











*Este libro tiene tres mensajes relevantes. El primero es que la mecánica cuántica tiene que ser comprensible (aunque sea algo que no hayamos logrado, todavía) y lograr esta comprensión tendría que ser un objetivo prioritario de la ciencia actual. La mecánica cuántica es única entre las teorías físicas porque traza una aparente distinción entre lo que vemos y lo que es. Esto plantea un reto a las mentes de los científicos (y de cualquiera), acostumbradas a pensar que lo que vemos es «lo real», sin más problemas, y a explicar las cosas de acuerdo con esta idea. Pero este reto no es insuperable, y si liberamos nuestras mentes de algunas maneras de pensar, intuitivas pero anticuadas, descubriremos que la mecánica cuántica no es irremediabilmente esotérica o inexplicable. Es física, nada más.*

*El segundo mensaje es que hemos conseguido avances reales hacia esta comprensión. En este aspecto, me centraré en el enfoque que creo que es la ruta más prometedora: la formulación de Everett de la mecánica cuántica, también llamada de universos paralelos o de múltiples mundos. Esta formulación ha sido recibida con entusiasmo por muchos físicos, pero tiene una reputación algo dudosa entre muchas personas, que se sienten incómodas con la proliferación de otras realidades con copias de ellas mismas. Si eres una de estas personas, por lo menos me gustaría convencerte de que la formulación de los universos paralelos es la forma más pura para poder dar sentido a la mecánica cuántica; es el lugar al que vamos a parar si nos dejamos llevar por el camino que exige menos esfuerzo cuando nos tomamos en serio los fenómenos cuánticos. En concreto, los universos paralelos son predicciones del formalismo que ya se utiliza, no es algo añadido a mano. Ahora bien, la teoría de universos paralelos no es el único enfoque respetable, de modo que mencionaremos algunos de sus competidores más relevantes (intentaré ser justo, aunque no siempre temperado). Lo importante es que todos estos diversos enfoques son teorías científicas bien elaboradas, con diversas posibles ramificaciones experimentales, y no meras «interpretaciones» nebulosas que podemos debatir acompañados de un café, una copa y un puro después de haber acabado el trabajo de verdad.*

*El tercer mensaje es que todo esto es importante, y no solo para la integridad de la ciencia. El éxito que ha tenido hasta la fecha el marco conceptual de la mecánica cuántica, suficiente pero no del todo coherente, no debería ocultarnos el hecho de que hay situaciones en las que este enfoque no está a la altura, así de simple. En particular, cuando queremos comprender la naturaleza del espacio-tiempo y el origen y el destino final de todo el universo, las bases sobre las que se sustenta la mecánica cuántica son esenciales. Presentaré algunas propuestas nuevas, fascinantes y, debo admitir-*

*lo, algo vacilantes que establecen provocadoras conexiones entre el entrelazamiento cuántico y la manera en que se pliega y se curva el espacio-tiempo (es decir, el fenómeno que tú y yo conocemos como gravedad). Hace ya muchos años que se admite que la búsqueda de una teoría cuántica de la gravedad completa y convincente es un importante objetivo científico (prestigio, premios, intentar reclutar el profesorado de otros centros y todas esas cosas). Tal vez el secreto no sea partir de la gravedad e intentar «cuantizarla», sino escarbar a fondo en la propia mecánica cuántica y descubrir que la gravedad siempre había estado ahí, acechando.*

*No lo sabemos con certeza. He aquí la emoción y el entusiasmo de la investigación de vanguardia. Pero ha llegado el momento de tomarse en serio la naturaleza fundamental de la realidad, y esto significa tener que abordar de frente la mecánica cuántica.*

PASADO & PRESENTE

## ÍNDICE

<i>Prólogo. No tengas miedo</i> .....	9
---------------------------------------	---

### PRIMERA PARTE ESPELUZNANTE

1. ¿QUÉ ESTÁ PASANDO? Una mirada al mundo cuántico .....	17
2. UNA FORMULACIÓN ATREVIDA La mecánica cuántica austera .....	31
3. ¿A QUIÉN SE LE OCURRIÓ ESTO? Cómo surgió la mecánica cuántica .....	45
4. LO QUE NO SE PUEDE SABER PORQUE NO EXISTE Incertidumbre y complementariedad .....	69
5. ENTRELAZADO EN LA TRISTEZA Funciones de onda con muchas componentes .....	89

### SEGUNDA PARTE BIFURCACIONES

6. UN UNIVERSO BIFURCADO Decoherencia y mundos paralelos .....	107
7. ORDEN Y ALEATORIEDAD Cómo aparece la probabilidad .....	125
8. ¿ES OBESO ESTE COMPROMISO ONTOLÓGICO? Un diálogo socrático sobre enigmas cuánticos .....	145
9. OTROS CAMINOS Alternativas a los universos paralelos .....	169



10. EL FACTOR HUMANO	
Vivir y pensar en un universo cuántico . . . . .	195

TERCERA PARTE  
ESPACIO-TIEMPO

11. ¿POR QUÉ EXISTE EL ESPACIO?	
Emergencia y localidad . . . . .	215
12. UN MUNDO DE VIBRACIONES	
Teoría cuántica de campos . . . . .	231
13. RESPIRAR EN EL VACÍO	
La búsqueda de la gravedad en la mecánica cuántica . . . . .	249
14. MÁS ALLÁ DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO	
Holografía, agujeros negros y los límites de la localidad . . . . .	271
<i>Epílogo. Todo es cuántico . . . . .</i>	<i>287</i>
<i>Anexo. La historia de las partículas virtuales . . . . .</i>	<i>291</i>
<i>Agradecimientos . . . . .</i>	<i>299</i>
<i>Notas . . . . .</i>	<i>301</i>
<i>Lecturas adicionales . . . . .</i>	<i>305</i>
<i>Bibliografía . . . . .</i>	<i>307</i>
<i>Índice alfabético . . . . .</i>	<i>311</i>