

# DIALOGICIDAD EN LOS TEXTOS INTRODUCTÓRIOS DE FÍSICA CUÁNTICA: UNA MIRADA SOCIOCULTURAL

Alexsandro Pereira de Pereira  
*Universidade Federal do Pampa/Campus Uruguaiana, CY98664*  
alexsandro.pereira@unipampa.edu.br

**RESUMEN:** Un enfoque sociocultural basado en las ideas de Wertsch es utilizado para proporcionar las bases para la discusión de las explicaciones como “herramientas culturales”. Desde este punto de vista, se examina la producción de las explicaciones científicas en nivel universitario y se argumenta que este proceso suele formarse tanto por los encuentros dialógicos con otras explicaciones como por nuevos hechos experimentales. Estas afirmaciones son utilizadas para examinar la producción de los libros introductorios de física moderna, en especial su presentación de tópicos como la dualidad onda-partícula, el principio de incertidumbre y el carácter probabilístico de la física cuántica.

## OBJETIVO

El objetivo de esta comunicación es discutir, desde el punto de vista de la teoría sociocultural, las explicaciones científicas como «herramientas culturales» a fin de examinar sus propiedades. La pregunta de investigación planteada en este trabajo es: que funciones desempeñan las explicaciones proporcionadas por los libros introductorios de física cuántica, típicamente utilizado en cursos universitarios, referente a las nociones de dualidad onda-partícula, el principio de incertidumbre y el carácter probabilístico de la física cuántica.

## MARCO TEÓRICO

El marco teórico que fundamenta nuestro estudio es el «análisis sociocultural» de James Wertsch (1993, 1999). La afirmación básica del análisis sociocultural es la de que la «acción mediada» es su unidad de análisis. Desde esta perspectiva, los seres humanos son básicamente animales utilizadores de herramientas, donde la palabra herramienta es usada en su sentido más amplio de modo a incluir el lenguaje y otros sistemas de signos, así como las herramientas técnicas. Una propiedad definitoria de la acción mediada (incluyendo la acción psíquica) es que se caracteriza por una tensión irreductible entre el agente activo y las «herramientas culturales» que utiliza para llevar a cabo la acción. Esta propiedad nos fuerza a ir más allá del agente individual para intentar entender las fuerzas que configuran la acción humana. En la visión planteada por Wertsch, la acción puede ser tanto exterior como interior y puede ser realizada por grupos, ya sean pequeños o grandes, o por individuos. En los términos de la ciencia

---

cognitiva contemporánea, pensar, hablar y otras formas de acción humana son vistas como siendo «distribuidas» (Hutchins, 1995) entre el agente y ítems como mapas, computadores o narraciones.

Basado en estudios de Wersch (2002) sobre la «memoria colectiva», se propone una analogía entre «narraciones nacionales» como recursos textuales para representar lo pasado y «explicaciones científicas» como herramienta cultural para representar aspectos de la realidad física. Desde la perspectiva aquí planteada, el aprendizaje de la ciencia involucra lo “domino” de explicaciones científicas proporcionadas por otros, donde lo termo dominio es definido como saber usar una herramienta cultural con facilidad (Wertsch, 1999). Desde la perspectiva de la acción mediada, las concepciones científicas pueden ser vistas como siendo distribuidas entre agentes y los «recursos textuales» empleados para representar la realidad.

## METODOLOGÍA

Para caracterizar la producción de las explicaciones científica en nivel universitario, analizamos las explicaciones proporcionadas por un libro típicamente usado en cursos introductorios de física cuántica en Brasil, la obra *Física Cuántica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos y Partículas*, de Robert Eisberg y Robert Resnick. Para llevar a cabo el análisis, se utilizó la noción de «dualismo funcional de los textos» de Yuri Lotman (1988). Para Lotman, una propiedad central de los textos es su capacidad de transmitir significados adecuadamente (función unívoca de los textos). Por otro lado, una segunda propiedad es su capacidad de criar nuevos significados (función dialógica de los textos).

Basado en el noción de dualismo funcional planteada por Lotman, Wertsch (2002) planteó un tipo similar de «dualismo funcional de las narraciones». Desde esta perspectiva una propiedad básica de las narraciones es su capacidad de referirse a senarios, personajes y eventos (función referencial de las narraciones). La segunda propiedad de las narraciones es su capacidad para referirse a otras narraciones (función dialógica de las narraciones). Desde la perspectiva del dualismo funcional, as explicaciones científicas también pueden formularse en términos de respuestas dialógicas a otras explicaciones.

## RESULTADOS

Consideremos las siguientes transcripciones do libro de Eisberg y Resnick. Con respecto a la noción de dualidad onda-partícula, los autores afirman lo siguiente:

*En la física clásica, la energía es transportada por partículas o por ondas. El físico clásico observaba las ondas de agua transportando energía sobre la superficie del agua o balas transportando energía del cañón al blanco. De tales experiencias, construyeron un modelo ondulatorio de ciertos fenómenos macroscópicos y un modelo corpuscular para otros fenómenos macroscópicos, extrapolarlo naturalmente estos modelos a regiones menos accesibles al ojo humano [...] Así pues, el físico clásico no estaba preparado para descubrir que para poder entender la radiación, en algunas situaciones era necesario invocar un modelo ondulatorio, como la difracción de rayos X. Pero quizás, sea más sorprendente el hecho de que esta dualidad onda-partícula se aplique, tanto a la materia, como a la radiación. La relación carga-masa del electrón y su rastro de ionización en la materia (secuencia de colisiones localizadas) sugieren un modelo corpuscular, sin embargo, la difracción de electrones sugieren un modelo ondulatorio. El físico actual sabe que, a un ente dado, debe aplicarle ambos modelos.* (Eisberg y Resnick, 1983, p. 88)

En su presentación de lo principio de la incertidumbre, los autores escribieran.

*El principio de incertidumbre también hace evidente la necesidad de que los sistemas cuánticos se expresen en términos de probabilidad. En la mecánica clásica si se conoce exactamente la posición y el impulso de cada partícula, en algún instante, en un sistema aislado, entonces se puede predecir el comportamiento exacto de las partículas*

---

del sistema, en todo tiempo futuro; sin embargo en mecánica cuántica, el principio de incertidumbre muestra que lo anterior es imposible de hacer en sistemas que implican distancias e impulsos pequeños, ya que es imposible saber con la precisión requerida, las posiciones e impulsos instantáneos de las partículas. Consecuentemente, solo se podrán predecir comportamientos probables de estas partículas. (ibid., p. 106).

En otra parte del texto, los autores presentan la siguiente oposición.

[L]as leyes básicas de la física clásica (como las leyes de Newton) son deterministas, y el análisis estadístico es simplemente un instrumento que se utiliza en el tratamiento de sistemas muy complicados. Por otro lado, de acuerdo con Heisenberg y Bohr, el punto de vista probabilístico es fundamental en la física cuántica y el determinismo debe ser descartado. (ibid., p. 91).

Quizás debido a la decisión de los autores de presentar los contenidos de física cuántica desde una perspectiva de «casi-historia» (Kragh, 1992), donde aparecen demasiadas simplificaciones y erros históricos, sus explicaciones implican una ruptura, una negación de la física clásica. Como resultado, estas explicaciones toman la forma de una oposición binaria, que puede expresarse en la siguiente forma: La física clásica es determinista, sin embargo la física cuántica es probabilística (no determinista); en la física clásica, onda y partícula son conceptos excluyentes, sin embargo en la física cuántica éstos conceptos son complementares (no excluyentes); en física clásica, es posible conocer exactamente la posición y el impulso de una partícula en un instante de tiempo dado, sin embargo en la física cuántica hay una relación de incertidumbre (no es posible conocer exactamente la posición y el impulso de la partícula).

## CONCLUSIONES

Desde la perspectiva del dualismo funcional (Wertsch, 2002), podemos concluir que las explicaciones proporcionadas por Eisberg y Resnick no sirven al propósito único y exclusivo de representar la realidad física (función referencial de las explicaciones). Aunque hay múltiples fuerzas influyendo la producción de las explicaciones científica en los libros universitarios, como factores económicos o pedagógicos, un aspecto básico que suele pasar inadvertido es su capacidad de responder dialógicamente a otros enunciados (función dialógica de las explicaciones).

Nuestro análisis sugiere que la función dialógica de las explicaciones es tan influyente en la producción de los textos de física cuántica como su función referencial. Como resultado, los autores terminan explicando la realidad microscópica más en términos de lo que *no es* que en términos de lo que *es*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eisberg, R. y Resnick, R. (1983). *Física cuántica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas*. 2ª edición. México D.F.: Limusa.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speed. *Cognitive Science*, 19, pp. 265-288.
- Kragh, H. (1992). A sense of history: history of science and the teaching of introductory quantum theory. *Science & Education*, 1, pp. 349-363.
- Lotman, Y.M. (1988). Text within a text. *Soviet Psychology*, XXVI(3), pp. 32-51.
- Wertsch, J.V. (1993). *Voces de la mente: un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Madrid: Visor Distribuciones.
- Wertsch, J.V. (1999). *La mente en acción*. Buenos Aires: Aiqué.
- Wertsch, J.V. (2002). *Voices of collective remembering*. Nueva York: Cambridge University Press.