

Hubert Reeves

# Crónicas de los átomos y de las galaxias



**Alianza** editorial  
El libro de bolsillo

Título original: *Chroniques des atomes et des galaxies*

Traducción: Magalí Martínez Solimán

Primera edición: 2009

Segunda edición: 2022

Diseño de colección: Estudio de Manuel Estrada con la colaboración de Roberto Turégano y Lynda Bozarth

Diseño de cubierta: Manuel Estrada

Fotografía de Javier Ayuso

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaran, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© Éditions du Seuil, 2007

© de la traducción: Magalí Martínez Solimán, 2009

© Alianza Editorial, S. A., Madrid, 2009, 2022

Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15

28027 Madrid;

[www.alianzaeditorial.es](http://www.alianzaeditorial.es)



ISBN: 978-84-1362-969-7

Depósito legal: M. 23.388-2022

Printed in Spain

Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial, envíe un correo electrónico a la dirección: [alianzaeditorial@anaya.es](mailto:alianzaeditorial@anaya.es)

# Índice

- 11 Prefacio
  
- 15 I. Lo cósmico
- 17 1. Turismo cósmico
- 20 2. ¿Es infinito el universo?
- 23 3. ¿Claustrofobias, agorafobias?
- 25 4. Remontar el curso del tiempo
- 28 5. Un universo en expansión
- 32 6. El Big Bang: ¿una explosión cósmica?
- 35 7. El horizonte cósmico
- 38 8. La radiación fósil: una imagen en directo de los primeros tiempos del universo
- 41 9. El nacimiento del hidrógeno
- 43 10. Gérmenes de galaxias
- 46 11. En los primeros tiempos, fue el calor. ¿Y antes?
- 48 12. Antes fueron las energías cuánticas. ¿Y antes?
- 51 13. La curvatura del universo
- 56 14. Los universos espejos
- 60 15. Sólo vemos el 5% de la materia del universo
- 63 16. De cómo se descubrió la existencia de la materia oscura (también llamada «masa faltante»)
- 66 17. Una mirada crítica a la existencia de la materia oscura

- 69 18. El descubrimiento de la energía oscura  
72 19. Mirada crítica sobre la existencia de la energía oscura  
75 20. La naturaleza de la energía oscura  
78 21. El enigma de las energías cuánticas  
81 22. ¿Qué temperatura llegó a alcanzar el universo?  
84 23. El futuro del universo: ¿frío o calor?  
87 24. ¿Universos paralelos?  
90 25. El principio antrópico
- 93 II. Lo estelar y lo galáctico  
95 26. Los cúmulos de galaxias  
98 27. La posibilidad de los agujeros negros  
101 28. Los agujeros negros estelares  
104 29. Los agujeros negros galácticos  
106 30. Nuestro agujero negro está a dieta estricta  
108 31. Los sobresaltos gamma  
111 32. Los rayos cósmicos  
114 33. Temblores de estrellas  
117 34. Estrellas muertas  
120 35. Los púlsares  
123 36. Los exoplanetas
- 127 III. Lo histórico  
129 37. El Año de Einstein  
132 38. El espacio-tiempo  
135 39.  $E = mc^2$   
138 40. La velocidad de la luz

- 141 41. La posibilidad de una teoría del universo  
144 42. La torre de Pisa  
147 43. El eclipse de Sol de 1919  
150 44. La realidad no es nunca ni tan complicada ni tan sencilla como se cree...  
153 45. «Albert, ¡deje de decirle a Dios cómo debe comportarse!»  
156 46. Einstein y la cosmología  
159 47. La ecuación de Dirac  
162 48. La posibilidad de la existencia de la antimateria  
165 49. El descubrimiento de la antimateria  
168 50. ¿Dónde ha ido a parar la antimateria?  
171 51. La antimateria como instrumento de conocimiento
- 175 IV. Lo atómico  
177 52. Átomos  
180 53. Protones y quarks  
182 54. Electrones  
185 55. Los fotones y la luz  
188 56. Neutrinos: la intuición de Wolfgang Pauli  
191 57. Neutrinos procedentes del Sol  
194 58. La astronomía de los neutrinos  
197 59. La fuerza de gravedad  
200 60. La fuerza electromagnética  
203 61. La fuerza nuclear fuerte  
206 62. La fuerza nuclear débil  
208 63. Unificar las fuerzas  
211 64. Max Planck y las unidades de la física

- 214 65. Las medidas cósmicas de tiempo, longitud,  
masa y temperatura
- 217 66. El muro de Planck: frontera actual de la física y  
de la cosmología

# Prefacio

Estas *Crónicas de los átomos y de las galaxias* son una continuación de las *Chroniques du ciel et de la vie* [«Crónicas del cielo y de la vida»] publicadas en 2005. El conjunto de ambas obras agrupa los textos de mis crónicas semanales difundidas entre 2003 y 2006 a través de France Culture\*.

Los temas abordados van (utilizando los términos de Blaise Pascal) desde lo «infinitamente grande» hasta lo «infinitamente pequeño»: desde el universo en su conjunto hasta los neutrinos y los quarks. También hacemos alusión a las geniales intuiciones de grandes científicos como Einstein, Dirac, Pauli, Planck y muchos

\* Emisora francesa de radio. Los contenidos radiofónicos citados pueden consultarse en francés en la página web <http://www.radiofrance.fr/chaines/france-culture2/emissions/reeves/>. La transcripción de las crónicas emitidas por France Culture se halla en la página web oficial del autor, <http://www.hubertreeves.info/index.html> (*N. de la T.*).

otros que han hecho posible que avancen nuestros conocimientos.

En la obra se presentarán y comentarán elementos tan inesperados como insólitos en el marco de la física clásica –la antimateria, los agujeros negros, la materia oscura y la energía oscura (ambas llamadas igualmente «faltantes»)–. Mostraremos cómo se puede justificar la afirmación de su existencia.

Ha resultado muy difícil definir la secuencia de los temas (¿cuáles presentar en primer lugar, cuáles en último lugar?), pues es frecuente que éstos se hallen íntimamente vinculados entre sí. Ello nos permite darnos cuenta de uno de los grandes descubrimientos de la ciencia contemporánea: todo está implicado en todo. Así, los neutrinos, tan discretos que durante mucho tiempo se dudó de su realidad, han adquirido una importancia física y cosmológica considerable y es posible que hayan desempeñado un papel determinante en nuestra existencia. El helio, con el que se inflan los globos infantiles, nos permite remontarnos hasta los primeros minutos de nuestro universo, mientras que la antimateria, por su rareza extrema, nos brinda la posibilidad de explorar momentos todavía más remotos.

Para solventar el problema que plantea una clasificación en cierto modo algo arbitraria, he añadido entre paréntesis una referencia que remite a aquellas crónicas que completan el tema en cuestión o que tratan del mismo. Remito igualmente, en algunas crónicas, a las ilustraciones que figuran a todo color en la presente obra.

Estas *Crónicas de los átomos y de las galaxias* nos hablan del universo que nos ha engendrado. Tratan de res-



ponder a la pregunta acerca de nuestro origen: «¿De dónde venimos y cómo es que hemos llegado a existir?». En cuanto a las *Chroniques du ciel et de la vie* publicadas con anterioridad, abordaban el tema de nuestro destino: «¿Cómo actuar para no eliminarnos a nosotros mismos?». Ambas preguntas, tanto sobre el pasado como sobre el futuro, convergen en el contexto de nuestras preocupaciones ecológicas.

# I. Lo cósmico

# 1. Turismo cósmico

Gracias a los pacientes esfuerzos de los científicos y de los técnicos, todos nosotros tenemos actualmente la posibilidad de contemplar nuestro universo en sus dimensiones más amplias. Los telescopios espaciales nos ofrecen suntuosas imágenes del mismo: son los grandes regalos de la ciencia contemporánea a la humanidad.

En este libro, admiraremos algunas de estas imágenes reunidas fuera de texto, las estudiaremos y trataremos de sacar de ellas la mayor cantidad posible de información sobre este mundo que es el nuestro.

Contemplemos la Figura 1. ¡Ése es el aspecto más general de nuestro universo! El turismo en su máxima escala...

¿Cómo describir lo que vemos? Dispersas por toda la superficie de la imagen como si fueran islas desplegadas sobre un mar inmenso, galaxias, galaxias..., galaxias hasta el infinito: ¡un vasto archipiélago de galaxias!

Las galaxias son estructuras gigantescas constituidas por aproximadamente cien mil millones de estrellas como nuestro Sol. En esta imagen, las que están más cerca se ven como pequeños discos blanquecinos. A veces se distinguen sus brazos espirales (en particular en la parte superior izquierda). Los puntos azules que salpican el fondo oscuro de la fotografía también son galaxias, pero muy lejanas, apenas perceptibles a través de nuestros telescopios.

Éste es el mundo en el que nacimos, un buen día, en un pequeño planeta azul que gira alrededor de una estrella amarilla en una galaxia blanca, la Vía Láctea, una galaxia corriente entre miles de millones de otras galaxias. Un observador situado en uno de estos astros lejanos vería en su telescopio imágenes similares a ésta. En su campo visual, un punto azul podría ser nuestra galaxia. ¿Podría imaginar que, desde allí, alguien (¡nosotros!) le está mirando?

¿A qué distancia se encuentran estas galaxias?

En astronomía, se utiliza como unidad de medida el año luz: el trayecto que recorre la luz en un año. Un año luz equivale a unos diez billones de kilómetros. Los puntos azules (¡vuelvan a fijarse en ellos!) se hallan a varios miles de años luz, es decir, ¡a varios miles de millones de veces diez billones de kilómetros! Estas cifras nos dan una idea de las vertiginosas dimensiones de nuestro universo.

Este documento fotográfico sólo nos permite ver una parte del mismo, lo que por definición denominamos «el universo observable». Al igual que al borde del mar, nuestra mirada queda limitada por una «línea de hori-

zonte» que nos imponen a la vez nuestros instrumentos y la propia física. En el mar, un barco nos permitiría ir a verificar que la capa acuática se extiende mucho más allá de esta línea. Pero en el espacio, ¿tendremos algún día una posibilidad similar?

Se plantean muchas preguntas: ¿siguen existiendo miríadas de galaxias más allá de nuestro horizonte? ¿Cuál es la dimensión real del universo? ¿Acaso es infinito? Si así fuera, esta fotografía sólo nos estaría presentando una fracción ínfima del mismo... Si el universo es finito, en principio podríamos contar las galaxias y las estrellas. Pero, ¿y si es infinito?

¿Cómo podemos llegar a saber si el universo es finito o infinito? Algún día podremos contestar esta pregunta a través de métodos indirectos, pero de momento seguimos sin respuesta. Volveremos reiteradamente sobre este tema.

## 2. ¿Es infinito el universo?

¿Cuándo empezaron los seres humanos a alzar la mirada hacia la bóveda estrellada y a adquirir conciencia de la presencia de sus luminarias celestes? Cabe suponer que, desde la noche de los tiempos, éstos se hicieran algunas preguntas: «¿De qué materia están hechas? ¿A qué distancia se encuentran?».

Los filósofos de la Grecia clásica ya discutían sobre la dimensión del espacio que habitaban estos objetos misteriosos. Existían dos escuelas de pensamiento opuestas. Según la primera, llamada «apolínea», no cabía duda de que el universo era finito: Apolo, divinidad de la belleza y de la medida, le había conferido, como era natural, una dimensión armoniosa, expresada a través de la palabra *cosmos* (de la que deriva nuestra palabra «cosmético»: agente de belleza). Lo infinito, necesariamente desmedido, no podía constituir una propiedad del cosmos. Frente a éstos, los adoradores de Dionisos, adeptos de desen-

frenadas bacanales, defendían la tesis de un universo infinito, más acorde con su afición a los excesos de todo tipo.

En la Edad Media, según la teología de santo Tomás de Aquino –referencia para el mundo cristiano–, sólo Dios es infinito y, por consiguiente, el universo, creación de Dios, no puede serlo. Sin embargo, algunos pensadores tenían ideas diferentes. El 17 de febrero de 1600, en el Campo dei Fiori de Roma, quemaron en la hoguera a Giordano Bruno por haber publicado (entre otras herejías) una obra titulada *De lo infinito: el universo y los mundos*. Bruno, gran provocador, planteaba cuestiones inaceptables para las autoridades religiosas de la época: «Si vuestro Dios no ha sido capaz de crear un mundo infinito, el mío sí que lo ha sido». Aquello era pasarse de la raya...

Al no disponerse de datos de observación, las pasiones, las opiniones filosóficas y las opciones religiosas dominaban totalmente este debate y se traducían en posturas más radicales. En el siglo XVII, los desarrollos de la astronomía dieron a estas preguntas nuevas dimensiones. La teoría de la gravitación universal permitió al espíritu humano proyectarse en el espacio y comprender los movimientos de la Luna alrededor de la Tierra, y de los planetas alrededor del Sol. Pero los esfuerzos de Newton por incluir igualmente el mundo de las estrellas lejanas no dieron fruto. Más allá del sistema solar seguía extendiéndose el misterio de los astros, reacios a la aprehensión humana.

Todo cambia en 1917, cuando Einstein establece su teoría de la relatividad general (Crónica 41), cuyo campo

de aplicación se extiende a todo el universo y a toda la materia que éste contiene. Entonces ya cabe plantear sobre bases científicas la pregunta de la dimensión del cosmos. Sin llegar a contestar a ella (será preciso completar la teoría mediante observaciones), dicha teoría permite sin embargo vislumbrar que el universo podría ser infinito. A Einstein no le gustaba nada esta idea. Y menos aún que el universo pudiera estar en expansión; lo manifestó abiertamente en varias ocasiones. ¿Por qué? ¿Estaba influido por la estética apolínea? Tras una larga resistencia, acabaría por aceptar la realidad de la expansión y la posibilidad de un universo infinito.



### 3. ¿Claustrofobias, agorafobias?

Claustrofóbica es aquella persona que no se encuentra a gusto en espacios cerrados. Por el contrario, es agorafóbica aquella persona que se siente mal en espacios demasiado abiertos. Para algunas personas, la idea misma de un universo infinito es aterradora, inaceptable, por no decir absurda. A mí personalmente me gusta bastante. No me agrada estar limitado. ¡Si me dijeran que el universo es finito, sufriría de claustrofobia!

Pero, frente a las dimensiones del cosmos, nuestras reacciones afectivas carecen de todo peso científico. Al universo le importan bien poco nuestros estados de ánimo; es lo que es. Nuestra tarea consiste en descubrirlo y adaptarnos a él, independientemente de lo extraño que nos pueda parecer. Uno de mis amigos, a quien un grupo de pensadores le decía que la teoría del Big Bang es filosóficamente inaceptable, había citado la respuesta que Galileo dio a los inquisidores dominicos que querían

obligarlo a que renegara de sus afirmaciones referentes al movimiento de la Tierra en el espacio: «¡Sin embargo, se mueve!».

El científico debe tratar de desarrollar su lucidez con relación a sus propias capacidades. Sus opiniones o convicciones en ningún caso pueden marcar la pauta en su conocimiento de la realidad. Por el contrario, pueden convertirse en potentes frenos e impedir que interprete y aprecie correctamente las nuevas observaciones. La historia de las ciencias ofrece numerosos ejemplos de situaciones en las que los prejuicios de algunas personas han bloqueado durante mucho tiempo, o al menos retrasado considerablemente, el desarrollo de la investigación.

Cuando exploramos fenómenos y dimensiones que van mucho más allá de nuestras percepciones habituales –ya sea en el ámbito atómico o en el cósmico–, no es infrecuente que nos tengamos que enfrentar a realidades extravagantes que superan nuestra inteligencia y nuestra imaginación. Estas facultades, cuando tratan de adaptarse a los mensajes que emiten las nuevas observaciones, se desarrollan, se enriquecen y se preparan para el encuentro con ideas y objetos todavía más misteriosos.

El científico inglés John Eccles escribió: «El mundo, además de ser más extraño de lo que imaginamos, es más extraño de lo que somos capaces de imaginar».

Todavía nos esperan grandes sorpresas... Pero para recibirlas, hemos de estar alerta y, sobre todo, desconfiar de los prejuicios y de los tópicos.

## 4. Remontar el curso del tiempo

A nuestra escala de tiempo, la luz viaja muy deprisa. Va de la Tierra a la Luna en un segundo y de la Tierra al Sol en ocho minutos. Sin embargo, con respecto a las inmensas dimensiones del cosmos, esta velocidad es más que lenta. ¡En los espacios intergalácticos, la luz se arrastra a paso de tortuga!

Para el astrónomo, esta lentitud es una bendición. Le da acceso directo al pasado del mundo. En pocas palabras: ¡cuanto más lejos miramos en el espacio, más pronto vemos en el pasado!

Volvamos a nuestra imagen del cosmos (Figura 1). Fijemos nuestra mirada en esos puntitos azules del fondo celeste. La luz que emiten estas galaxias ha viajado durante unos diez mil millones de años antes de que su imagen se imprima en el detector del telescopio Hubble. Vemos esas galaxias tales como eran en ese pasado tan remoto. ¿Cómo son hoy? ¿Existen todavía? ¡Para