

Indeterminación, entrelazamiento cuántico y algunas de sus implicancias epistemológicas

Jorge E. Miceli

Es habitual afirmar que el mundo está cada vez más conectado y que las personas y las organizaciones interactúan cada vez más instantáneamente a través de una batería de recursos como Internet, la telefonía celular y los incuestionables alcances de las redes sociales más populares. En efecto, nos conectamos informacionalmente (comunicándonos) y físicamente (transportándonos) con nuestros semejantes en intervalos de tiempo cada vez menores y, si las reglas de este proceso no varían dramáticamente en el futuro cercano, los plazos parecen tender a acortarse aún más en las próximas décadas. Paralelamente a esta idea de instantaneidad, la fantasía de poder influir remotamente en lo que otros piensan, dicen o hacen hace rato ha sido consumada no solo a través de la acción de los grandes medios de comunicación (la vía “Mac Luhan”) y su modalidad de transmisión “*broadcasting*”, sino a través de la actividad concurrente y combinada de la computación distribuida y las maravillas de la World Wide Web (la “vía Zuckerberg”).

Sin embargo, también podríamos decir que ninguno de estos logros, por más contraindicaciones y novedades que conlleven (y conste que son muchas y pesadas), han desafiado los pilares básicos de nuestro entendimiento del mundo. En lenguaje simple, sabemos que si viajamos más rápido llegamos antes a destino, y que si los mensajes que emitimos viajan más rápidamente, nos comunicamos con más velocidad con nuestros destinatarios.

En este escenario, y a pesar de los cambios tecnológicos que nuestra especie afronta actualmente, en la superficie nada parece alterar los supuestos que manejamos sobre cómo se comportan el espacio y el tiempo ni desafiar las ideas de sentido común respecto a las cosas que suceden cuando actuamos en el mundo. La idea de causalidad clásica, desarrollada a partir de la concepción del universo que sigue las leyes de Newton, involucra una serie de nociones muy elementales respecto a que si un evento A es causa de otro B, por ejemplo A debe necesariamente suceder antes que B. Este concepto de *anterioridad* se extiende también, aunque con modificaciones, a la mecánica relativista, ya que en ella no existe la idea de un tiempo absoluto independiente del observador y se dice que, en este caso, la causa precede al efecto para observadores inerciales.

Aunque parecería que no es posible complicar esta idea de causalidad más de la cuenta, lo cierto es que la llegada de la mecánica cuántica en los comienzos del siglo XX al espacio de las teorías científicas consolidadas generó, además de cambios muy

profundos en la forma en que vemos el mundo de las partículas subatómicas, un replanteo fundamental en la forma en que este tipo de nociones pueden concebirse.

En particular, y dentro de este panorama de innovaciones fundamentales, lo que hoy en día se conoce como entrelazamiento cuántico (*Quantenverschränkung* en alemán) fue una extrañísima propiedad predicha en 1935 por Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen (en lo sucesivo EPR) en su formulación de la llamada paradoja EPR¹.

Si bien el término “entrelazamiento” fue introducido por Erwin Schrödinger para describir un fenómeno de mecánica cuántica que se demuestra en los experimentos, se podría decir que en los comienzos no se comprendió bien su relevancia para la física teórica [3] y [5]. Un conjunto de partículas entrelazadas (en inglés el término es “entangled”) no pueden definirse como partículas individuales con estados específicos e independientes, **sino sólo como un sistema con una función de onda única que lo recorre** [4] .

¿Qué tiene de anómalo o llamativo el entrelazamiento cuántico? Podemos decir que plantea una diferencia fundamental de comportamiento respecto de nuestro mundo macroscópico o no subatómico, porque a través de sus efectos es posible que **las variaciones de los estados de dos partículas entrelazadas se sincronicen de un modo particular (se dice que pueden covariar o estar correlacionadas) a diferencia de los estados de dos objetos macroscópicos que, si no están vinculados por nexos causales físicos conocidos, no es posible que muestren esta propiedad conjunta.**

Si por ejemplo en el mundo macroscópico definimos un sistema como formado únicamente por dos bolas de billar ubicadas sobre el paño de una mesa, no hay manera de predecir un movimiento en una de ellas si no conozco con exactitud el modo en que la otra bola se moverá y la impactará. En el ámbito cuántico, en cambio, si una partícula A exactamente igual a otra B está entrelazada con ella, **cualquier resultado de una medición que se realice sobre la primera estará correlacionado con la medición de la misma propiedad en la segunda más allá de que no exista ningún vínculo físico conocido entre ellas.** Lo que además sorprende de esta comprobación es que sus efectos se extienden al margen de la distancia que separe a las partículas medidas.

¹ Por cierto, el vínculo de Einstein con el concepto de entrelazamiento cuántico es absolutamente controversial porque, en su interpretación de la mecánica cuántica, su aplicación a rajatablas violaba tanto el principio de localidad como las reglas del determinismo. Como señala Aczel: “A lo largo de su vida, Einstein se mantuvo fiel a estos tres principios que, creía, debían formar parte de una buena descripción de la naturaleza: 1. El nivel fundamental de la naturaleza debe ser descrito en principio mediante una teoría determinista, incluso aunque diversas lagunas en el conocimiento humano acerca de las condiciones iniciales y de contorno puedan forzar a los seres humanos a recurrir a la probabilidad al hacer predicciones sobre los resultados de observaciones. 2. La teoría debe incluir todos los elementos de realidad. 3. La teoría debe ser local: lo que sucede aquí depende de elementos de realidad situados aquí, y cualquier cosa que suceda allí dependerá de elementos de realidad situados allí. Einstein y sus colaboradores encontraron que esas nociones, que a ellos les parecían muy naturales, implicaban la incompletitud de la teoría cuántica (una teoría que Einstein contribuyó a crear).” *1: 64)

En definitiva, los presupuestos de **localidad de los efectos** y **separabilidad** sostenidos por Einstein en su cuestionamiento de la teoría cuántica, aquellos por los cuales se realizó el experimento EPR, fueron refutados, durante su vida y luego de su muerte, por una enorme masa de evidencia experimental. Se comprobó que la llamada “acción fantasmal a distancia” que permitía el entrelazamiento cuántico, a pesar de ser un aspecto monstruoso del comportamiento de las partículas, era turbadoramente cierta [5].

Por supuesto que es muy paradójico, en realidad, que Einstein haya contribuido de una manera tan radical al desarrollo de los fundamentos de la teoría cuántica a partir de su experimento EPR e intentando quitarle sustento experimental y conceptual, pero no hay demasiadas dudas de que así fue. Desde los tempranos años 20, intentó establecer las bases deterministas de la teoría cuántica sentando las bases de la existencia de variables “subcuánticas” o variables ocultas, algo completamente opuesto a la posición de Niels Bohr, partidario de una versión totalmente probabilista del comportamiento subatómico a su vez en sintonía con el llamado “Principio de incertidumbre” del físico Werner Heisenberg (no, querido lector cinéfilo, no me refiero al personaje apodado “Heisenberg” de la serie “Breaking Bad”, sino a su homónimo inspirador).

Teleportación aquí y ahora

En tiempos más recientes, todo este arsenal de ideas ha salido del ámbito de la experimentación libre y la discusión modélica más abstracta para dar pie a lo que sería la primera aplicación práctica del entrelazamiento cuántico, la llamada “teleportación cuántica”. Como señaló en el año 2012 Eric Wille, supervisor de uno de los más importantes experimentos de teleportación realizados por la Agencia Espacial Europea:

"La primera teleportación cuántica tuvo lugar en condiciones de laboratorio, y ahora el desafío ha sido mantener el entrelazamiento entre ambos fotones a una distancia de 143 km a pesar de las perturbaciones atmosféricas". Para realizar el experimento, que supera el anterior récord de 97 km que mantenían científicos de la Universidad de Ciencia y Tecnología de China, se utilizó un láser de luz verde y se instalaron detectores de fotones muy sensibles, estableciendo dos canales de comunicación (uno clásico y otro cuántico). Los relojes en las estaciones de origen y de destino se sincronizaron con una precisión de 3.000 millonésimas de segundo." [5]

La teleportación recurre, como muestra la Figura 1, a un efecto típico del entrelazamiento, que es su capacidad para sincronizar los estados de dos o más

partículas. En un momento inicial se entrelazan las partículas A y B, y se envían a receptores distintos. Este entrelazamiento se verifica en el estado idéntico de la polaridad de ambos. En un segundo momento, un tercer fotón C se sincroniza con el fotón A y esto produce, debido a la acción a distancia, el cambio de polaridad del fotón B. Este cambio de una propiedad del fotón C es, justamente, la información que se “teleporta” de un punto a otro del sistema.

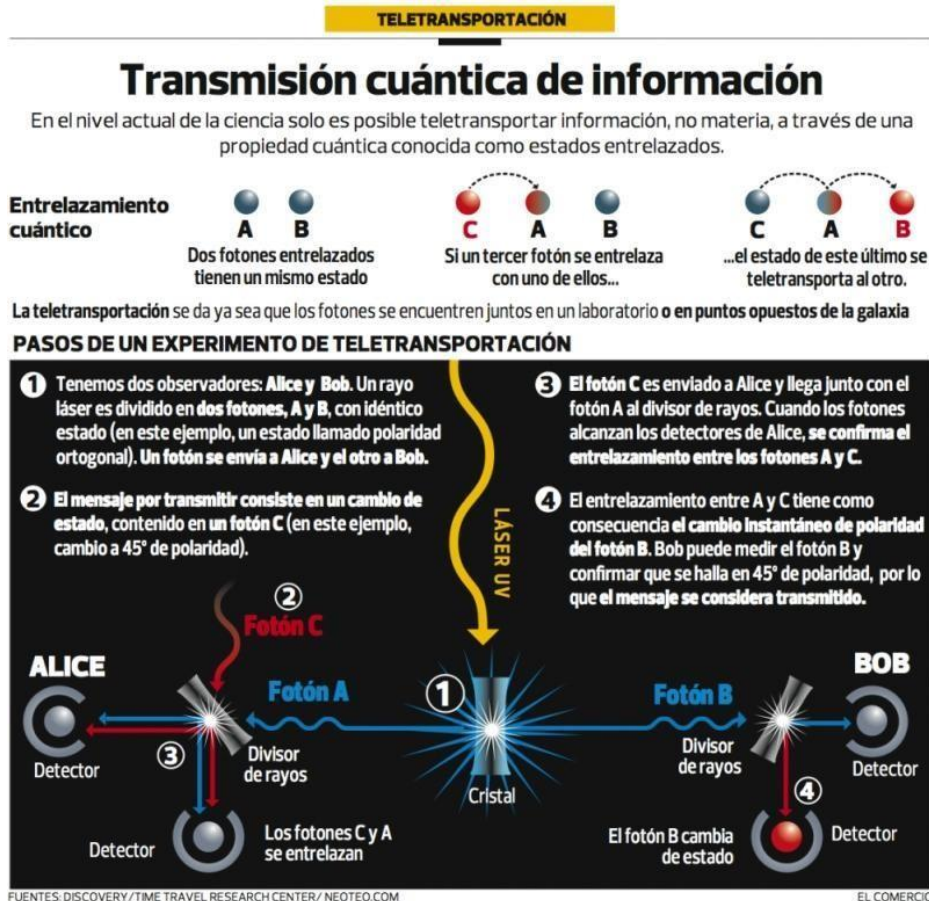


Figura 1: Esquema explicativo de la teleportación cuántica [2]

Otras propiedades sorprendentes están asociadas a la teleportación cuántica, incluso la de perturbar, desde el futuro, el estado de una partícula medido en un momento anterior en el tiempo [5], pero su característica más impresionante, la de vincular a las partículas de un modo inmune al efecto físico de las distancias, es la que habilita, además, la reconsideración profunda de los vínculos entre lo que la epistemología occidental designa como el rol del observador y de lo observado.

Indeterminación, interferencia del observador y libre albedrío

La mecánica cuántica nos ofrece la posibilidad de cuestionar, con el aval de una teoría de base probabilista, no sólo un conjunto de naturalizaciones de extendido consenso

en nuestro sentido común de base, sino, además, una serie de nociones epistemológicas de fuerte arraigo en el ámbito científico.

El mencionado principio de incertidumbre de Heisenberg, y en general toda la física de partículas, proponen una reformulación radical de la idea de causalidad. Podemos decir que en las ciencias encargadas del mundo macroscópico, tanto en la mayoría de las llamadas duras como en las blandas, imperan los modelos deterministas de la causalidad, aquellos que sostienen que ante idénticas condiciones iniciales y causas conocidas, la consecuencia o el resultado será siempre el mismo. La mecánica clásica y aún la teoría de la relatividad se ajustan a estos principios, aunque determinismo y predictibilidad no signifiquen lo mismo y su diferenciación haya sido también objeto de controversia. Acaso la formulación más típica y extrema de estas ideas quizás provenga de Pierre Simon Laplace, quien en algún momento sostuvo que:

"Los eventos presentes están conectados con los anteriores por un lazo basado en el principio evidente de que una cosa no puede ocurrir sin una causa que la produzca (...). Entonces debemos considerar el estado actual del universo como una consecuencia del estado anterior y como la causa del posterior. Si imaginamos una inteligencia que en un instante dado abarcara todas las fuerzas por las cuales se anima la naturaleza y las situaciones respectivas entre los entes que la componen, una inteligencia suficientemente vasta para someter estos datos a análisis abrazaría en la misma fórmula los movimientos de los grandes cuerpos del universo y aquellos de los átomos más ligeros; para ella, nada sería incierto y el futuro como el pasado serían como el presente a sus ojos" [6]

Saliendo del ámbito estrictamente científico esta vieja idea, esta entusiasta confianza probabilística, es retomada y utilizada por el escritor de ciencia ficción Isaac Asimov de la mano de su personaje Hari Seldon en la saga "Fundación", en la cual una ciencia denominada psicohistoria es capaz de predecir el ocaso del llamado Imperio Galáctico [7]. En este escenario fantástico, son interesantes los límites de la capacidad de Seldon para predecir el futuro macroscópico porque de algún modo prefiguran, cambiando de contexto, aspectos claves y especificidades de la problemática de la indeterminación cuántica:

- 1) El análisis psicohistórico es aplicable solo a un gran número de individuos porque de ese modo es posible un tratamiento estadístico científicamente respetable. Asimov, que era químico, sabía que podemos predecir el comportamiento global de un gas pero no el de una única molécula.
- 2) Para que el análisis sea válido el grupo objeto de la predicción tiene que desconocer sus resultados.

El primer punto hace referencia a la validez probabilística de toda predicción y más allá

de sus detalles. Curiosamente, este principio también es aplicable a nivel cuántico, ya que, en este ámbito, si bien es imposible establecer con exactitud las trayectorias de las partículas subatómicas individuales, es sin embargo factible predecir con aproximación sus derroteros del conjunto del cual forman parte. Así como en las ciencias sociales se pueden estimar con ciertos márgenes de error los comportamientos electorales aunque no las conductas individuales de voto, tanto la psichistoria de Seldon como las reglas macroscópicas de la física y la química operan prediciendo tendencias antes que microcomportamientos. **Dicho todo esto, es muy importante comprender que la discontinuidad cuántica es ontológica y no meramente producto de nuestras limitaciones en la medición. Esto significa que por más precisión que tengamos en nuestros instrumentos, no podremos evitar que nuestras predicciones sean de conjunto y no individuales. ¿Cuál es el motivo de esta imposibilidad? Simplemente que el universo cuántico no es determinista, vale decir que si (a) y (b) son dos partículas exactamente iguales en su configuración en el mismo o en distintos espacio de tiempo, en distintas mediciones pueden comportarse de diferentes maneras sin que sea posible establecer ninguna explicación causal válida de estas divergencias.**

Ahora bien, el universo macroscópico del que se encargan las ciencias sociales, ¿es verdaderamente determinista? No podríamos sostener esto a rajatabla en términos ontológicos, pero al menos tenemos confiar en que, de manera análoga a lo que sucede a nivel cuántico respecto de la pertinencia del enfoque probabilístico, el abordaje estadístico, con limitaciones y estimaciones fundadas de desvío, muestra importantes rangos de acierto al menos en el corto plazo y en una gran cantidad de fenómenos.

Quizás no está de más recordar que la definición de caos, o de sistema complejo, no altera los presupuestos del determinismo sino que es uno de los modos en los cuales este puede emerger. Como comenta Carlos Reynoso, lejos de ajustarse a los presupuestos del mundo cuántico, la complejidad y el caos operan, a nivel macroscópico, de modo completamente determinista:

“Ningún fractal puede tampoco poner en peligro el determinismo, ni confirmarlo; pienso que el problema aquí es la creencia (errónea) de que el caos sólo se manifiesta en condiciones de indeterminación: el caos, por el contrario, se manifiesta típicamente en escenarios deterministas (Nicolis y Prigogine 1989: passim; Schuster 1984; Poincaré 1909; Spurrett 1999a). Las ciencias del caos constituyen un intento para avanzar el conocimiento hacia condiciones de complejidad; no sólo no cuestionan el determinismo, sino que lo extienden hacia regiones antes dominadas por el azar.” [13: 211]

Volviendo al universo de ficción de Asimov, la segunda limitación de su psichistoria y

también del determinismo es la relacionada con el libre albedrío y la exposición a la profecía autocumplida. En términos simples, si supuestamente sabemos lo que puede suceder, podemos actuar a favor o en contra de ello. Esta es una restricción no solo típica del universo macroscópico, sino de las llamadas ciencias blandas.

Cuanto más “libres” seamos en nuestra capacidad de elección, menos nos ajustaremos a los dictados de un determinismo que no tenga en cuenta esta voluntad individual y colectiva de alteración de lo que el universo nos tiene preparado, en el caso de que semejante cosa sea anticipable.

Saliendo de este punto y volviendo al tema del determinismo, distintas objeciones se han presentado a la plena vigencia de la indeterminación cuántica y su extrapolación al ámbito de la voluntad y la libertad humana. Una de ellas es el denominado **principio de escala** y otra ha sido denominada el **principio de suerte o azar** [8], y ambas ilustran aspectos claves de este ámbito de discusión.

El **principio de escala** descansa en la distinción de niveles entre lo micro y lo macro, y en la imposibilidad de extender las peculiaridades cuánticas al ámbito macroscópico. La especificidad de este principio es que intenta explicar la voluntad humana de actuar de un modo u otro en base a la consideración de microefectos cuánticos asociados a la química cerebral, lo cual lleva estos razonamientos a un plano no solo más polémico, sino además vinculado a la base neurofisiológica de nuestras decisiones conscientes:

“Es claro que cualquiera que esté inclinado hacia ambos, la existencia del verdadero azar o los eventos cuánticos, así como hacia el determinismo como ha sido definido, no está forzado a escoger entre ellos, sino que puede tenerlos juntos... La idea esencial será que los eventos cuánticos en nuestras cabezas no se trasladan hacia arriba a macro eventos que también carecen de explicaciones. Los eventos cuánticos en este respecto pueden cancelarse unos a otros... dada la ausencia completa de eventos de azar real en la neurociencia tradicional, ésta es, tal vez, la posición teórica más fácil para aquellos que quieren que su filosofía, sin duda alguna por buenas razones, esté de acuerdo con la ciencia tal como es ahora, que como quiera que podría ser: el paradigma ahora en vez del paradigma por venir.” [11: 257]

El principio de **azar o suerte**, en cambio, tiene que ver con la imposibilidad de considerar algunas acciones humanas enteramente a salvo de la indeterminación más allá de cuál ha sido su proceso de gestación mental [12]

Sin embargo, como ha sostenido Kane, la indeterminación es compatible tanto con la no determinación como con la causalidad probabilística, y por lo tanto ambos escenarios no deben ser confundidos:

“Chance” and “luck” are terms of ordinary language that carry the meaning of “its being out of my control.” So using them already begs certain questions. Whereas “indeterminism” is a technical term that merely rules out deterministic causation, though not causation altogether. Indeterminism is consistent with nondeterministic or probabilistic causation, where the outcome is not inevitable. It is therefore a mistake (in fact, one of the most common in debates about free will) to assume that “undetermined” means “uncaused” or “merely a matter of chance.”

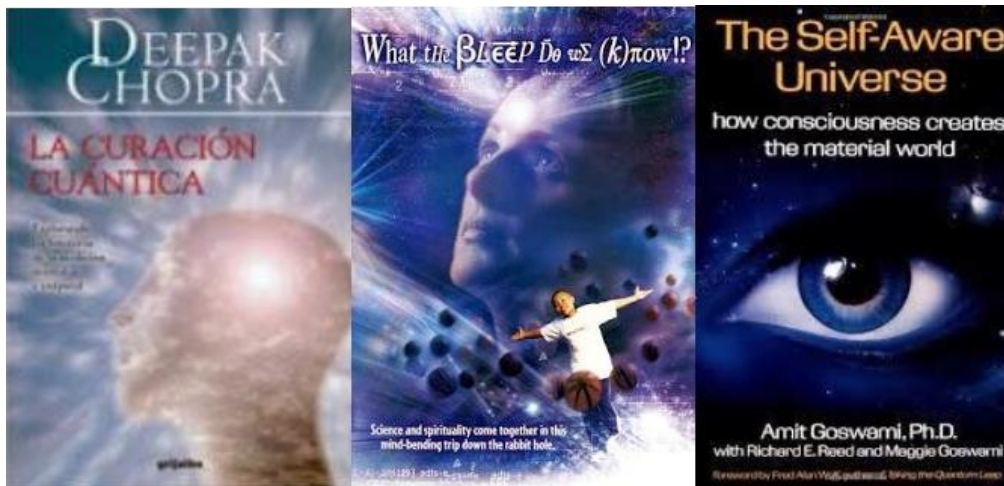
[12: 31]

Ambos principios intentan circunscribir los aspectos específicos de la indeterminación a sus efectos éticos más importantes, y las conclusiones son parejamente inquietantes; (a) Para considerar una acción realmente libre, las indeterminaciones cuánticas de menor escala, aquellas que rigen los procesos químicos asociados a lo que llamamos voluntad, no pueden trascender la escala de lo micro, (b), Para considerar una acción libre y además responsable, debemos demostrar que las acciones fueron controladas por nosotros, y que la indeterminación no las ha afectado. El principio de azar condiciona no solo al determinismo, sino a la misma idea de libertad. No se puede ser libre, en definitiva, si es la suerte la que toma las decisiones por nosotros.

La interpretación mística de los principios cuánticos

Todas estas reflexiones no solo colocan a la mecánica cuántica en un plano de efectos directos sobre nuestro devenir cotidiano y nuestra comprensión del mundo, sino que, a pesar de sus complejidades y de los malentendidos que habilitan, la alejan de cualquier misticismo posible.

Es necesario, para que esto sea posible, desestimar las interpretaciones *New Age* que deducen de la indeterminación cuántica capacidades poco claras de la voluntad humana modelando el mundo físico orgánico y no orgánico, una especie de “relacionismo” antropocentrado y sin correlato empírico demostrable.



Las extrapolaciones místicas de la teoría cuántica son demasiadas y entiendo que no merecen ser discutidas asumiendo su ciudadanía científica en términos estrictos; algunas de ellas remiten, por ejemplo, a la posibilidad de autocuración recurriendo al poder de la mente -la llamada “curación cuántica” del médico Deepak Chopra- o a la concepción holística (seguramente exagerada por sus seguidores) del físico Fritjof Capra, quien en 1975 publicó un libro llamado “El Tao de la Física” y postuló ideas como las que siguen:

“La idea de "participación en lugar de observación" ha sido sólo recientemente formulada en la física moderna, sin embargo es bien conocida por cualquier estudiante de misticismo. El conocimiento místico no puede obtenerse sólo mediante la observación, sino que requiere la plena participación de todo nuestro ser. Así el concepto de "partícipe" es algo crucial en la visión oriental del mundo, y los místicos orientales lo han llevado al extremo, hasta un punto en que el observador y lo observado, el sujeto y el objeto, no sólo son inseparables sino que llegan a hacerse indistinguibles. Los místicos no se conforman con una situación análoga a la que se da en la física moderna, donde el observador y lo observado no pueden ya separarse, pero todavía se distinguen, sino que van mucho más allá, y en la meditación profunda, llegan a un punto en el que la distinción entre observador y observado deja de existir, un punto en el que sujeto y objeto se funden en un todo indiferenciado y unificado. A este respecto dicen los Upanishads: Cuando existe la dualidad uno ve al otro, huele al otro y saborea al otro... Sin embargo citando todo se ha hecho uno, ¿A quién se podría ver? ¿A quién se podría oler? ¿A quién se podría saborear?” [10: 57]

Como se puede apreciar, Capra es partidario de eliminar las distinciones entre sujeto y objeto y sustenta una analogía muy profunda entre las observaciones cuánticas, sujetas a un riguroso protocolo de replicabilidad y a la consideración exhaustiva de las variables que puedan condicionar los resultados a partir de interacciones físicas

conocidas, con los procesos de meditación mística que pertenecen al orden subjetivo y están sujetas a interpretaciones muy distintas. **Es bueno tener presente, en este sentido, que el entrelazamiento cuántico y otras particularidades de la física subatómica son, a pesar de su grado de contraintuitividad, verificables y totalmente independientes de la condición mental del observador que tome nota de ellas.**

Hacia un “relacionismo” de base científica o no místico

La puesta al día de estas ideas implica, además de un territorio de pensamiento contraintuitivo, algunas certezas básicas sobre las cuales construir conocimiento genuino:

A- Efectivamente, la mecánica cuántica no es determinista, pero no debemos confundir indeterminismo con azar. Los procesos cuánticos y sus efectos específicos corroborados experimentalmente, como el entrelazamiento y la posibilidad de la teleportación, siguen reglas probabilísticas de plena vigencia en el universo no macroscópico. La indeterminación, incluso, no es incompatible con la aplicación de marcos predictivos de tipo probabilístico, y de hecho, el entrelazamiento y lo que Einstein llamaba “acción fantasmal a distancia” habilita posibilidades específicas de predicción que operan de una manera que podríamos calificar como determinista; toda vez que dos partículas subatómicas están entrelazadas, la medición de atributos como la polarización o el espín muestra resultados correlacionados que no admiten excepciones en su aplicación.

B- Así como existe la indeterminación en el mundo microscópico, las leyes deterministas siguen siendo utilizadas para abordar las explicaciones del mundo no subatómico o macroscópico, estableciendo una suerte de discontinuidad que solo puede ser comprendida en términos sistémicos. De este modo, podemos corroborar que las leyes de gravedad de Newton, por ejemplo, a pesar de las peripecias planteadas por Schrödinger y quienes lo siguieron, continúan operando en el mundo no subatómico con la misma impronta determinista de siempre. Lo que designa el principio de escala comentado más arriba, es, precisamente, esta convivencia de sistemas no deterministas y deterministas cuyas leyes operan en distintos planos de la realidad que analizamos.

C- Esta convivencia a la que hacemos referencia tiene, además, implicancias sobre la idea de básica de libre albedrío; en la medida en que nuestros actos están sujetos a un determinismo estrecho, se torna cuestionable la noción de libertad personal y del uso de aquello que llamamos conciencia en nuestros actos cotidianos. Respecto de esta última cuestión, incluso, los actos volitivos pueden explicarse en función de las interacciones químicas y físicas sujetas a un tipo de indeterminación que no afectaría los niveles macroscópicos de aquello que llamamos mente.

D- Aunque la física actual pueda comprobar que el universo subatómico está conectado de una manera inesperada y en gran parte inaceptable (Einstein, como

comentamos, no creía en las aristas no deterministas del entrelazamiento representadas por la Escuela de Copenhague), no resulta necesario darle a esta corroboración un alcance místico, subjetivo o intrapsicológico. Dicho de otro modo, aunque la ontología del mundo cuántico sea no determinista, los protocolos experimentales mediante los cuales se lo estudia no tienen que pertenecer a esa categoría. Justamente, la potencia de las aseveraciones cuánticas sobre la indeterminación, su persistencia como parte de una teoría consistente, depende fuertemente de su replicabilidad en diferentes escenarios y su autonomía respecto de la psiquis del observador. **Lo que en definitiva el entrelazamiento prueba es que el observador y lo observado forman parte de un sistema autocoherente e indisociable, no que el observador cuántico puede influir a voluntad sobre aquella realidad que estudia.**

Podríamos decir que está de moda proclamarse “relacionistas” en el ámbito de las ciencias sociales y también en el de las ciencias duras, aunque esta posición tiene distinto alcance según el ámbito al que se aplica. Como han sostenido Lozares y otros investigadores del Análisis de Redes Sociales:

“Siguiendo la lógica implícita de la perspectiva de las Redes Sociales, los agentes no se constituyen, en primera instancia, como entidades sociales a través de sus atributos ‘sociales’ (o variables) sino por sus vínculos relacionales. Es la relación entre ellos y su contextualización también relacional lo que confiere a los agentes, que además pueden ser intencionales, su identidad social. Las relaciones directas e indirectas entre agentes, y en conjunto todo el tejido relacional, son al mismo tiempo el contexto de la acción de los agentes, la base de sus recursos, el objeto de sus representaciones y el ingrediente fundamental de su identidad social. En este supuesto simple radica la concepción que se ha venido llamando relacionismo opuesta a una visión atomista de la realidad social.” [14: 1]

Sin embargo, este “relacionismo” aplicado al mundo subatómico alcanza nuevas implicancias a partir de la corroboración de los supuestos cuánticos en general y del entrelazamiento en particular, ya que podemos hacer mención de él en un doble sentido; por un lado, las partículas pueden entrelazarse entre sí aunque medien distancias enormes; por el otro, el mismo observador aparece de algún modo “entrelazado” con las partículas estudiadas en la medida en que el mero hecho de medir algunas de sus propiedades condiciona regularmente los resultados obtenidos.

Esta perspectiva no es incompatible con la indeterminación, sino que se potencia a partir de ella.

Aplicado al mundo macroscópico, este principio sigue teniendo tanta relevancia como antes de la irrupción de la acción fantasmal a distancia, es decir, las interacciones están sujetas a las conexiones de causa-efecto abordadas tanto por la física clásica como por la relativista, y no excluyen al caos determinista en sus alcances.

Finalmente, parece que no es necesario adoptar una posición mística para ser conscientes de nuestro estrecho vínculo con todo lo que nos rodea. Al menos podríamos decir que no es necesario asumir un misticismo religioso para hacernos cargo de ellas en el largo plazo. El mundo subatómico puede estar misteriosamente relacionado y hasta de maneras que no entendemos, pero eso no implica, como postulan algunas corrientes *New Age*, que estas interrelaciones obedezcan al influjo de nuestra voluntad o estén sincronizadas con nuestro estado de ánimo o visión del mundo.

Bibliografía y links citados

[1] Amir D. Aczel. 2002. *Entanglement*. Four Walls Eight Windows.

[2] <http://lacienciaahora-bene.blogspot.com.ar/2012/09/entrelazamiento-cuatico.html>

[3] https://es.wikipedia.org/wiki/Entrelazamiento_cu%C3%A1ntico

[4] <https://actualidad.rt.com/ciencias/189297-einstein-equivocado-entrelazamiento-cuántico-real>

[5] <http://www.abc.es/20120501/ciencia/abci-cambio-pasado-201205010937.html>

[6] Laplace P. S., 1814. *Essai philosophique sur les probabilités*. Traducido al español en: 1985, *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Alianza, Madrid.

[7] <https://profesorhariseldon.wordpress.com/sobre-hari-seldon/>

[8] Patarroyo G., C. G. , 2008. Indeterminación cuántica, libertad y responsabilidad. *Quantum indeterminacy, freedom, and responsibility*. Ideas y Valores 27–57.

[9] <http://mitosytimos.blogspot.com.ar/2013/12/charlataneria-cuantica.html>

[10] Capra, Fritjof. 1975. *El Tao de la Física*. Boulder, Colorado: Shambhala.

[11] Honderich, T. “Determinism as True, Compatibilism and Incompatibilism as False, and the Real Problem”, en Kane 2002: 461-476.

[12] Kane R. 2007 "Libertarianism". En: Fisher, J., Kane, R., Pereboom, D. & Vargas, M. *Four Views on Free Will*. Massachusetts-Oxford: Blackwell Publishing, pp. 5-43.

[13] Reynoso, C. 2006 *Complejidad y caos: una exploración antropológica*. Editorial Sb, Colección Complejidad Humana, Buenos Aires, 448 pp.

[14] C. Lozares, Teves L, Muntanyola D., 2006. Del atomismo al relacionismo: la red sociocognitiva como paradigma de cambio en la concepción de lo social y de la cognición. *Redes Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*. Vol 10. Universitat Autònoma de Barcelona.