

Volver al pasado (si eres un fotón)

ALEJANDRO FRANK

El Dr. Frank es investigador en el Instituto de Ciencias Nucleares y en el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM. Es integrante de la Academia de Ciencias de Morelos y miembro de El Colegio Nacional. Su trabajo se ha centrado en la física nuclear, pero en la última década estudia los sistemas complejos y los fundamentos de la mecánica cuántica. Ha desarrollado enfoques que integran ideas de criticalidad y autoorganización a la biología. En el ámbito cuántico, explora formulaciones conceptualmente claras, libres de postulados *ad hoc* o “magia negra”. Su investigación busca puentes entre el rigor físico, la simplicidad conceptual y el poder predictivo.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Las últimas dos semanas he estado ilustrando las sorprendentes consecuencias de la mecánica cuántica en el comportamiento atómico y subatómico, empleando un formato de cuento. Esta es la tercera entrega de los “cuentos cuánticos”, que culmina la descripción de la *Interpretación Cuántica Simétrica en el Tiempo* (QTSI). Espero los disfruten y les sorprendan.

Julia, su nieta, la luz y la doble rendija
Julia es una física muy famosa. Ha dedicado muchos años al estudio de la física de la materia, intentando entender de qué están hechas las cosas y cómo se comportan cuando nadie las observa. Ha pasado gran parte de su vida entre laboratorios, pizarrones y conferencias. Pero esa tarde está en casa, sentada a la mesa de la cocina, con su nieta enfrente y un cuaderno abierto entre las dos. La niña es curiosa, inteligente y usa lentes grandes. Mira el cuaderno un momento, luego a su abuela, y pregunta: Abuela, entonces dime algo. ¿La luz es una onda o una partícula? Julia sonríe con calma. Esa pregunta la ha acompañado toda la vida. Esa pregunta ha tenido confundidos a los físicos durante más de cien años, dice. No porque sea mala, sino porque es demasiado buena!



FIGURA 1. ¿LA luz es una onda o una partícula? Creada por el autor usando Chat GPT5.

masiado buena (Figura 1).

Julia toma el lápiz y empieza a dibujar. Durante mucho tiempo pensamos que la luz era una onda. No una cosa sólida, sino un movimiento, como las olas del mar. Las ondas tienen una propiedad muy especial. Cuando se encuentran, pueden sumarse o restarse, algo que llamamos *interferencia*. Si dos crestas coinciden, la onda se hace más grande, por lo que decimos que es una *interferencia constructiva* (Figura 2). Si una cresta coincide con un valle, se cancelan, una *interferencia destructiva*. Es lo que produce las estructuras de luz y sombra, con franjas claras y oscuras.

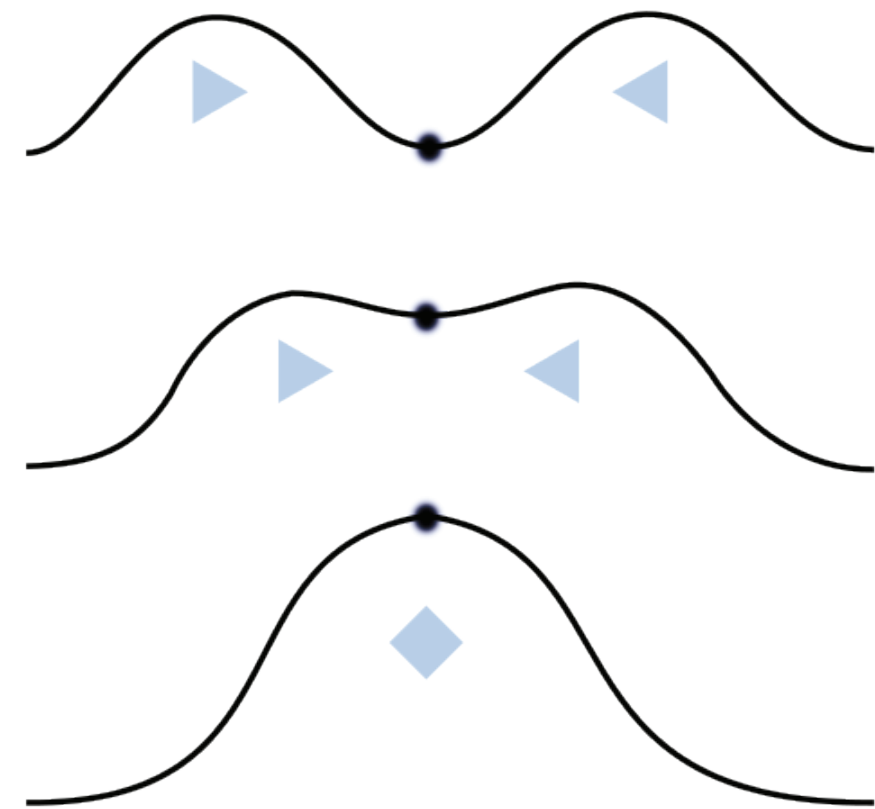


FIGURA 2. INTERFERENCIA constructiva. Tomada de <https://es.wikipedia.org/wiki/Interferencia>

Julia dibuja dos rendijas y una pantalla al fondo. Al hacer un experimento donde se pasa-

ba un haz de luz a través de dos rendijas, se producía un patrón de interferencia (Figura 3). Durante décadas, ese patrón producido por la luz parecía una prueba definitiva. Todo indicaba que la luz tenía que ser una onda.

Julia levanta el lápiz. Pero luego apareció Einstein. Otra vez Einstein. La niña sonríe. Einstein mostró que la luz también viene en pequeños paquetes de energía. Los llamó *cuantos* de luz. Hoy los llamamos *fotones*. Un solo fotón puede arrancar un electrón de un metal. Eso es comportamiento de partícula. Entonces la luz es una partícula, dice la niña. Eso parecía, responde Julia. Hasta que la tecnología nos permitió hacer algo nuevo. Cuando los físicos lograron mandar fotones uno por uno a través de dos rendi-

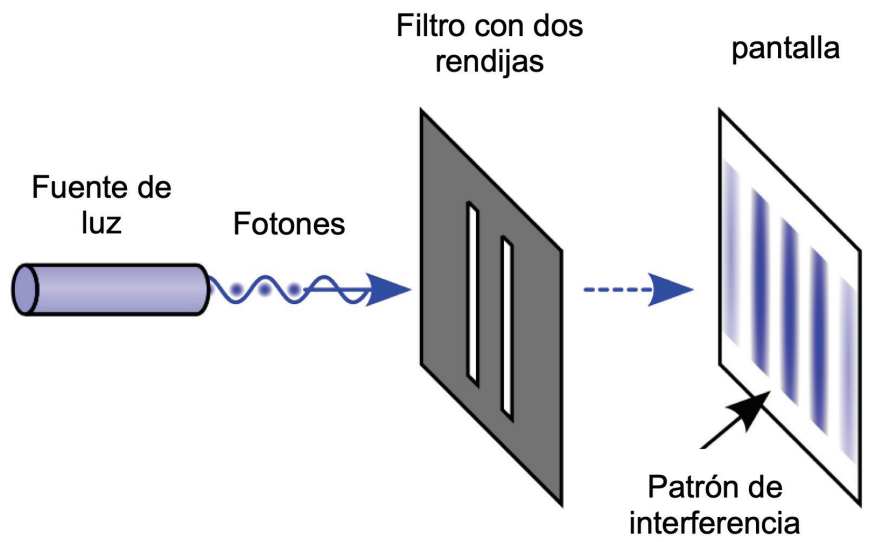


FIGURA 3. EL experimento de la doble rendija. Traducida de https://es.wikipedia.org/wiki/Experimento_de_la_doble_rendija#:

jas, ocurrió algo inesperado. Cada fotón llegaba a la pantalla como una pequeña manchita, bien localizada. Eso parecía comportamiento de partícula. Pero cuando se acumulaban muchas manchitas, aparecía de nuevo la estructura ordenada de luz y sombra. El mismo patrón de interferencia de antes. Como si cada fotón hubiera sido una onda (Figura 4).

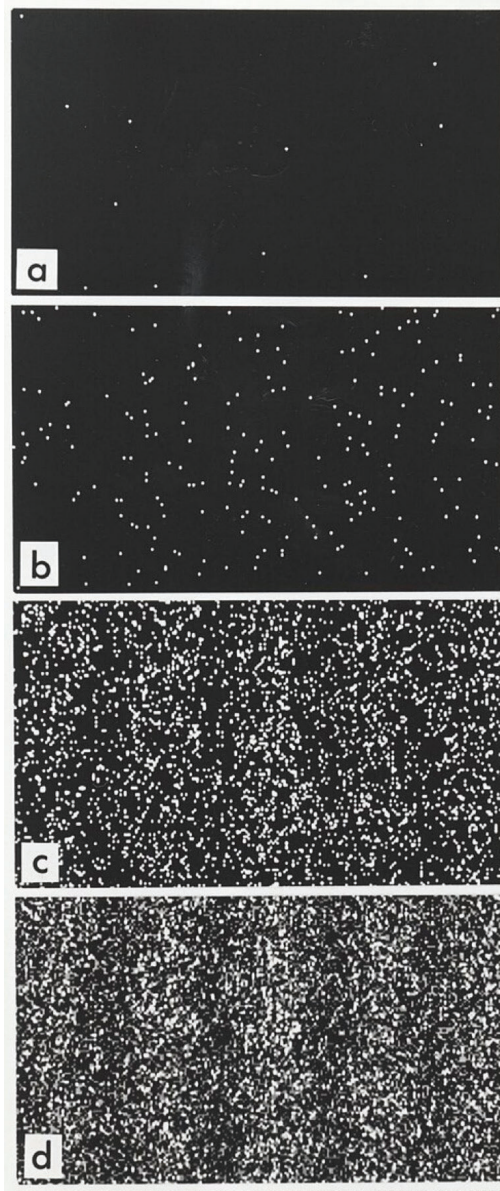


FIGURA 4. LOS electrones (y también los fotones) pueden comportarse a la vez como partículas y como ondas. Tomada de https://es.wikipedia.org/wiki/Experimento_de_la_doble_rendija#:

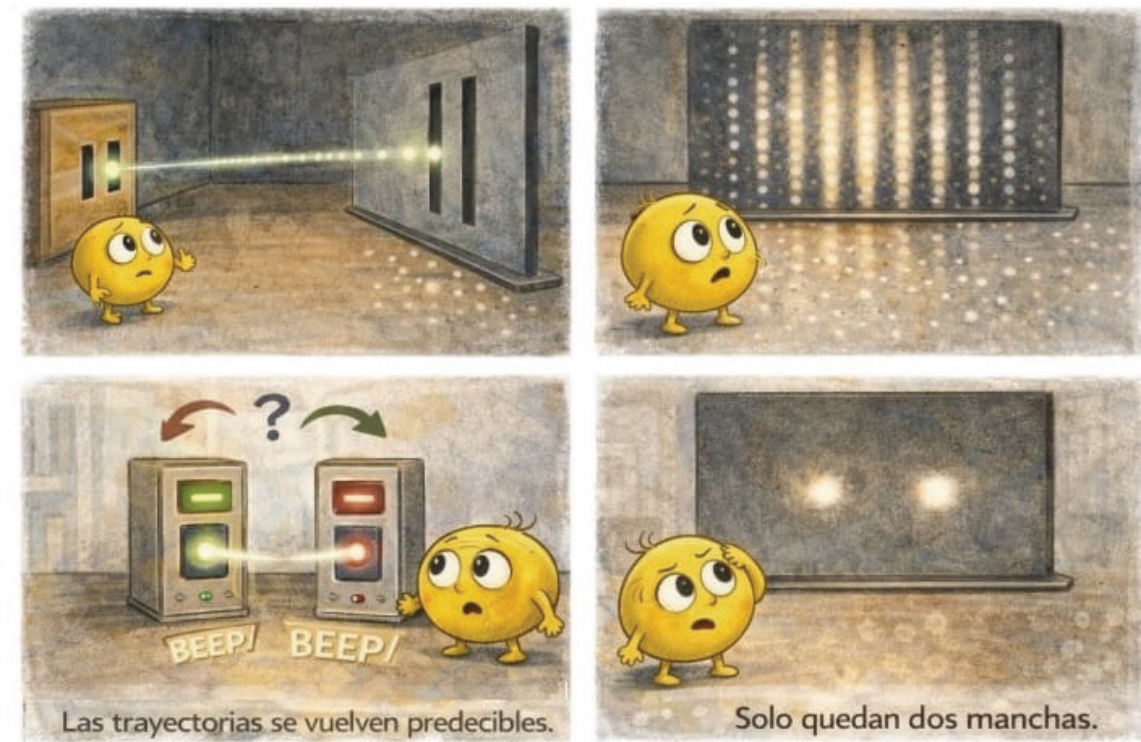


FIGURA 5. CREADA por el autor usando Chat GPT5.

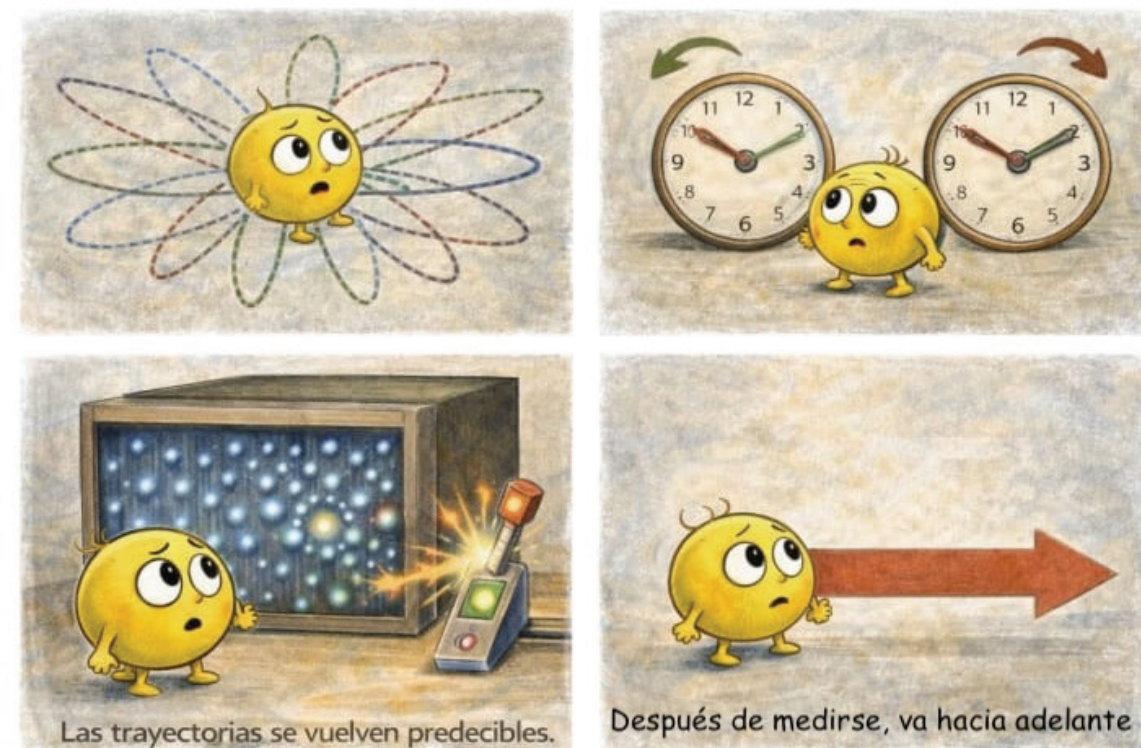


FIGURA 7. CREADA por el autor usando Chat GPT5.

La niña frunce el ceño. Eso no tiene sentido. Exacto, dice Julia. Ese es el corazón del problema. Julia se inclina un poco hacia su nieta. Pero aquí viene lo más extraño. Cuando intentamos averiguar por cuál rendija pasó el fotón, la interferencia desaparece (Figura 5). ¿Siempre? Siempre —responde Julia—. En cuanto ponemos detectores para saber por dónde pasó, el patrón ondulado se pierde. En la pantalla solo quedan dos manchas, una frente a cada rendija.

La niña guarda silencio unos segundos. ¿Por qué pasa eso? Julia sonríe, como quien llega al punto importante (Figura 6).

Durante muchos años se dijo que

al observar, el comportamiento del fotón cambia. Pero eso no explica realmente nada. La clave está en entender qué significa *medir*. Nunca vemos un fotón directamente. Para detectarlo tenemos que *amplificarlo*. Un fotomultiplicador toma un solo fotón y produce millones de electrones. Un contador Geiger amplifica una partícula hasta que escuchamos un clic. Amplificar significa dejar una marca. Algo que ya no se puede borrar. Mientras el fotón no ha sido medido ni amplificado, no deja huellas. Su historia todavía no está fijada. En ese estado, el fotón está, por decirlo así, confundido en el tiempo. Sus ecuaciones funcionan igual hacia adelante que hacia atrás en el tiempo. Mientras no haya amplificación, sus posibles trayectorias todavía pueden interferir entre sí, incluso con sus propias trayectorias pasadas. Eso es muy parecido a lo que hacen las ondas cuando se su-

man y se restan. Por eso aparece la interferencia cuando no espiamos el camino. Pero cuando medimos y amplificamos, todo cambia. La amplificación rompe esa confusión. El tiempo se ordena. El fotón deja de poder interferir con sus otras trayectorias posibles. A partir de ese momento, solo puede avanzar hacia el futuro, siguiendo una historia única (Figura 7).

Entonces ya no hay interferencia. Solo quedan dos manchas. El fotón se comporta como una partícula simple (Figura 8).

La niña se queda pensativa, mirando el cuaderno. Con razón estaba tan confundida, dice al fin. Julia sonríe y le acaricia suavemente la cabeza.



FIGURA 6. CREADA por el autor usando Chat GPT5.

Te aseguro que no eres la única.

Para saber más

López de Haro, M y J. Tagüña. Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica. *La Unión de Morelos*, 3 de marzo de 2025. <https://acmor.org/publicaciones/a-o-internacional-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-cuantica>

González Gutiérrez, C. A. y W. L. Mochán. Grandes túneles cuánticos: el Premio Nobel de Física 2025. *La Unión de Morelos*, 3 de noviembre de 2025. <https://acmor.org/publicaciones/grandes-tuneles-cuanticos-el-premio-nobel-de-fisica-2025>

Frank, A. ¿Quién mató a la realidad?

La Unión de Morelos, 19 de enero de 2026. <https://acmor.org/publicaciones/qui-n-mat-a-la-realidad>

Frank, A. El curioso caso de Erwin, el gato (que estaba harto de las tonterías cuánticas). *La Unión de Morelos*, 26 de enero de 2026. <https://acmor.org/publicaciones/el-curioso-caso-de-erwin-el-gato-que-estaba-harto-de-las-tonter-as-cu-nticas>

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.



FIGURA 8. CREADA por el autor usando Chat GPT5.