

Ciencias Físicas

Ensayo

A propósito del premio nobel de física 2022: ¿comprender la naturaleza es asunto de la razón, de la intuición o de la tecnología?

Regarding the Physics Nobel Prize 2022: Is nature understanding a matter of reason, intuition or technology?

El 4 de octubre, la Real Academia Sueca de Ciencias anunció el otorgamiento del premio Nobel 2022 a Alain Aspect (1947), profesor de la Universidad de París – Saclay y de la Escuela Politécnica de Palaiseau (Francia), John Clauser (1942), de la firma J.F. Clauser and Assoc. (Estados Unidos) y Anton Zeilinger (1945), profesor de la Universidad de Viena (Austria) “for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science” (**Press release of The Royal Swedish Academy of Sciences**, 4 October 2022). Una distinción que muchos, en la comunidad científica de los físicos, esperaban desde hace algún tiempo, porque el *entrelazamiento* (Ing. *entanglement*) es un fenómeno peculiar, difícil de aceptar pero que, más rápido de lo esperado, se ha instalado definitivamente en nuestro paisaje tecnológico.

La peculiaridad del fenómeno no tiene que ver con su descripción matemática, que no es particularmente compleja o truculenta, sino con su carácter enigmático para la intuición, que hace del entorno natural un escenario de rasgos inesperados e incómodos. Es por ello sorprendente que, apenas transcurridos unos setenta años desde que Einstein y sus colaboradores Podolsky y Rosen (EPR por sus iniciales) lo denunciaran como un defecto, una limitación o al menos una paradoja de la Mecánica Cuántica (**Einstein et al**, 1935), el entrelazamiento se haya convertido en la piedra angular de la tendencia de desarrollo tecnológico donde quizá se hayan puesto las mayores apuestas: las telecomunicaciones cuánticamente encriptadas, la computación cuántica y la teleportación. La historia de esa “*spooky action at a distance*”, como calificó Einstein al entrelazamiento, ha sido la de un

Citación: Castañeda R. A propósito del premio nobel de física 2022: ¿comprender la naturaleza es asunto de la razón, de la intuición o de la tecnología?. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 46(181):899-901, octubre-diciembre de 2022. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1788>

Editor: Elizabeth Castañeda

Correspondencia:

Román Castañeda;
rcastane@unal.edu.co

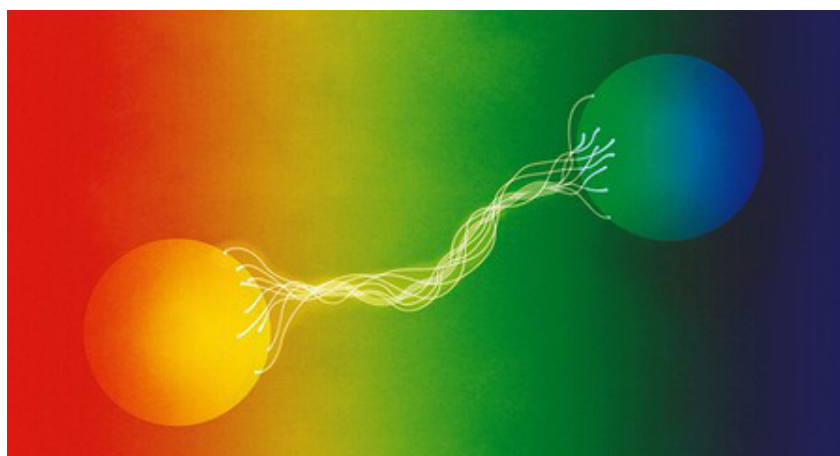
Recibido: 9 de octubre de 2022

Aceptado: 9 de octubre de 2022

Publicado en línea: 14 de octubre de 2022



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional



Representación conceptual del entrelazamiento. Tomado de *The Nobel Prize in Physics 2022. Popular Science Background. The Royal Swedish Academy of Science.* <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/popular-information/>

profundo debate sobre la comprensión de la naturaleza que, en ciertos momentos, pudo motivar expresiones, quizá desesperadas, como “*shut up and calculate*” que se popularizó en la segunda mitad del siglo 20 en el ámbito de la Mecánica Cuántica.

El estigma que Einstein dedicó al entrelazamiento parece apoyarse en un rasgo atribuido a los fenómenos naturales, concordante con nuestras percepciones y nuestra intuición: la noción de que un sistema físico sólo interactúa con otros que se encuentran en su entorno cercano y, en los casos en los que “cercano” significa una distancia finita, como la que hay entre la tierra y la luna, la interacción se comunica entre ellos a una velocidad no mayor a la velocidad de la luz en el vacío. El entrelazamiento causa un comportamiento completamente diferente: sistemas físicos entrelazados, arbitrariamente distantes entre sí, interactúan de manera instantánea; tal rasgo lo hace un verdadero reto para la intuición y un enigma para la interpretación. Imaginemos que, en un juego de billar, una bola blanca y dos rojas están dispuestas, en un triángulo amplio, sobre la mesa, y que la blanca es impulsada por el taco para hacer una carambola con las dos rojas. Siempre se ha visto (y, por lo tanto, siempre se espera) que, luego de ser impulsada por el taco, la bola blanca deberá golpear una de las rojas primero y luego, por efecto de ese choque, deberá golpear a la segunda bola roja para completar la carambola. Sin embargo, si las bolas estuvieran entrelazadas, las rojas saldrían disparadas apenas el taco golpee a la blanca, algo que nunca hemos visto y que consideramos descabellado, aunque podamos imaginarlo al menos en un contexto mágico.

A partir del artículo de EPR, los hitos que marcan el debate del entrelazamiento son muy significativos en el desarrollo de la física del siglo XX. Entre 1935 y 1972, año en que Stuart Freedman (fallecido en 2012) y John Clauser (**Freedman & Clauser, 1972**) reportaron la primera evidencia experimental del entrelazamiento cuántico, las discusiones fueron esencialmente teóricas, incluyendo la epistemología y la filosofía de la física, debido a que no se disponía de tecnología apropiada para la generación de sistemas entrelazados. En esa etapa sobresalen tres hitos. El primero, también de 1935, es la famosa parodia del gato vivo y muerto al tiempo, que Erwin Schrödinger imaginó para describir, tal vez irónica y jocosamente, lo que en Mecánica Cuántica se denomina superposición de estados y colapso de la función de onda, aspectos íntimamente relacionados con el entrelazamiento. El segundo, lo constituyen dos artículos, publicados en 1952 (**Bohm, 1952 a, b**), en los que David Bohm expuso una teoría de “variables ocultas”: propiedades no explícitas de los fenómenos, cuya no consideración en los modelos provoca la apariencia de esa “espeluznante acción a distancia”. Y el tercero, señalado por otro par de artículos, uno de ellos publicado por Bohm con coautoría de su doctorando Yakir Aharonov (**Bohm & Aharonov, 1957**), en el que propone un posible experimento para probar la solución de la paradoja EPR en los términos de su teoría de “variables ocultas”, y el otro publicado por John Bell (**Bell, 1964**) en 1964, en el que, a partir del manejo estadístico de los datos que podrían obtenerse en un experimento como el propuesto por Bohm y Aharonov, dedujo una desigualdad que permite dirimir entre los escenarios de “variables ocultas” y de entrelazamiento cuántico: el cumplimiento de la desigualdad confirmaría el escenario de “variables ocultas”, mientras que su violación confirmaría la existencia de entrelazamiento. Al parecer, Bell albergaba la expectativa de que su desigualdad estuviera del lado de EPR, favoreciendo el escenario de “variables ocultas” de Bohm.

Todo estaba preparado. Solo había que esperar la tecnología apropiada para adelantar las pruebas. Y esta llegó a las manos de Freedman y Clauser como una fuente de cascada atómica de calcio que emitía fotones entrelazados en polarización. Sus resultados, convincentes, pero no concluyentes, violaron la desigualdad de Bell mostrando que el escenario natural parecía el del entrelazamiento cuántico, justamente el que tanto reta a la intuición perceptual con su “espeluznante acción a distancia”. Una década más tarde, Alain Aspect, Jean Dalibard y Gerard Roger (**Aspect *et al.*, 1982**) reportaron las pruebas experimentales que demuestran, de manera concluyente, la existencia del entrelazamiento cuántico. En el marco de la Mecánica Cuántica, el entrelazamiento halló un nicho seguro (**Aspect, 2015**), aunque todavía no haya claridad completa ni acuerdo generalizado sobre las potencias naturales de las que surge ese peculiar fenómeno físico.

Desde finales del siglo XX, el entrelazamiento cuántico ha trascendido su carácter de peculiaridad del microcosmos para irrumpir en la tecnología con impacto significativo. Las fuentes de sistemas físicos entrelazados, particularmente fotones, se han diversificado y múltiples experimentos con fotones entrelazados se han adelantado en campos fuertemente promisorios como los ya mencionados. Anton Zeilinger ha sido un protagonista indiscutido del trazado de esas tendencias tecnológicas contemporáneas, particularmente con su demostración de la teleportación (**Bouwmeester *et al.***, 1997), un procedimiento que permite transferir un estado cuántico de una partícula a otra, situada a una distancia significativa de la primera. Es una expectativa amplia y generalizada que estas tendencias cambiarán radicalmente nuestro paisaje tecnológico en relativo corto plazo. Como afirmó Anders Irbäck, presidente del comité de premio Nobel de física “*It has become increasingly clear that a new kind of quantum technology is emerging. We can see that the laureates’ work with entangled states is of great importance, even beyond the fundamental questions about the interpretation of quantum mechanics.*” (**Press release of The Royal Swedish Academy of Sciences**, 4 October 2022).

✉ **Román Castañeda**

Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

Referencias

- Aspect, A.** (2015) Closing the Door on Einstein and Bohr’s Quantum Debate. *Physics*, 8, 123 (4pp).
- Aspect, A., Dalibard, J., Roger G.** (1982) Experimental test of Bell’s inequalities using time varying analyzers. *Physical Review Letters*, 49, 1804-1807.
- Bell, J.S.** (1964) On the Einstein Podolsky Rosen paradox. *Physics*, 1, 195-200.
- Bohm, D.** (1952) A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of “Hidden” Variables. I. *Physical Review*, 85, 166-179.
- Bohm, D.** (1952) A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of “Hidden” Variables. II. *Physical Review*, 85, 180-193.
- Bohm, D., Aharonov, Y.** (1957) Discussion of experimental proof for the paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky. *Physical Review*, 108, 1070-1076.
- Einstein, A., Podolsky, B., Rosen, N.** (1935) Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, 47, 777-780.
- Freedman, S.J., Clauser J.F.** (1972) Experimental Test of Local Hidden-Variable Theories. *Physical review Letters*, 28, 938-941.
- Bouwmeester, D., Pan J-W, Mattle, K., Eibl, M., Weinfurter, H, Zeilinger, A.** (1997) Experimental quantum teleportation. *Nature*, 390, 575-579.