**Correspondencia entre Albert Einstein, Max Born y Hedwig Born**

**4 de diciembre de 1926**

*Einstein a Max Born*

La mecánica cuántica es algo muy serio. Pero una voz interior me dice que de todos modos no es ése el camino. La teoría dice mucho, pero en realidad no nos acerca gran cosa al antiguo secreto. En todo caso estoy convencido de que Él no juega a los dados. (p. 119)

**7 de setiembre de 1944**

*Einstein a Max Born*

¿Recuerdas todavía cuando hará unos 25 años fuimos un día juntos en tranvía hasta el edificio del Reichstag, convencidos de que podías efectivamente hacer honrados demócratas de los individuos que allí dentro estaban? ¡Qué ingenuos éramos, a pesar de nuestros cuarenta años! No puedo contener la risa cuando pienso en ello. Entonces no comprendíamos ni tú ni yo que la médula es más importante que el cerebro y puede mucho más. Tengo que recordarlo ahora para no cometer los trágicos errores de entonces. Por eso no debería sorprendernos que los hombres de ciencia (en su inmensa mayoría) no sean excepción a la regla, y si son de otro modo, no debe atribuirse a su capacidad de razonar sino a su dimensión humana […] Los médicos han logrado sorprendentemente poco con un código de ética, y menos es de esperar de los científicos propiamente dichos, con su pensamiento mecanizado y especializado […] Por lo demás, no espero gran cosa de tal empresa. El sentimiento de lo que debe hacerse y lo que no crece y muere como un árbol, y no hay abono de ninguna clase que pueda servir de mucho. Lo único que el individuo puede hacer es dar un buen ejemplo y tener el valor de defender gravemente sus convicciones éticas en la sociedad de los cínicos. Llevo mucho tiempo tratando de conducirme así, con mayor o menor fortuna.

[…] En nuestras perspectivas científicas nos hemos vuelto antípodas. Tú crees en el Dios que juega a los dados y yo creo en la ley y la ordenación total de un mucho que *es* objetivamente y que yo trato de captar en una forma localmente especulativa… Yo creo firmemente, pero tengo la esperanza de que alguien descubrirá un método más realista, con bases más tangibles, que el mío. El gran éxito inicial de la teoría cuántica no basta para hacerme creen en el juego de dados fundamental, aunque sé perfectamente que los colegas más jóvenes atribuyen mi actitud a la esclerosis. Llegará el día en que se va cuál de las dos actitudes instintivas era la acertada. (pp. 188-189)

**9 de octubre de 1944**

*Carta de Hedwig Born a Einstein*

Una vez te pregunté si no temías a la muerte, y me dijiste que te tenías tan solidario de todos los seres vivos que no te importaba dónde empezaba y acababa el individuo. Y otra vez me dijiste que no había nada en el mundo a que no pudieras renunciar en cualquier momento. Para mí son éstas dos declaraciones “religiosas”, en el lenguaje del siglo XX. Espero que no importe que las llame así. Es la gozosa conciencia de sumisión a las leyes junto con la grave responsabilidad de tener convicciones éticas. Porque esto último, el vivir tus convicciones éticas antes de volver al polvo, es algo de lo que no puedes renunciar.

Yo tampoco puede creer en “el Dios que juega a los dados”, pero no puedo por otra parte imaginar que tú –como me acaba de decir Max cuando discutíamos de esto- creas que tu “ley y ordenación total” signifique que todo está predeterminado, por ejemplo, que hoy haga vacunar o no a mi hijo contra la difteria, etc. Eso sería como decía Omar el tendero:

*Dios ha sabido de toda eternidad*

 *Que yo bebería toda la vida…*

(p.193)

**9 de octubre de 1944**

*Comentario de Max Born sobre carta de su esposa*

Sus observaciones a propósito de la actitud naturalista de Einstein dan muy bien en el clavo. El determinismo estricto nos parecía y todavía nos parece inconciliable con la creencia en la responsabilidad y la libertad moral. En esto nunca he podido entender a Einstein. Pero de todos modos, y a pesar de su convicción teórica de la predeterminación, era un hombre profundamente ético. Por lo que a mí toca, sólo llegué a comprender la discrepancia entre libertad moral y rigorosas leyes naturales (que ni siquiera la física moderna niega, sino que la concibe de otro modo), gracias al principio de complementariedad de Niels Bohr. ¿Cuánto tiempo pasará hasta que los filósofos de profesión comprendan y acepten estos pensamientos? En mi carta vuelvo también al “Dios que juega a los dados”. Todavía hoy considero perfectamente acertada mi objeción de que el modo einsteniano de pensar tampoco sirve sin el “Dios de los dados”. Porque en la física clásica no son las leyes naturales las que determinan los estados iniciales y en toda predicción es necesario suponer que el estado inicial fue determinado por mediciones o bien hay que conformarse con una declaración de probabilidad. En el fondo creo que el primer caso es totalmente ilusorio, ya que la mejor medición sólo proporciona un dato estadístico, más o menos limitado por la difusión de la configuración inicial. (p.195)

**Selección del libro *Correspondencia (1916-1955). Albert Einstein, Max y Hedwig Born*.**

**Editorial Siglo XXI. México DF.1999.**

Con el nombre de **interpretación de Copenhague** se hace referencia a una [interpretación de la mecánica cuántica](http://es.wikipedia.org/wiki/Interpretaciones_de_la_Mec%C3%A1nica_cu%C3%A1ntica) atribuida principalmente a Bohr, Born, Heisenberg y otros. Se conoce así debido al nombre de la ciudad en la que residía Bohr. Fue formulada en [1927](http://es.wikipedia.org/wiki/1927) por el físico danés [Niels Bohr](http://es.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr), con ayuda de [Max Born](http://es.wikipedia.org/wiki/Max_Born) y [Werner Heisenberg](http://es.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg), entre otros, durante una conferencia realizada en [Como](http://es.wikipedia.org/wiki/Como), [Italia](http://es.wikipedia.org/wiki/Italia).

La interpretación de Copenhague incorpora el [principio de incertidumbre](http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_indeterminaci%C3%B3n_de_Heisenberg), el cual establece que no se puede conocer simultáneamente con absoluta precisión la posición y el [momento](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_lineal) de una partícula. La interpretación de Copenhague señala el hecho de que el principio de incertidumbre no opera en el mismo sentido hacia atrás y hacia delante en el tiempo. Muy pocos hechos en física tienen en cuenta la forma en que fluye el tiempo, y este es uno de los problemas fundamentales del Universo donde ciertamente hay una distinción entre el pasado y futuro. Las relaciones de incertidumbre indican que no es posible conocer la posición y el momento simultáneamente y consiguientemente no es posible predecir el futuro ya que en palabras de Heisenberg “no podemos conocer, por principio, el presente en todos sus detalles”. Pero es posible de acuerdo con las leyes de la [mecánica cuántica](http://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica_cu%C3%A1ntica) conocer cual era la posición y el momento de una partícula en un momento del pasado. El futuro es esencialmente impredecible e incierto mientras que el pasado completamente definido. Por lo tanto nos movemos de un pasado definido a un futuro incierto.

Bohr formuló en la interpretación de Copenhague lo que se conoce como el [principio de complementariedad](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Principio_de_complementariedad&action=edit&redlink=1) que establece que ambas descripciones, la ondulatoria y la corpuscular, son necesarias para comprender el mundo cuántico. Bohr también señaló en esa conferencia que mientras en la [física clásica](http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADsica_cl%C3%A1sica) un sistema de partículas en dirección funciona como un aparato de relojería, independientemente de que sean observadas o no, en física cuántica el observador interactúa con el [sistema](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema) en tal medida que el sistema no puede considerarse con una existencia independiente.

Además según la interpretación de Copenhague toda la información la constituyen los resultados de los experimentos. Se puede observar un átomo y ver un [electrón](http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3n) en el estado de energía A, después volver a observar y ver un electrón en el estado de energía B. Se supone que el electrón saltó de A a B, quizás a causa de la observación. De hecho, no se puede asegurar siquiera de que se trate del mismo electrón y no se puede hacer ninguna hipótesis de lo que ocurría cuando no se observaba. Lo que se puede deducir de los experimentos, o de las ecuaciones de la mecánica cuántica, es la probabilidad de que si al observar el sistema se obtiene el resultado A, otra observación posterior proporcione el resultado B. Nada se puede afirmar de lo que pasa cuando no se observa ni de cómo pasa el sistema del estado A al B.

[Einstein](http://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein) y muchos otros físicos se negaron a aceptar esta interpretación de la mecánica cuántica, presentando varias críticas.

Bohr sostuvo con [Einstein](http://es.wikipedia.org/wiki/Einstein) un debate respecto a la validez o no validez de las leyes de la [Relatividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_la_relatividad) en el mundo [subatómico](http://es.wikipedia.org/wiki/Subat%C3%B3mico) de la [Física Cuántica](http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADsica_Cu%C3%A1ntica). Einstein decía que el universo material era "local y real", donde lo local apuntaba a que nada puede superar la velocidad de la luz, mientras que lo real apunta a que las cosas existen en una sola forma definida en un [tiempo](http://es.wikipedia.org/wiki/Tiempo) y [espacio](http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_%28f%C3%ADsica%29) determinado. Bohr por su parte apelaba a la "[función de onda](http://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n_de_onda)" de las [partículas subatómicas](http://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%ADculas_subat%C3%B3micas) y al estado de "[superposición](http://es.wikipedia.org/wiki/Superposici%C3%B3n_cu%C3%A1ntica)" que pueden presentar éstas. Por ejemplo dos electrones podían estar en dos estados opuestos y extremamente alejados a la vez y lo que ocurre con uno en determinado punto del [universo](http://es.wikipedia.org/wiki/Universo), es experimentado por el otro al otro extremo del universo. Esto podía ser producto de una de dos alternativas: a) las partículas subatómicas en dos puntos alejados del universo se envían información sobre sus estados a velocidades superiores a la de la luz con lo cual la superposición se explicaría por la presencia de más de un electrón que se comunican en distintos puntos del universo (esta explicación no atentaba con que las cosas fueran reales, mas no permitía que fuesen locales, dado que existiría una velocidad de comunicación mayor que la de la luz). La otra alternativa nos decía: b) las partículas subatómicas pueden existir en dos o más estados a la vez. Estas se mantienen bajo la forma de [probabilidades](http://es.wikipedia.org/wiki/Probabilidad) de manifestación en estados precisos, mas no se manifiestan en uno de estos hasta el momento en que son objeto de un estímulo determinado: la [observación](http://es.wikipedia.org/wiki/Observaci%C3%B3n), y es solo después del acto de observación en que encontramos a la partícula en una coordenada específica de espacio y tiempo. Aquí lo que se atenta es la realidad misma, o el hecho de que en el mundo subatómico las cosas sean reales y se presenten en un estado específico en un tiempo-espacio preciso. En resumen, la postura de Bohr y de la Física Cuántica es que en el mundo subatómico, las cosas no pueden ser reales y locales a vez.

Es durante el desarrollo de este debate que se esgrimió la frase tan célebre por parte de Einstein: "Dios no juega a los dados". De dicha frase hay registros confiables, lo cual no ocurre con un supuesto contrargumento por parte de Bohr hacia Einstein en el mismo debate, donde dice: "¡Einstein, deja de decirle a Dios que hacer con sus dados!".