

LISA RANDALL

UNIVERSOS OCULTOS

UN VIAJE A LAS DIMENSIONES
EXTRAS DEL COSMOS

TRADUCCIÓN DEL INGLÉS
DE EUGENIO JESÚS GÓMEZ AYALA

BARCELONA 2011



A C A N T I L A D O

TÍTULO ORIGINAL *Warped Passages: Unraveling the Mysteries
of the Universe's Hidden Dimensions*

Publicado por
A C A N T I L A D O
Quaderns Crema, S.A.U.

Muntaner, 462 - 08006 Barcelona
Tel. 934 144 906 - Fax 934 147 107
correo@acantilado.es
www.acantilado.es

- © 2005 by Lisa Randall. Todos los derechos reservados
© de la traducción, 2011 by Eugenio Jesús Gómez Ayala
© de la imagen *Corpus hypercubus*, 1954 by Salvador Dalí.
VEGAP. Barcelona, 2011
© de la imagen *Retrato de Dora Maar*, 1937 by Sucesión
Pablo Picasso. VEGAP. Madrid, 2011
© de la imagen de cubierta, by SPL / agefotostock
© de esta edición, 2011 by Quaderns Crema, S.A.U.

Derechos exclusivos de edición en lengua castellana:
Quaderns Crema, S.A.U.

ISBN: 978-84-15277-38-5
DEPÓSITO LEGAL: B. 35 486-2011

AIGUADEVIDRE *Gràfica*
QUADERNS CREMA *Composició*
ROMANYÀ-VALLS *Impresió y encuadernación*

PRIMERA EDICIÓN *octubre de 2011*

Bajo las sanciones establecidas por las leyes,
quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización
por escrito de los titulares del copyright, la reproducción total
o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento mecánico o
electrónico, actual o futuro—incluyendo las fotocopias y la difusión
a través de Internet—, y la distribución de ejemplares de esta
edición mediante alquiler o préstamo públicos.

PRÓLOGO Y AGRADECIMIENTOS

Cuando era niña, me gustaban mucho los juegos intelectuales y de entretenimiento que aparecían en los problemas matemáticos o en libros como *Alicia en el país de las maravillas*. Pero, aunque leer era una de mis aficiones favoritas, los libros sobre ciencia solían parecerme más remotos o menos incitantes: nunca me sentí suficientemente involucrada o desafiada por ellos. El tono parecía siempre un tanto condescendiente con los lectores, demasiado laudatorio con los científicos, o aburrido. Me daba la impresión de que los autores más bien envolvían de misterio los resultados o que glorificaban a los hombres que los descubrieron, en vez de describir la ciencia tal como es, así como el proceso mediante el cual los científicos realizaron sus conexiones. Y era ésta, precisamente, la parte que de verdad me interesaba conocer.

Con el paulatino aprendizaje de la ciencia, ésta llegó a gustarme. No siempre fui consciente de que con el tiempo me convertiría en física y de que algún día pensaría así; ninguna de las personas que conocía cuando era joven estudió ciencias. Pero ocuparse de lo desconocido tiene un atractivo irresistible. Me pareció fascinante encontrar conexiones entre fenómenos aparentemente dispares y resolver problemas y predecir propiedades sorprendentes de nuestro mundo. Como física, ahora comprendo que la ciencia es un ente vivo que continúa evolucionando. Y a la ciencia la hacen interesante no sólo las respuestas que da, sino también los juegos y los enigmas, así como la participación que promueve.

Cuando decidí embarcarme en este proyecto, planeaba escribir un libro que me hiciera compartir con el lector la

atracción que siento por mi trabajo, sin comprometer por ello la calidad de la presentación de la ciencia. Esperaba conseguir transmitir mi fascinación por la física teórica sin simplificar el asunto de un modo decepcionante y sin presentarlo como una colección de monumentos acabados e inmutables a los que hay que admirar pasivamente. La física es mucho más creativa y divertida de lo que la gente suele reconocer. Quería compartir estos aspectos de la física con las personas que no hubieran llegado necesariamente a esta conclusión por sus propios medios.

Hay una nueva visión del mundo que nos reclama imperativamente. Las dimensiones extras han cambiado a los físicos su modo de pensar sobre el universo. Las conexiones de las dimensiones extras con el mundo podrían chocar con muchas ideas mejor establecidas de la física, y por ello dichas dimensiones son un buen medio para abordar por caminos nuevos e intrigantes hechos más antiguos y ya verificados sobre el universo.

Algunas de las ideas que he incluido en el libro son abstractas y especulativas, pero no hay ninguna razón para que no resulten comprensibles para cualquier persona curiosa. Decidí dejar que la fascinación de la física teórica hablase por sí sola y opté por no enfatizar demasiado la historia o las personalidades que la pueblan. No quería transmitir la impresión equivocada de que todos los físicos están modelados según un único arquetipo o de que solamente un tipo particular de persona podría interesarse por la física. Basándome en mi experiencia y en las conversaciones que he mantenido, estoy segura de que son muchos los lectores inteligentes que sienten interés por el tema y que, con la mente abierta, desean saber cómo son, de verdad, las cosas.

En el libro no se escatiman las ideas teóricas más avanzadas e intrigantes, pero en la medida de lo posible he intentado hacerlo autosuficiente. He incluido en él tanto los

avances conceptuales claves como los fenómenos físicos a los que éstos se aplican. Los capítulos se han organizado de modo que los lectores puedan adaptar el libro a sus intereses y conocimientos previos. Para facilitar este proceso, he realizado listas con los puntos a los que me referiré más tarde al presentar ideas más recientes sobre las dimensiones extras. Asimismo, me he valido de listas al final de los capítulos sobre las dimensiones extras para aclarar qué distingue a cada una de las posibles opciones para los universos extradimensionales.

Como probablemente la idea de las dimensiones extras sea nueva para muchos lectores, en los primeros capítulos he explicado lo que quiero decir cuando uso estas palabras y por qué las dimensiones extras pueden existir pero ser invisibles e intangibles. Al fin y al cabo, si he delineado los métodos teóricos con los que los físicos de partículas abordan su trabajo, ha sido con el fin de aclarar el tipo de razonamiento que está presente en estas investigaciones, que todos consideran sumamente especulativas.

Los trabajos recientes sobre las dimensiones extras dependen, para motivar las cuestiones a las que responden y sus métodos, de conceptos de la física teórica tanto tradicionales como modernos. Con el fin de explicar qué es lo que motiva tales investigaciones, he incluido un extenso análisis de la física del siglo xx. Quien quiera saltarse esta parte es muy libre de hacerlo, pero ¡se perderá cosas muy buenas!

Este análisis comienza con la relatividad general y la mecánica cuántica para pasar después a la física de partículas y a los conceptos más importantes que los físicos de partículas emplean hoy día. He presentado algunas ideas muy abstractas que suelen dejarse de lado (a causa, en parte, de lo abstractas que son), pero estos conceptos están ahora confirmados por los experimentos y forman parte de todas las investigaciones que hacemos en la actualidad. Aunque no

todo este material es esencial para entender las ideas que veremos más tarde sobre las dimensiones extras, considero que a muchos lectores les agradará disponer de una visión más completa.

A continuación he descrito algunas nociones más recientes y especulativas, estudiadas en los últimos treinta años: la supersimetría y la teoría de cuerdas. Tradicionalmente, la física ha requerido una interacción entre teoría y experimento. La supersimetría es una extensión de los conceptos conocidos de la física de partículas y son muchas las probabilidades de que se la verifique en próximos experimentos. El caso de la teoría de cuerdas es diferente. Se basa únicamente en ideas y cuestiones teóricas y ni siquiera ha sido formulada matemáticamente por entero, así que todavía no podemos estar seguros de sus predicciones. En lo que a mí respecta, soy agnóstica en este asunto: no sé cómo quedará la teoría de cuerdas en última instancia, ni si resolverá las cuestiones de mecánica cuántica que pretende abordar. Pero la teoría de cuerdas ha sido una rica fuente de ideas nuevas, algunas de las cuales yo misma he explotado en mis investigaciones sobre las dimensiones extras del espacio. Estas ideas existen independientemente de la teoría de cuerdas, pero la teoría de cuerdas nos da una buena razón para pensar que algunas de sus suposiciones subyacentes podrían ser ciertas.

Una vez establecido el contexto, volveré finalmente a los múltiples y fascinantes nuevos desarrollos de las dimensiones extras. Éstos nos dicen cosas notables, como que las dimensiones extras pueden ser de tamaño infinito y, sin embargo, permanecer invisibles, o que quizá vivamos en una sima tridimensional dentro de un universo de dimensión superior. Asimismo, hay razones para pensar que pueden existir mundos paralelos nunca vistos, con propiedades muy diferentes de las que posee el nuestro.

A lo largo del texto he explicado los conceptos físicos sin usar ecuaciones. Pero he incluido un apéndice matemático para aquellos que tengan interés en los detalles matemáticos. En el propio texto he tratado de ampliar el abanico de las metáforas que se utilizan para explicar conceptos científicos. Buena parte del vocabulario descriptivo que todos usamos proviene de analogías espaciales, pero éstas suelen fallar en el diminuto reino de las partículas elementales y en el espacio con dimensiones extras, tan difícil de retratar. Me pareció que algunas metáforas menos convencionales, sacadas incluso del mundo del arte, de la gastronomía y de las relaciones personales, podrían funcionar igual de bien a la hora de explicar ideas abstractas.

A fin de efectuar la transición a las ideas nuevas comprendidas en cada uno de los capítulos, éstos comienzan con una breve historia en la que se aísla un concepto clave, usando un contexto y unas metáforas más familiares. Me lo he pasado muy bien con estas historias, así que, si el lector quiere, puede volver atrás después de haber leído el capítulo, para ver si capta las alusiones. Podríamos pensar que las historias forman una narración bidimensional, que van «hacia abajo» en cada capítulo y «horizontalmente» a lo largo del libro. O se las podría considerar como una especie de divertido repaso que le permite a uno estimar cuándo ha asimilado bien las ideas contenidas en el capítulo.

Muchos amigos y colegas me ayudaron a cumplir los objetivos que me planteé con este libro. Aunque a menudo sabía lo que buscaba, no siempre sabía si había acertado o no. Son varias las personas con las que estoy en deuda por la generosidad con la que me dedicaron su tiempo, por los ánimos que me infundieron y por la fascinación y curiosidad por las ideas que describo.

Algunos amigos brillantes merecen un agradecimiento especial por sus valiosos comentarios sobre el manuscrito.

to, en sus diversas etapas. Anna Christina Büchmann, una escritora maravillosa, me hizo preciosos comentarios detallados que me ayudaron a aprender a completar las historias que contaba, del mundo de la física y del mundo en general. Me brindó también inestimables consejos para escribir bien, sazonados siempre con frases de aliento. Polly Shulman, otra amiga llena de talento, leyó y comentó atentamente cada capítulo. Admiro su mente lógica y chispeante, y he tenido mucha suerte al disponer de su ayuda. Lubos Motl, un físico brillante y un comunicador científico entregado a su tarea (cuyas especiosas ideas sobre las mujeres que se dedican a la ciencia pasaremos aquí por alto), lo leyó todo, antes incluso de que fuera legible, y me dio consejos extraordinariamente útiles y ánimos en todas las etapas de la confección del libro. Tom Lewenson me ofreció la importante asesoría que solamente un experimentado escritor de temas científicos como él podría proporcionar y contribuyó con algunas sugerencias de un peso crucial. Michael Gordin aportó la perspectiva del historiador de la ciencia y del conocedor experto de este tipo de literatura. Jamie Robins hizo penetrantes comentarios sobre varias versiones del manuscrito. Esther Chiao me ofreció útiles comentarios sobre el manuscrito, así como la perspectiva, en extremo provechosa, de una lectora inteligente y motivada, con una formación ajena a las ciencias. Y me gustó mucho que Cormack McCarthy aportase su valioso impulso y sus provechosas sugerencias en las etapas finales de la redacción del libro.

Otras personas me proporcionaron historias y observaciones interesantes que me ayudaron en las primeras etapas de este proyecto. Massimo Porrati es una auténtica mina de hechos fascinantes, algunos de los cuales aparecen aquí. Los puntos de vista de Gerald Holton sobre la física de principios del siglo xx enriquecieron mis ideas sobre la me-

cánica cuántica y la relatividad. Jochen Brocks me dio fructíferas opiniones sobre lo que le gustaba en la literatura sobre ciencia y estimuló algunas ideas útiles para la escritura. Las conversaciones que mantuve con Chris Haskett y Andy Singleton me ayudaron a comprender qué es lo que pueden desear aprender quienes no son físicos. Albion Lawrence hizo contribuciones valiosas que me ayudaron a resolver ciertos capítulos difíciles. Y John Swain me proporcionó un par de elegantes maneras de presentar el material.

Numerosos colegas me hicieron comentarios y sugerencias estimables. Entre otros muchos a los que estoy agradecida, Bob Cahn, Csaba y Zsuzanna Csaki, Paolo Creminelli, Joshua Erlich, Ami Katz y Neil Weiner leyeron todos partes sustanciales del libro y aportaron comentarios pertinentes. Doy también las gracias a Allan Adams, Nima Arkani-Hamed, Martin Gremm, Jonathan Flynn, Melissa Franklin, David Kaplan, Andreas Karch, Joe Lykken, Peter Lu, Ann Nelson, Amanda Peet, Riccardo Rattazzi, Dan Shrag, Lee Smolin y Darien Wood; todos ellos me ofrecieron consejos y comentarios útiles. Howard Georgi nos asesoró, a mí y a muchos de los físicos mencionados más arriba, sobre el punto de vista de la teoría efectiva que se abraza en este libro. Mi agradecimiento también para Peter Bohacek, Wendy Chun, Paul Graham, Victoria Gray, Paul Moorhouse, Curt McMullen, Liam Murphy, Jeff Mrugan, Sesha Pretap, Dana Randall, Enrique Rodríguez y Judith Surkis, que aportaron críticas, sugerencias y frases de ánimo muy provechosas. Gracias asimismo a Marjorie Caron, Tony Caron, Barry Ezarsky, Josh Feldman, Marsha Rosenberg y otros miembros de la familia por ayudarme a entender mejor a mi público.

Greg Elliott y Jonathan Flynn realizaron los bonitos dibujos que ilustran este libro, y les estoy sumamente agradecida por su importante contribución. Agradezco a Rob

Meyer y a Laura Van Wyck el haberme ayudado a conseguir los permisos para las abundantes citas que aparecen en el libro. He hecho todo el esfuerzo posible para reconocer debidamente mis fuentes. Si alguien piensa que no ha sido debidamente reconocido, le ruego que, por favor, me lo haga saber.

Deseo también expresar mi agradecimiento a los colaboradores de mi labor investigadora, que describo en este libro, especialmente a Raman Sundrum y a Andreas Karch, con quienes fue fabuloso trabajar. Y me gustaría reconocer las contribuciones de los numerosos físicos que han reflexionado sobre estas ideas y otras semejantes, incluidas aquellas que no he discutido aquí por falta de espacio.

Querría también expresar mi aprecio hacia mi editor de Ecco Press, Dan Halpern, mis editores de Penguin, Stefan McGrath y Will Goodlad, y mis correctores de estilo en Estados Unidos e Inglaterra, Lyman Lyons y John Woodruff, por sus muchas sugerencias provechosas y por su apoyo en la preparación de este libro. Y deseo dar las gracias a mi agente literario, John Brockman, y también a Katinka Matson, por sus importantes comentarios y consejos, y por su inestimable ayuda en el lanzamiento del libro. Estoy también agradecida a la Universidad de Harvard y al Instituto Radcliffe de Estudios Avanzados por concederme tiempo para concentrarme en este libro, y al MIT, a Princeton, a Harvard, a la Fundación Nacional por la Ciencia, al Departamento de Energía y a la Fundación Alfred P. Sloan por subvencionar mi labor investigadora.

Quiero, finalmente, dar las gracias a mi familia: a mis padres, Richard y Gladys, y a mis hermanas, Barbara y Dana, por respaldar mi carrera científica, por compartir conmigo su buen humor y sus capítulos y por haberme animado todos estos años. Lynn Festa, Beth Lyman, Gene Lyman y Jen Sacks me apoyaron sobremanera y les doy las gracias

PRÓLOGO Y AGRADECIMIENTOS

a todos ellos por sus maravillosos consejos y sugerencias a lo largo del camino. Y, para terminar, estoy enormemente agradecida a Stuart Hall por su penetrante perspectiva, sus provechosos comentarios y su desinteresado apoyo.

Os doy las gracias a todos y espero que penséis que vuestras contribuciones han merecido la pena.

LISA RANDALL
Cambridge, Massachusetts
Abril de 2005