



El proceso paralelo del conocimiento y la ignorancia: el caso de la cosmología

Eduard Aibar Puentes



Biografía. *Es profesor de Ciencia, Tecnología y Sociedad en el Departamento de Artes y Humanidades de la Universitat Oberta de Catalunya e investigador del Internet Interdisciplinary Institute de esta universidad, donde actualmente ocupa el cargo de Vicerrector de Investigación. Ha sido profesor en la Universidad de Barcelona, donde obtuvo un doctorado en filosofía de la ciencia, investigador postdoctoral en la Universiteit Maastricht (Países Bajos) y en la Universidad de Salamanca. Es especialista en estudios sociales de la ciencia y la tecnología y ha publicado numerosos trabajos sobre la interacción entre el desarrollo científico-tecnológico y el cambio social.*

Resumen. Seguro que todos recordamos el célebre principio socrático; “*sólo sé que no sé nada*”. Para algunos es un axioma básico, para otros un contrasentido, e incluso hay quien piensa que es un ejercicio de falsa modestia. Podría parecer un mero ejercicio teórico. Sí, muy deontológico el asumir la propia ignorancia, pero poco real o práctico, ya que en ocasiones, cuando algún científico (por ejemplo) es uno de los mayores especialistas del mundo en una materia, se cree que sabe todo lo que se puede saber sobre su especialidad. Sin embargo, para demostrarnos lo falso de este presupuesto y lo vigente del aserto socrático, un buen ejemplo es el siguiente ensayo. En él se nos muestra clara y nítidamente los enormes avances y desarrollos en el campo de la cosmología a lo largo del siglo XX y las tremendas repercusiones que tuvieron en el estudio de la estructura, origen y evolución del universo. Pero por otro lado, también se nos presentan los nuevos interrogantes que se han generado al obtener nuevos datos y generar nuevas hipótesis. Sin nuevos conocimientos es difícil hacer avanzar a la ciencia, pero ¿y sin nuevas preguntas? Muchas de ellas no tienen ahora respuesta. Puede que en un futuro se puedan resolver, pero ciertamente surgirán otras nuevas. Es la dinámica del conocimiento humano, con su eterna condena de Sísifo.

Summary. I am sure everyone remembers the famous Socratic principle: “I only know that I do not know anything”. For some it is a basic axiom, for others an absurdity, and there are even some who think it is an exercise of false modesty. It may seem like a theoretical exercise. Yes, it would be very ethical to assume one’s own ignorance, but not very real or practical because sometimes, when scientists (for example) are leading experts in the world in a specific discipline, they believe that they know everything there is to know about their field of specialisation. However, in order to demonstrate that this presumption is false and that Socrates’ declaration is still valid today, a good example is the following essay. It provides a clear and accurate description of the huge progress and developments in the field of cosmology during the 20th century and the tremendous impact they had on the study of the structure, origin and evolution of the universe. But there are also new questions that must be answered in the light of new data and new hypotheses. Without new knowledge it is difficult to push science forward, but without new questions? Many have no answer. They may be resolved in the future, but other questions will certainly arise. These are the dynamics of human knowledge, with its eternal condemnation of Sisyphus.

Résumé. Nous nous souvenons tous sûrement du célèbre principe socratique ; “*je sais seulement que je ne sais rien*”. Pour certains, c’est un axiome basique, pour d’autres un contresens, il y en a même qui pensent que c’est un exercice de fausse modestie. Cela pourrait paraître un simple exercice théorique. Oui, très déontologique le fait d’assumer la propre ignorance, mais peu réel ou pratique, puisque parfois, quand un scientifique (par exemple) est l’un des plus grands spécialistes du monde dans une matière, il pense qu’il sait tout ce qu’il peut savoir sur sa spécialité. Toutefois, pour nous démontrer le faux de ce présumé et la vigueur de l’assertion socratique, un bon exemple est l’essai suivant. Il nous y est clairement et nettement montré les énormes progrès et développements dans le domaine de la cosmologie tout au long du XX^e siècle ainsi que les énormes répercussions qu’ils ont eu sur l’étude de la structure, l’origine et l’évolution de l’univers. Mais d’un autre côté, les nouvelles interrogations qui se sont produites en obtenant de nouvelles données et en produisant de nouvelles hypothèses nous sont également présentées. Sans de nouvelles connaissances il est difficile de faire avancer la science, mais et sans de nouvelles questions ? De nombreuses d’entre elles n’ont à présent pas de réponse. Il est possible qu’elles puissent se résoudre à l’avenir mais d’autres, nouvelles, apparaîtront certainement. C’est la dynamique de la connaissance humaine, avec son éternelle condamnation de Sisyphe.



Un punto de vista habitual sobre la actividad científica consiste en equiparar el progreso de las ciencias a la disminución de nuestra ignorancia sobre la realidad. Solemos pensar, por ejemplo, que los espectaculares avances en la biología desde el descubrimiento de la estructura del ADN hace ya medio siglo han resuelto la mayor parte de interrogantes que existían sobre la vida y sobre la herencia genética. De forma similar, tendemos a pensar que, tras un siglo de innumerables progresos en física de partículas, nuestra ignorancia respecto a la materia y sus componentes fundamentales ha menguado considerablemente.

En cierto sentido esta visión es correcta. Nuestro conocimiento sobre esos y otros muchos aspectos de la realidad ha mejorado enormemente, tanto cuantitativa como cualitativamente: no sólo sabemos más sino que nuestros conocimientos son ahora más sólidos. Pero también es cierto que a medida que avanzamos en el conocimiento de un fenómeno, también aumenta considerablemente el número de interrogantes nuevos que se nos plantean; y esto es algo que suele pasarse por alto.

En muchos casos, el progreso de la ciencia, además de resolver antiguas preguntas, no sólo trae consigo otras nuevas, sino que nos incita a reformular las que nos hacíamos antes e, incluso, a multiplicarlas o hacerlas más complejas. A medida que aumenta nuestro conocimiento también lo hace nuestra ignorancia: conocer mejor significa, en gran parte, ser más conscientes de lo que aún no sabemos. Y esa es precisamente una de las características más importantes de la evolución histórica de las ciencias: no sigue un camino preestablecido hacia un final estático y definitivo, sino que siempre se enfrenta a nuevas disyuntivas y encrucijadas, desplazándose hacia un destino incierto, imprevisible y siempre sujeto a incertidumbre. Por mucho que corramos, la meta siempre se mueve más rápido que nosotros.

Este escenario, del que son muy conscientes los propios investigadores científicos en las distintas áreas de la actividad científica contemporánea, se suele pasar por alto en los medios de comunicación y, en general, no forma parte de la imagen pública habitual de la ciencia. Cuando a veces se habla del «fin de la ciencia» o, en términos más específicos, del «fin de la física» o de cualquier otra disciplina, no se hace justicia a esta característica básica de la investigación científica.

La cosmología nos proporciona un ejemplo paradigmático de esta situación. La cosmología es la ciencia –o, más bien, el grupo de ciencias– que estudia la estructura, origen y evolución del universo, es decir, de este gigantesco receptáculo que nos aloja a nosotros y a todo lo que existe. El progreso de la cosmología en los últimos setenta años ha sido realmente espectacular: durante este corto período de la historia humana nuestro conocimiento del universo ha avanzado muchísimo más que en los últimos cuatro milenios de observación sistemática del firmamento. Y, sin embargo, el calibre de los nuevos interrogantes a los que estos mismos avances nos han conducido es enorme, ¡casi angustiante!

Sin ir más lejos, en estas siete décadas hemos pasado de vivir en un mundo que creíamos compuesto únicamente de materia como la que forma nuestros cuerpos o la tierra que pisamos, a otro en el que esta materia «ordinaria» representa en realidad un escaso 4 % de la composición total del universo: del restante 96 % a penas tenemos algunos datos indirectos y unas cuantas hipótesis en gran medida aún sin contrastar. De hecho, podría-

mos decir que la materia que conocemos –átomos compuestos fundamentalmente de protones, neutrones, electrones, etc.– ya no es, a escala cósmica, ciertamente *ordinaria* sino, bien mirado, ¡*extraordinaria*!

Los grandes avances recientes de la cosmología deben mucho al desarrollo tecnológico, principalmente de los instrumentos de observación, pero también de los ordenadores y programas informáticos necesarios para tratar la gran cantidad de datos que a través de esos instrumentos recogemos. En cualquier caso la imagen que ahora tenemos del universo es radicalmente diferente de la que disponíamos hace sólo unas pocas décadas. Pensemos, por ejemplo, que en los años veinte del siglo pasado, cuando Albert Einstein empezaba a explorar las consecuencias de su teoría de la relatividad general para el cosmos, los astrónomos de la época a los que consultó pensaban que la Vía Láctea, la galaxia en la que reside nuestro sistema solar, era la *totalidad* del universo. Un universo que, además, se consideraba básicamente estático, es decir, no sujeto a transformaciones a gran escala y, por consiguiente, eterno.

A finales de aquella década las cosas cambiaron de forma inesperada. En primer lugar, el universo se hizo más grande; inmensamente más grande. Los astrónomos se dieron cuenta de que las nebulosas, que hasta entonces se consideraban objetos de nuestra propia galaxia, eran en realidad otras galaxias que como la misma Vía Láctea se componían de cantidades enormes de estrellas. Hoy sabemos que existen en el universo observable más de 100.000 millones de galaxias, cada una de las cuales aloja, a su vez, a decenas o centenares de miles de millones de estrellas.

En segundo lugar, en el año 1927 el astrónomo Edwin Hubble –en cuyo honor se bautizó al famoso telescopio orbital lanzado en 1990– realizó uno de los descubrimientos más importantes de toda la historia de la astronomía. Mientras medía las distancias a algunas galaxias observó que el espectro de su luz se desplazaba hacia el rojo (es decir, que aumentaba su longitud de onda); algo que parecía indicar que se estaban alejando de nosotros –una técnica que, por cierto, ahora utilizan los conocidos radares de tráfico para determinar la velocidad de los automóviles–. Además observó que las galaxias más distantes se alejaban de nosotros más deprisa, en una relación lineal.

La conjunción de ambas observaciones indicaba una situación ciertamente sorprendente: el universo se *expandía*. Las galaxias, como pasas en un bizcocho que se cuece en el horno, se alejan las unas de las otras y cuanto más alejadas están, más rápido se separan.

Si las galaxias –o para ser más exactos, los cúmulos de galaxias– se están separando es fácil conjeturar que en un pasado, más o menos remoto, estuvieron juntas. De hecho, dado que podemos calcular, como hizo el mismo Hubble, la velocidad de expansión, también podemos averiguar de forma aproximada en qué momento se produjo esta reunión originaria. Este sencillo argumento constituye el germen de la teoría actual sobre el origen y evolución del universo: la llamada teoría del *Big Bang*.

De forma sintética, la teoría sostiene que el universo, todo lo que existe, surgió de una especie de explosión primigenia de un pequeño núcleo de densidad y temperatura infinitas, hace aproximadamente 13.700 millones de años. A título comparativo, la Tierra se formó hace unos 4.500 millones de años y los primeros homínidos empezaron a caminar sobre ella hace sólo 6 millones de años.

Con el paso de los años, los cosmólogos han ido acumulando evidencias que corroboran la teoría del *Big Bang* y, aunque todavía quedan muchos detalles por esclarecer –algunos ciertamente importantes, como veremos– actualmente no hay teorías rivales o alternativas. La prueba más espectacular del *Big Bang* se produjo en los años sesenta cuando dos científicos de los Laboratorios Bell, Penzias y Wilson, que trabajan en la comunicación por satélite, descubrieron por azar una radiación de microondas que venía de todas las direcciones del firmamento con la misma intensidad. Se trataba en realidad de la *radiación de fondo* del universo: una especie de eco de la explosión del *Big Bang* que aún podemos observar y que, por cierto, es en parte responsable del ruido que captan nuestros televisores, en forma de nieve, cuando sintonizan una frecuencia sin canal. Algunos teóricos del *Big Bang* habían predicho la existencia de esta radiación diecisiete años antes.

Otra evidencia clave ha sido la comprobación de la evolución de las galaxias, es decir, la constatación de que en el pasado remoto, muy cerca del *Big Bang*, eran diferentes –más jóvenes y pequeñas– que las actuales. Pero ¿cómo pueden los cosmólogos saber cómo eran las cosas hace tanto tiempo? La respuesta es sencilla: porque pueden, literalmente, ¡verlas!

Esta es, de hecho, una de las pocas ventajas de estudiar objetos tan distantes como las estrellas. Dado que la luz viaja a una velocidad finita –que en el vacío es de unos 300.000 km/s–, cuando miramos un objeto o una persona frente a nosotros no la vemos tal como es en ese preciso momento sino tal como era unos nanosegundos antes (algo que no afecta en absoluto a nuestras actividades cotidianas). El fenómeno deja de ser anecdótico cuando observamos objetos realmente lejanos. Vemos el sol tal como era ocho minutos antes y las galaxias más remotas nos envían una imagen de cómo eran ¡hace 13.000 millones de años! De esta forma, hemos podido comprobar que las galaxias en la época más cercana al *Big Bang* presentan algunas diferencias y que, en términos estadísticos respecto a las actuales, muestran un tamaño menor –no han tenido tiempo de fusionarse unas con otras–, contienen estrellas más jóvenes, más episodios de formación de estrellas y núcleos más activos. Esto implica que han sufrido un proceso de evolución y envejecimiento y que, globalmente, el universo no sólo se expande, sino que sus habitantes también evolucionan y se transforman.

El estudio de las galaxias nos ha proporcionado también uno de los enigmas más importantes de la cosmología actual, un problema que aún trae de cabeza a muchos cosmólogos y físicos contemporáneos. Al igual que los planetas giran alrededor del sol y que las estrellas lo hacen alrededor del centro de su galaxia –a menudo habitado por un *agujero negro* supermasivo–, las galaxias mismas también experimentan movimientos de rotación en el interior de los cúmulos en que se agrupan –los cúmulos de galaxias son las mayores agregaciones de materia del universo–. Estudiando los movimientos de las galaxias en uno de esos cúmulos, el científico suizo Fritz Zwicky descubrió en 1933 que su velocidad era muy superior a la que podía deducirse de la cantidad de estrellas observadas. Conjeturó entonces que la mayor parte de la materia que componía las galaxias no podía ser observada porque poseía una naturaleza muy distinta de la materia ordinaria y, en particular, no emitía radiación –no podía ser detectada, por ello, por nuestros instrumentos–.

Las ideas de Zwicky no fueron bien recibidas en su momento, pero 40 años más tarde la evidencia extraída de los movimientos de las estrellas en las galaxias, resultó abrumadora. Los científicos han dado el nombre críptico de *oscura* a ese tipo extraño de materia que, a pesar de interactuar gravitatoriamente con la materia ordinaria, no se parece en nada más a ella. Los cálculos actuales estiman que más de un 85 % de la materia que forma el universo es *oscura* y, por tanto, de una naturaleza desconocida hasta el momento.

Una cuestión clave que los cosmólogos se han planteado en las últimas décadas es la de si la masa global de la materia existente –ordinaria y oscura– en el universo puede hacer que la fuerza de la gravedad –que tiende a aproximar las cosas– contrarreste la expansión del universo –que tiende a alejarlas–. Dicho de otro modo, se trata de saber si la gravedad está frenando la expansión y si podrá, en último término, detenerla o incluso causar un proceso de contracción cósmica que nos conduzca al denominado *big crunch* y, posiblemente, a un nuevo ciclo de expansión.

Dos equipos independientes de investigadores comenzaron durante los años noventa la tarea monumental de medir la disminución de la velocidad de expansión del universo mediante el estudio de las supernovas como puntos de referencia o candelas estándar. Las supernovas son estrellas explosivas que durante unas pocas semanas brillan más que miles de millones de soles y que pueden ser, por ello, observadas claramente a mucha distancia por nuestros telescopios.

En el año 1998 ambos equipos presentaron sus conclusiones, coincidentes pero, sobre todo, sorprendentes: la expansión no sólo no se estaba frenando sino que se está *acelerando*, cómo mínimo durante los últimos 5.000 millones de años, es decir, el último tercio de la historia del universo. El cosmos se expande cada vez más deprisa y, lo que es aún más angustiante, no sabemos por qué.

Para no pecar de excesiva originalidad el nombre que hemos dado a la causa desconocida de este nuevo enigma es el de *energía oscura*. Este tipo de energía, de la cual lo poco que sabemos es que tiene un efecto contrario al de la gravedad, es decir, que actúa acelerando la expansión del espacio y, por tanto, aumenta la separación entre los cúmulos de galaxias, constituye aproximadamente un 74 % del universo, siendo el resto un 22 % de materia oscura y un escaso 4 % de materia ordinaria.

Es difícil hallar una forma más ilustrativa de ejemplificar la situación que hemos descrito al principio de este texto. Si bien es innegable que nuestro conocimiento sobre el universo ha aumentado y mejorado de forma difícilmente comparable a la evolución experimentada por otras disciplinas científicas, no es menos cierto que nuestro desconocimiento o nuestra ignorancia han crecido también de manera paralela. Sabemos mucho más que antes pero, quizás precisamente por ello, también sabemos que nuestra ignorancia es mayor de lo que antes creíamos.

Curiosamente, estos grandes enigmas de la cosmología actual se han convertido igualmente en misterios para los físicos. Es conocida la confluencia actual entre la física de partículas y la cosmología. Tanto la materia como la energía oscuras ponen en jaque, también, nuestras teorías físicas más elementales. Estudiar el *Big Bang* es equivalente a analizar el comportamiento de la materia en estados de altísima energía. Por ello, muchos físicos y cosmólogos han depositado muchas esperanzas en los experimentos que van a realizarse

próximamente en el flamante Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN. Algunos de esos experimentos puede darnos claves indirectas para comprender la naturaleza de la materia y la energía oscuras y, aunque es imposible pronosticar si obtendremos respuestas concluyentes, lo único asegurado es que surgirán nuevos interrogantes.

Bibliografía y fuentes de información

- [1] Hooper, Dan (2006). *Dark Cosmos. In the Search of our Universe's Missing Mass and Energy*. New York: Harper Collins Publishers.
- [2] Kirshner, Robert P. (2002). *The extravagant universe. Exploding stars, dark energy and the accelerating cosmos*. Princeton University Press.
- [3] Silk, Joseph (2006). *The Infinite Cosmos. Questions from the Frontiers of Cosmology*. Oxford University Press.
- [4] Volenkin, Alex (2006). *Many Worlds in One. The Search for other Universes*. New York: Hill and Wang.