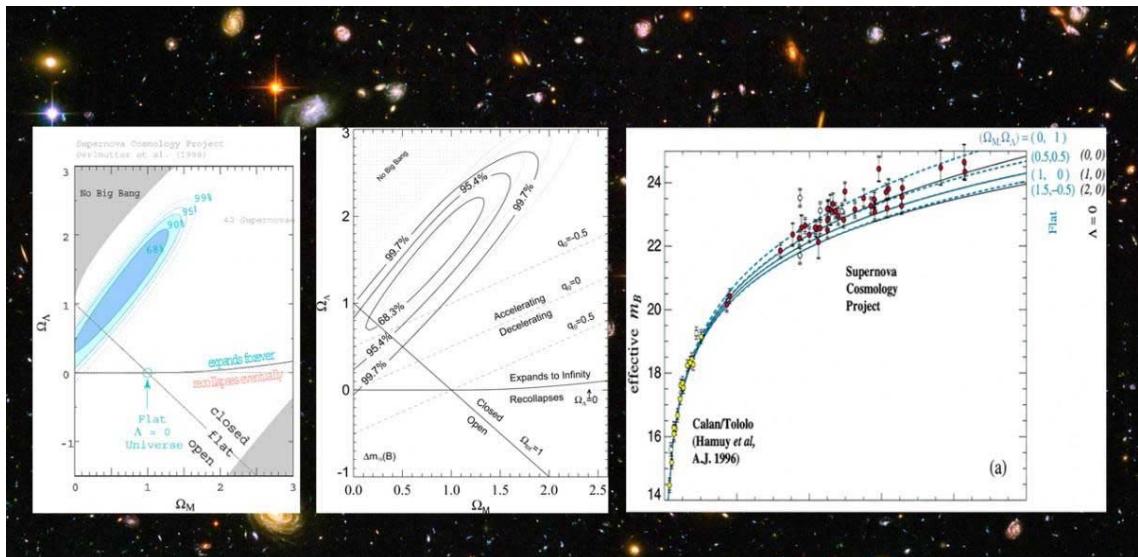


Pero, ¿cómo medir esa aceleración o desaceleración del universo, midiendo solo distancias a las supernovas? Como el brillo intrínseco de las supernovas Ia es el

mismo, la distancia a las supernovas viene determinada por el brillo aparente que medimos con los telescopios. De este modo, Perlmutter, Schmidt y Riess midieron el brillo aparente de supernovas muy lejanas, lo que directamente les daba las distancias a las mismas. Perlmutter, Schmidt y Riess esperaban encontrar evidencias de que vivíamos en un universo donde la proporción de materia era tan grande que frenaba su expansión. Para ello, las supernovas observadas tendrían que haber sido muy brillantes, ya que al desacelerarse la expansión del universo la distancia a las supernovas sería menor que si el universo no se hubiera frenado. Sin embargo, lo que encontraron fue justo lo contrario: el brillo de las supernovas más lejanas era más débil del esperado. Tan débil que las distancias eran incluso mayores que las que esperaríamos si el universo no se hubiera frenado. Por tanto, la expansión del universo tenía que estar acelerándose.

### ¿Qué supone la aceleración?

El descubrimiento de que vivimos en un universo que se acelera tiene enormes implicaciones. Incluso antes del descubrimiento de la ley de Hubble, que nos dice que las galaxias se separan unas de otras a velocidades proporcionales a la distancia que las separa, ya se había sugerido que quizás vivíramos en un universo abierto (un universo que se expande aceleradamente), o bien cerrado (un universo en el que la atracción gravitatoria vence al Big Bang inicial y finalmente colapsa), o quizás plano (donde la expansión del universo disminuiría con el paso del tiempo). Einstein, en sus famosas ecuaciones, incluyó una constante cosmológica, conocida también como energía oscura, para evitar la solución de un universo en expansión, ya que era una posibilidad que no le gustaba. Mucho más tarde, Einstein consideró la inclusión de dicha constante uno de sus mayores errores, y la quitó de sus ecuaciones.



Dcha: brillo aparente de cuarenta y dos supernovas con alto desplazamiento al rojo del Supernova Cosmology Project, liderado por Perlmutter (círculos rojos) y de dieciocho supernovas a bajo desplazamiento al rojo, de la muestra de Calan/Tololo (círculos amarillos) y ajustes a distintos modelos cosmológicos. A bajos desplazamientos, las observaciones no permiten discernir entre ningún modelo. Sin embargo, a altos desplazamientos (por encima de  $z=0.15$ ), las divergencias entre los modelos cosmológicos empiezan a ser notables. Las observaciones muestran que las supernovas son significativamente más débiles que lo esperado en un universo que frena su expansión, o que no sufre aceleración. La conclusión de Perlmutter y colaboradores, confirmada independientemente por Riess y colaboradores, es que la expansión del universo es acelerada, y que esta aceleración se debe a la existencia de energía oscura. Izda. Resultados obtenidos por los equipos de Perlmutter y de Schmidt y Riess (centro), a partir de observaciones de supernovas muy lejanas. Las elipses representan niveles de confianza de los resultados para valores distintos del contenido de materia ( $w_M$ ) y de energía oscura ( $w_L$ ) y muestran que el modelo cosmológico que mejor se ajusta a los datos observacionales es el de un universo dominado por la energía oscura, lo que implica que la expansión del universo se está acelerando.

Los resultados obtenidos por Perlmutter, Schmidt y Riess constituyen la confirmación de que la constante cosmológica en las ecuaciones de Einstein no fue un error, sino que resultó una solución brillante. Gracias a los laureados con el premio Nobel de Física, sabemos que vivimos en un universo dominado por energía oscura. Si hay una constante cosmológica, el universo está destinado a acelerarse, incluso si el universo en que vivimos es plano. Esta aceleración del universo sería debida a la energía oscura, que en los inicios del universo constituiría una pequeña parte de toda la energía. A medida que la materia se fue diluyendo con la expansión del universo, la energía oscura fue dominando y actualmente constituye aproximadamente el 70% de toda la energía presente en el universo. Del 30% restante, un 25% se encuentra en forma de "materia oscura" (que no emite luz) y solo un 5% es "materia bariónica", la materia de la que están hechos los planetas, las estrellas y nosotros mismos.

### **Un merecido galardón**

El descubrimiento de la expansión acelerada del universo por Perlmutter, Schmidt y Riess es un hito en la cosmología moderna, tan significativo como el descubrimiento de las variaciones de temperatura de la radiación del fondo cósmico de microondas, y por el que los científicos John Mather y George Smoot recibieron el premio Nobel de Física en 2006.

En efecto, el descubrimiento de la expansión del universo, así como de su aceleración, ha significado un enorme avance en la comprensión de la evolución y el destino final del universo en el que vivimos, al confirmar que está dominado por energía, no por materia, y que además esta energía es oscura.

Sin duda, los investigadores que resuelvan el nuevo misterio abierto por la aceleración del universo, es decir, qué compone la materia y energía oscuras, conseguirán un no menos merecido premio Nobel que el obtenido en 2011 por Perlmutter, Schmidt y Riess.



Saul Perlmutter



Brian P. Schmidt



Adam G. Riess

**Miguel Ángel Pérez Torres**

**Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)**

Este artículo aparece en el número 36, febrero 2012,  
de la revista **Información y Actualidad Astronómica**,  
del Instituto de Astrofísica de Andalucía.