

Entrevista ::

“Tenemos una nueva vía para ampliar las ecuaciones de Einstein, y predice la cifra observada de aceleración en la expansión del Universo”

John D. Barrow, investigador en Cosmología de la Universidad de Cambridge

Ágata Timón
Divulga, SL
e-mail: agata@divulga.es

John D. Barrow (Londres, 1952) desprende sus dotes de refinado *gentleman* desde el primer momento. Exquisita educación, cuidados movimientos, escogidas palabras. Es un hombre de ciencia: matemático, físico y cosmólogo de gran prestigio. Su larga sucesión de éxitos le encumbran en un momento y en un lugar que le pertenecen. Un repaso a los cargos que desempeña sirve como primera aproximación a la envergadura del personaje: desde 1999 es profesor de Ciencias Matemáticas en la Universidad de Cambridge y director del Millennium Mathematics Project. Además, ha sido la segunda persona en los cuatro siglos de historia del distinguido Gresham College que ha logrado ocupar dos plazas de profesor –de Astronomía, desde 2003 hasta 2007, y de Geometría, desde entonces a la actualidad– en este templo de la ciencia británica. Por otro lado, la influencia de la que goza como investigador es el resultado de su larga producción en física matemática, cosmología, gravitación, física de partículas y matemática aplicada, que suma más de 420 artículos. También ayudan los numerosos premios que colecciona en sus estanterías (entre los que podríamos destacar, por no aburrirnos enunciando galardones, el Premio Templeton en 2006, el Locker de Astronomía, la Medalla Kelvin en 1999 y la Medalla Faraday en 2008).

Pero si no bastase con todo esto, Barrow desempeña con esmero una labor que, para él, es de las más importantes y satisfactorias y además, multiplica su visibilidad pública y su reconocimiento social: la divulgación. Ha escrito 20 libros hasta la fecha, traducidos a más de 28 lenguas, en los que se sumerge en las ramificaciones históricas, filosóficas y culturales del desarrollo de las matemáticas, la física y la astronomía.

Muchas veces habla de “hechos sorprendentes” de las doctrinas con los que consigue enganchar al público no especializado. Otras, como en su última referencia: *The book of the universes*, divulga su propia obra científica. Pero es que el campo en el que trabaja y los resultados que ha obtenido entran perfectamente en la categoría de “hechos sorprendentes”.

En sus últimas producciones como investigador, Barrow ha profundizado, junto a su compañero de Cambridge, Douglas Shaw, en la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica, proponiendo una de las primeras construcciones teóricas del “Universo acelerado” y explicando los valores de la expansión del cosmos. Según los autores, la “constante cosmológica” –valor asociado a la aceleración observada en el crecimiento del Universo, y conocida popularmente como “energía oscura”– depende del tiempo y lugar donde se mida. Su modelo consigue que coincida el valor teórico con el medido, eliminando algunos de los problemas más dificultosos para entender la expansión teniendo en cuenta la teoría cuántica de campos: la repulsión del vacío cuántico. En su prototipo, la energía del vacío resultante sí puede explicar la expansión acelerada del Universo que se aprecia.

Si sus resultados son ciertos –lo cual se determinará de manera inequívoca en un par de años, con los datos del satélite Planck–, estos novedosos planteamientos podrían cambiar radicalmente la interpretación cosmológica de la historia del Universo. En su visita a Zaragoza, como conferenciante invitado dentro del ciclo de Coloquios del Centenario de la Real Sociedad Matemática Española, hablamos de estos controvertidos resultados y de otras de sus muchas contribuciones al desarrollo (y comunicación) de la Ciencia.



“No hay un único posible conjunto de valores de las constantes de la naturaleza; podrían ser diferentes”

La rabiosa actualidad de sus últimos trabajos obligan a empezar por el final: ¿Podría hablarnos un poco de sus últimos resultados en el campo de la investigación en cosmología?

Una de las cosas en las que he estado trabajando a nivel de investigación estos últimos años ha sido en un novedoso desarrollo de la teoría cosmológica que pretende explicar la aceleración observada del Universo. Hace 13 años se descubrió que el Universo se expande con una velocidad creciente. Desde entonces, el gran misterio era saber por qué la aceleración (vinculada a la llamada “constante cosmológica”) tiene exactamente el valor que se aprecia. Que, además, es un valor muy raro. Hasta ahora, nadie ha sabido justificarlo, no se han propuesto teorías satisfactorias. Nosotros tenemos una nueva vía para ampliar las ecuaciones de Einstein, y predicen esencialmente qué es la cifra observada.

Y de sus resultados también se deducen otras conclusiones.

Sí, además hacemos una predicción sobre la cantidad de energía que está envuelta en la curvatura de la geometría en el espacio del Universo. Esta predicción es simplemente un número: 1.0055. Pero una de las cosas más interesantes es que dentro de aproximadamente 2 años, cuando los datos del satélite Planck sean recibidos y analizados, se podrá determinar con absoluta certeza si este número es o no correcto.

Globalmente, ¿qué significado tiene esta teoría?

Es una extensión de la relatividad de Einstein, que permite un enfoque cuántico de la misma. Comenzamos por considerar el Universo entero como una función de onda de la mecánica cuántica, que mantiene la energía total, pero varía en otras cantidades, como la misma constante cosmológica. Pero para un observador, aquí y ahora, la constante tiene un valor fijo y determinado. Utilizándolo en la función de onda ahora dominante hemos podido predecir la curvatura del espacio. Por tanto, nuestro pronóstico sigue de imponer cierto requisito sobre una visión cuántica de la función del Universo, que tiene una situación clásica de límite, un límite ordinario.

¿Qué tipo de acogida han tenido sus resultados?

Como resultado académico acaba de ser publicado en dos *papers* en la publicación científica *Physical Review Letters*. Además, ha sido el principal “contenido novedoso” de *Nature* a finales de febrero. También es uno de los temas principales de mi último libro, *The book of the universes*. En él hablo de cosmología, es un intento de mostrar lo que está pasando en este campo. Ahí, en los últimos capítulos, expongo nuestra teoría de manera más divulgativa, para el público general.

“No estamos viendo la verdadera estructura fundamental del Universo, y por tanto podemos estar muy limitados en lo que observamos y podemos entender”

Y hasta llegar a este momento de reconocimiento de la comunidad científica, han pasado más de 30 años. ¿Puede hablarnos de sus inicios? ¿Cómo llegó al campo de investigación en el que actualmente trabaja?

Viene de lejos. Cuando tenía 10 años me regalaron un kit de química, que me mostró un mundo nuevo y fascinante. Este fue mi primer interés serio por las ciencias, y tuvo lugar a través de la química. Poco a poco me fui dando cuenta que las partes que más me atraían de esta doctrina eran las que tenían mayor relación con la física. Entonces empecé a interesarme por la física y a partir de ahí por las matemáticas. Con 16 años también me apasionaba la astronomía, pero particularmente la astrofísica. No tenía telescopios, pero sí me cautivaba saber cómo la física tan sencilla que se hacía en el laboratorio, aquí, también se podía aplicar para entender las estrellas, allí, en el Universo exterior. Así que, desde relativamente pronto, empecé a direccionarme hacia la astrofísica, y es a lo que finalmente me dediqué. En la Universidad estudié matemáticas pero, en la tradición inglesa, las matemáticas y la física están unidas de manera muy cercana. Y después, mi doctorado fue en astrofísica, en cosmología.

¿Podría escoger el momento más satisfactorio de su carrera?

Un buen ejemplo para destacar pertenece a mi carrera de estudiante de doctorado, cuando intentaba hacer investigación por primera vez. Creo que elegiría el primer momento en el que me vi capaz de hacer un nuevo descubrimiento y a partir de ahí, todo el formalismo que sigue al hallazgo: el primer *paper* científico que publicas, el compartirlo en conferencias, el debatir sobre tu resultado, etc.

Además de la faceta de investigador, gran parte de su producción está dedicada a la labor divulgativa. ¿Qué objetivos personales representa esto para usted?

Mi motivación fundamental es intentar encontrar cosas interesantes para contar a la gente. Algunos son asuntos que estás desarrollando tú mismo, otros simplemente son curiosidades o cosas inusuales de las matemáticas. Una de las maneras para captar la atención del público es mostrando algo inesperado, aunque a veces sencillamente se puede transmitir cómo las matemáticas aparecen en aspectos cotidianos de la vida de la gente.

Pero usted presenta este cometido casi como una labor social. ¿Por qué cree que es tan importante divulgar la ciencia, y en particular, las matemáticas?

Para empezar, la matemática es, en todos los sentidos, la asignatura cuya comprensión tiene mayor importancia en los estudiantes jóvenes. Es fundamental que la entiendan y que despierte interés en ellos. Personalmente, creo que es interesante y emocionante. Además, las matemáticas permiten discernir aspectos del mundo que no podrías apreciar de ninguna otra manera. No es como la política, o la ficción, en las que expones una opinión, y puede ser correcta o no serlo. Las matemáticas

“Los principios que rigen el Universo son inflexibles, pero ciertas cosas no están realmente programadas, sino que se desprenden de manera aleatoria de ellos”

“Las matemáticas son, simplemente, la colección de todos los modelos posibles”

requieren una investigación rigurosa de la realidad, y sus resultados son muchas veces inesperados y sorprendentes. Descubren resultados que nunca podrías haber imaginado acerca del mundo.

Entonces, ¿las matemáticas son una herramienta generada por el ser humano o, por el contrario, son una parte intrínseca del Universo?

No, no creo que las matemáticas sean una invención humana. Cómo lo haces, cómo llamas a los números o cómo haces los dibujos, en qué partes de las matemáticas te interesas, etc., sí es una realidad cultural. La selección es cultural. De todas maneras, este es un debate muy antiguo en el mundo científico, con dos posturas enfrentadas: por un lado, quien defiende que las matemáticas fueron descubiertas, es decir, ya existían por sí mismas; y, por otro, los que afirman que fueron inventadas, es decir, creadas por nosotros.

Yo interpreto esta cuestión a través de un enfoque distinto. Creo que las matemáticas son simplemente la colección de todos los modelos posibles que puede haber. Algunos de estos patrones están en el suelo, otros están en el techo, o en la fachada de una mezquita o una iglesia. Otros son arquetipos de tiempo, de cómo se mueven los cuerpos en el sistema solar. Otros son lógicos, de programación computacional. O pueden ser modelos estadísticos o de tendencias. La matemática es, simplemente, el catálogo de todos los modelos, y el número es infinito. Hay un número infinito de posibilidades.

Mirando las matemáticas de esta manera, puedes ver aspectos matemáticos en todos lados, aunque muchas veces pasan totalmente desapercibidos. A veces la gente crea patrones muy complejos, y se pueden estudiar desde el punto de vista matemático. A veces son tremendamente interesantes, o pueden no aportar nada. Pero el tema común en todas las matemáticas es el estudio de patrones.

Por tanto, ¿comprender estos modelos que determinan la realidad que nos rodea es entender la matemática?

“Para que nosotros estemos aquí, el modelo del Universo tiene muchas restricciones, es un diseño muy sofisticado”

No toda la realidad se puede entender a través de las matemáticas. Se puede interpretar, y en muchos casos, ayuda a entender aspectos de manera profunda. Es fácil ver cómo las matemáticas se aplican al mundo, por qué son tan útiles, por qué son parte de la ciencia. Todas las disciplinas científicas se ocupan de patrones: modelos de moléculas y sus uniones en química, modelos de movimiento en el tiempo en el sistema solar, modelos en el suelo, si eres un arquitecto, etc. Por esto las matemáticas funcionan estupendamente describiendo el mundo. De manera global también debe de haber un patronaje determinado, que permita nuestra existencia. Para que nosotros estemos aquí, el modelo tiene muchas restricciones, es un diseño muy sofisticado.

¿Como, por ejemplo, los valores de las “constantes de la naturaleza”, a las que ha dedicado gran parte de su obra?



Bueno, ese es un tema que no está resuelto. La física fundamental ha evolucionado mucho en este aspecto, y lo sigue haciendo. Hace algún tiempo se pensaba que habría una teoría última de la física, y que esta mostraría y predeciría que las constantes de la física –como la constante de estructura fina, la constante de gravitación o la velocidad de la luz en el vacío– están completamente determinadas, de manera única y completa. Pero ahora las cosas no parecen ser de esta manera. En la teoría de cuerdas hay millones de maneras en las que las leyes de la naturaleza pueden ser consistentes con diferentes constantes de la física. Por tanto, no hay un único posible conjunto de valores de las constantes de la naturaleza. Podrían ser diferentes.

Pero, en nuestro Universo, ¿son o no son constantes? ¿Podemos determinar que efectivamente es así?

La otra gran lección que nos ha enseñado la teoría de cuerdas es que el Universo tiene muchas más dimensiones de las que percibimos. Las otras dimensiones deben de ser realmente pequeñas, imperceptiblemente pequeñas. Y las verdaderas constantes de la naturaleza están definidas en el número total de dimensiones. Nosotros estamos viendo sólo una “sombra” tridimensional del total. De esta manera, lo que nosotros llamamos constantes de la naturaleza no son realmente elementales en esta teoría, porque son sólo “trozos”, proyecciones de tres dimensiones, de las verdaderas constantes fundamentales, que están en 10 u 11 dimensiones. No estamos viendo la verdadera estructura fundamental del Universo, y por tanto podemos estar muy limitados en lo que observamos y podemos entender sobre las constantes.

Y en el total de las dimensiones, ¿cuál sería la imagen de las constantes de la naturaleza?

Un ejemplo que me gusta dar es el siguiente. Partes de tres trozos de metal que unes, con los vértices móviles, formando un triángulo. Matemáticamente, el triángulo es “rígido”, es decir, empujando sus lados no puedes “torcerlo”. Esta es la imagen clásica de las constantes de la naturaleza. En teoría todo es rígido, no hay otras teorías adheridas. Pero si en lugar de tener un triángulo tienes un cuadrado, formado por 4 piezas unidas por los vértices, sí puedes deformarlo a otro tipo de paralelogramo empujando sus lados. Para mí esta es la imagen del aspecto de la nueva teoría de las constantes de la naturaleza: no es única, hay muchísimas variaciones de ellas, muchas están muy cerca y otras están muy lejos. Pero no es un modelo rígido. Los principios que rigen el Universo son inflexibles, pero ciertas cosas, como las constantes, no están realmente programadas dentro de las propias normas. Las constantes son los resultados de las leyes, y se desprenden de las mismas de manera aleatoria.

“La conducta en la economía va mucho más sobre „cómo la gente no actúa de manera lógica””

¿Cree que nosotros seremos capaces de entender este modelo en algún momento?

No hay ninguna razón por la cual deberíamos de ser capaces de descifrar todo. Esto podría ser un prejuicio anticopernicano, pero, ¿por qué nosotros deberíamos de ser capaces de entender el Universo en su totalidad? Podríamos hacerlo o podríamos no hacerlo. No podemos decirlo. Sería una coincidencia extraordinaria si lo lográsemos.

Y, situándonos en este caso extraordinario, ¿tenemos las matemáticas que harían falta para abarcar el modelo total?

Las matemáticas son infinitas, y contienen esta realidad, este Universo. Como decía antes, la matemática describe todo tipo de modelos, de estructuras. Todos, incluso los que no se usan en este Universo. Por tanto, nunca podremos conocer el total de las matemáticas. Sospechamos que la parte de la materia que está envuelta en la física, que describe el Universo, es una parte finita de esto, aunque no podemos saber con total precisión qué herramientas serían necesarias para desentrañar ese patrón concreto.

Otro uso más directo de las matemáticas que dominamos actualmente es “optimizar”, es decir, ayudar a escoger las opciones de la realidad que resulten más eficientes. En su libro *El salto del tigre* dice que las matemáticas nos pueden ayudar en algunas circunstancias concretas a “ganar siempre”. ¿Podría aplicarse esto a sistemas complejos?

En los casos que exponía en el libro, que trataban del tema de las apuestas, lo que sugería es un criterio concreto que se puede aplicar para comprobar si puedes ganar o no en unas condiciones particulares. Pero si ese requisito no se cumple no es posible asegurar de antemano la victoria. En ese sentido, la matemática que se puede aplicar para estudiar las posibilidades de ganar y la manera de optimizar esta probabilidad es la llamada teoría de juegos. La teoría de juegos nació de manos de John von Neumann y Oskar Morgenstern, vinculada a razones económicas, para observar y entender cómo las personas actúan para minimizar la pérdida total. Y además, determina cómo *deberían* actuar, da una estrategia óptima. Hasta cierto punto, con unas circunstancias sencillas, hay comportamientos, que se pueden fijar *a priori*, que de manera más probable te llevan al éxito.

En economía, por ejemplo, no hay reglas fijas que nos permitan estudiar el comportamiento como un “modelo” y predecir por tanto las evoluciones del mercado, pero ¿podrían las matemáticas mostrarnos algunas guías, o análisis, más útiles para obtener una mayor probabilidad de ganar?

El problema con la economía, y, en general, con cualquier comportamiento humano, es que no se adopta necesariamente una estrategia óptima. No se tiene por qué escoger hacer lo que “se debería hacer”. La conducta en la economía va mucho más sobre “cómo la gente no actúa de manera lógica”. Por otro lado, la práctica humana con respecto a la economía acarrea otras peculiaridades. Las personas son más contrarias a perder de lo favorables que se muestran a ganar. Es decir, molesta mucho más fracasar de lo que alegra vencer. Por lo que la conducta es muy antisimétrica ante el beneficio y la pérdida. En definitiva, la psicología de la gente y de sus actuaciones en transacciones económicas y financieras es muy importante. No puedes entender cómo funcionan los individuos dentro del sistema económico usando sólo teoría de juegos.

¿Para que sí se ha mostrado efectiva la teoría de juegos?

Con animales, por ejemplo. John Maynard Smith, con su concepto “*evolutionarily stable strategy*”, fue la primera persona en aplicar la teoría de juegos a la biología evolutiva. Sus explicaciones muestran por qué hay ciertos equilibrios en las poblaciones de animales, que colaboran de manera conjunta con el objetivo de optimizar o maximizar la supervivencia de la especie o de ciertos genes. Al menos te permite comprender que el “altruismo recíproco” existe.

Otro valor de la matemática es el de contenido cultural. Usted ha utilizado varios vehículos, como el teatro, para difundir conceptos matemáticos, ¿Cree que puede incluirse y tratarse la matemática como una parte más de la cultura?

Sí, si miramos a nuestro alrededor, se puede ver que desde hace cientos de años las matemáticas ha sido incorporadas como parte de lo que llamamos “cultura”. El diseño de grandes edificios, o la geometría de sofisticadas obras de arte, están basados en una profunda comprensión de ciertas ramas de las matemáticas. En el Renacimiento los artistas más destacados también eran científicos y geómetras, por lo que tenían un vasto entendimiento de la matemática subyacente en la perspectiva o en las tensiones en las construcciones de estructuras o edificios.

Hoy estamos totalmente rodeados de arte gráfico, películas y videos digitales que se derivan de los ordenadores y de la tecnología de la información. Ésta está totalmente basada y enraizada en las matemáticas y en el estudio de computación y lógica. Hay muchos más aspectos artísticos a nuestro alrededor que están basados en matemáticas que los que la gente suele apreciar. Y por supuesto, en el mundo islámico, sabemos que todo el desarrollo artístico, que no representa seres vivos, está basado en teselaciones que apreciamos mucho mejor utilizando matemáticas. En muchas culturas, los diseños de patrones o simetrías son reflejo de las matemáticas. La comprensión de la simetría y los modelos requiere de las matemáticas para ser completa.

Y no sólo en el arte; también en otras manifestaciones culturales, como el deporte, se pueden aplicar las matemáticas para obtener una visión más “completa”. Este tema es el destacado en su Coloquio del Centenario de la RSME: *Math is everywhere*. Si las matemáticas están en todos lados... ¿por qué escogió los deportes?

El *Millenium Mathematics Project* está interesado especialmente en este momento en las matemáticas y el deporte, ya que los Juegos Olímpicos se celebran en Londres el año que viene. Esto crea una gran oportunidad educativa de usar el deporte como un vehículo para entender las matemáticas o la ciencia que hay en el movimiento del deporte, las estadísticas y la teoría de probabilidad sobre los sistemas de puntaje, los récords, los test de dopaje, etc. El proyecto fue escogido como proveedor oficial de este tipo de material educativo sobre las Olimpiadas para el público y las escuelas en Gran Bretaña, por lo que podemos usar el logo olímpico. Esto nos permite aprovechar la presencia mediática de los juegos. Las escuelas están muy interesadas en intentar usar este material para mejorar la enseñanza de las matemáticas e incrementar el entusiasmo de los estudiantes hacia la materia.

Más información

Millenium Mathematics Project es una iniciativa de educación matemática vinculada a la Universidad de Cambridge pero con actividad tanto a nivel nacional en Reino Unido como a nivel internacional. Está destinada a jóvenes de 5 a 19 años y al público general. Su objetivo es apoyar la didáctica de las matemáticas a través de actividades extracurriculares, que pretenden transmitir la importancia de la comprensión de las matemáticas. Se desarrolla a través de una serie de programas complementarios que pueden consultarse en su página web, <http://mmp.maths.org>.

Modelo cosmológico. Los artículos donde se describe el modelo cosmológico ideado por John Barrow y Douglas Shaw, publicados en *Physical Review Letters*, son:

Douglas J. Shaw, John D. Barrow: *New Solution of the Cosmological Constant Problems*. Received 20 July 2010; revised 5 October 2010; published 11 March 2011.

Abstract. We extend the usual gravitational action principle by promoting the bare cosmological constant (CC) to a field which can take many possible values. Variation gives a new integral constraint equation for the classical value of the effective CC that dominates the wave function of the Universe. The expected value of the effective CC, is calculated from measurable quantities to be $O(t_U^{-2})$ as observed, where t_U is the present age of the Universe in Planck units. This also leads to a falsifiable prediction for the observed spatial curvature parameter of $\Omega_{k_0} = -0.0055$. Our proposal requires no fine-tunings or extra dark-energy fields but suggests a new view of time evolution. © 2011 American Physical Society.

Douglas J. Shaw, John D. Barrow: *Testable solution of the cosmological constant and coincidence problems*. Received 22 October 2010; published 18 February 2011.

Abstract. We present a new solution to the cosmological constant (CC) and coincidence problems in which the observed value of the CC, Λ , is linked to other observable properties of the Universe. This is achieved by promoting the CC from a parameter that must be specified, to a field that can take many possible values. The observed value of $\Lambda \approx (9.3 \text{ Gyrs})^{-2}$ [$\approx 10^{-120}$ in Planck units] is determined by a new constraint equation which follows from the application of a causally restricted variation principle. When applied to our visible Universe, the model makes a testable prediction for the dimensionless

spatial curvature of $\Omega_{k_0} = -0.0056(\zeta_b/0.5)$, where $\zeta_b \sim 1/2$ is a QCD parameter. Requiring that a classical history exist, our model determines the probability of observing a given Λ . The observed CC value, which we successfully predict, is typical within our model even before the effects of anthropic selection are included. When anthropic selection effects are accounted for, we find that the observed coincidence between $t_{\Lambda} = \Lambda^{-1/2}$ and the age of the Universe, t_U , is a typical occurrence in our model. In contrast to multiverse explanations of the CC problems, our solution is independent of the choice of a prior weighting of different Λ values and does not rely on anthropic selection effects. Our model includes no unnatural small parameters and does not require the introduction of new dynamical scalar fields or modifications to general relativity, and it can be tested by astronomical observations in the near future. © 2011 American Physical Society.



Sobre la autora

Ágata A. Timón García-Longoria nació en Madrid el 26 de octubre de 1986. Estudió Ciencias Matemáticas en la Universidad Complutense de Madrid (2004-2009) y actualmente está cursando el Máster de Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente de la Universidad Carlos III. Ha sido profesora de matemáticas y actualmente se dedica a la divulgación de la ciencia, colaborando con la empresa Divulga. Además de la ciencia, su otra pasión es la música: entre otras cosas, dirige y realiza un programa dedicado a las mujeres en el rock en la emisora libre Radio Utopía y forma parte del grupo madrileño *Lady Grape*.