

Refutando Inconsistencias y malentendidos cuánticos. Reflexión crítica en torno a las malas interpretaciones sobre un experimento.¹

*Sergio Barrera R.*²

*Nicolás Pérez.*³

1 Texto exclusivo de segunda edición

2 FMCC, México; Universidad Minuto de Dios, Bogotá Colombia. sbarrerar1@uniminuto.edu.co

3 UNSE | Universidad Nacional de Santiago del Estero

Resumen

A lo largo del texto se hace una exposición detallada de temáticas y argumentos necesarios para ejecutar un análisis crítico en torno a los contenidos de varios artículos acerca del experimento “Experimental rejection of observer-independence in the quantum world”. Dentro del apartado (3) se exponen brevemente algunas de las problemáticas elementales que presentan los artículos que son objeto de crítica, asimismo en (3.2) se halla una tabla organizada con los fragmentos específicos que se van a tratar de los mencionados artículos. En el apartado (4) se lleva a cabo una exposición detallada de las implicaciones epistemológicas y ontológicas que surgen como consecuencia de las afirmaciones de la tabla en (3.2) y se argumenta su inviabilidad. En este orden de ideas, a partir del punto (5) se hace una caracterización y claridad en torno a la noción de “lo-real” tomando como referente un texto del filósofo Ian Hacking, esto con el fin de contraargumentar ante la manera artesanal y mal empleada del término “realidad” en los artículos divulgativos expuestos a crítica. En el punto (6) se expone resumidamente el contenido del paper original. Con todo lo anterior, a lo largo del punto (7), que cuenta con 4 subtítulos, se detallan descripciones y explicaciones referentes a los detalles técnicos de la mecánica

cuántica que deben tenerse presentes, para entender, interpretar y reflexionar adecuadamente el problema específico en torno al cual se desarrolla la malinterpretación de los artículos divulgativos; además, cumple el fin de ofrecer al lector un recurso teórico más profundo del tema y generar claridad conceptual. Este apartado cuenta con detalles técnicos de suma importancia para la construcción final del argumento acá desarrollado. Finalmente, en el apartado (8), se desarrolla una explicación que sintetiza los aspectos principales de los ejes epistemológico y físico-técnico en los puntos anteriores, así expone el problema y su contraargumento de una manera más global, para pasar con claridad a la discusión y conclusiones del punto (9).

2. Introducción

Cientos de artículos basados en estudios de diversa índole se difunden en medios masivos de comunicación. Esto puede tener distintos tipos de impacto y alcances sobre los lectores que consideran a estos medios fuentes fidedignas de información. Este texto no trata tanto sobre pseudoestudios en sí mismos, como si sobre las interpretaciones inadecuadas que de las investigaciones científicas se hacen y difunden en diversos medios de comunicación, sobre todo medios digitales; apuntando una reflexión crítica

sobre lo que se ha dicho de un paper en particular “ Experimental rejection of observer-independence in the quantum world”.. El propósito final es incentivar al lector la investigación autodidacta en torno a los artículos o noticias sobre temas científicos mediante revisiones sistemáticas de las fuentes originales; la disertación teórica con enfoque epistemológico y físico-teórico, la comparación entre los resultados y conclusiones que los medios de divulgación exponen en contraste con el contenido original de los estudios y los antecedentes que se dicen revisar en este tipo de publicaciones. Finalmente promover el rechazo académicamente justificado a la desinformación mediática. La información, especialmente la referente a datos científicos y teóricos, debe ser seleccionada sistemática y cuidadosamente, el filtro para esa selección sólo se forma teniendo claridad conceptual y argumentativa en torno al tema particular abordado, recursos que en este ensayo nos hemos esforzado por brindar al lector.³ Características de los artículos criticados “Experimento muestra que existen 2 realidades diferentes al mismo tiempo”. Artículos con este título o similares aparecieron este año en varios medios de difusión digitales. Entre ellos: pijamasurf, elciudadano.com, ecoosfera.com, entre otros. Los principales inconvenientes con las publicaciones que se hicieron en estos medios radican en cuatro ejes. Mala extrapolación de los resultados. Se exponen inferencias e ideas que bien parecen ser producto de un Non sequitur (conclusiones que no corresponden con las premisas). Por ello, se extraen conclusiones con consecuencias “teóricas” fuera de lugar. Se omiten las fuentes (los papers) originales. En este artículo particularmente, se omiten completamente las fuentes, ni siquiera hay citas en ninguna de las normas vigentes -como la APA- para realizar citaciones reglamentarias; a diferencia del anterior, en este otro se adjuntan dos fuentes (1, 2), sin

embargo, ninguna de ellas corresponde con una fuente técnicamente confiable¹, las dos son fuentes secundarias que han hecho sus propias interpretaciones de los resultados originales, ergo, es un efecto dominó de malas interpretaciones que se alejan progresivamente de los contenidos en las fuentes primarias; por último, éste también carece de referencias primarias, pero cita el artículo del MIT Technology Review, que tampoco es una fuente primaria pero se toma como tal, además ha sido mal interpretado. No se discuten los datos técnicos (estadísticas, fórmulas, diseños experimentales), porque si 1 y 2 se cumplen, estos medios no acuden con la información completa para realizar sus entradas, no se hace una revisión del artículo original, y si se hace parece que sólo se remiten a las conclusiones experimentales, o simplemente extienden con ideas ajenas e inadecuadas los fragmentos de datos, interpretaciones secundarias y otros contenidos que no dotan a estos artículos del criterio necesario para extraer consecuencias como las que extraen, y que en este texto se expondrán a examen. La especulación arriesgada ante un pésimo o nulo dominio de temas científicos y filosóficos.

3.2 Tabla de enunciados

En la siguiente tabla se exponen las afirmaciones e interpretaciones de algunas de las fuentes mencionadas anteriormente.

¹ A pesar de que la publicación en revistas indexadas de alto impacto no sea garantía de conocimiento científico propiamente dicho, ni siempre sea sinónimo de calidad debido a consideraciones particulares acerca de los indicadores de “alto impacto”, siempre resulta mucho más confiable, al menos para este tipo de revisiones, recurrir a artículos publicados en revistas científicas preferiblemente indexadas.

Fuente # 1	Fuente # 2	Fuente # 3
<p>A1) “De cualquier manera, nos dejan en un universo extraño: ya sea un universo que depende de nuestra conciencia observadora, un universo determinista o un universo donde las cosas están conectadas a distancia.” (Pijamasurf, 03, 24, 2019). Experimento muestra que existen 2 realidades diferentes al mismo tiempo. Recuperado de, link</p>	<p>B1) “La física cuántica está haciendo hallazgos que cambiarán radicalmente tu concepción del mundo.” (Ecoosfera, 03, 26, 2019). Es posible: 2 realidades pueden coexistir simultáneamente (filosofando con física cuántica). Recuperado de, link</p>	<p>C1) “Pero entonces, ¿vivimos un mundo irreal y de posverdades? Algunos neurocientíficos coinciden en que la realidad es una construcción de nuestro cerebro, es decir, de nuestra percepción y nuestras capacidades cognitivas que modelan el mundo.” (Ecoosfera, 03, 21, 2019). Es posible: La realidad no existe a nivel cuántico (¿alguna duda de que todo es una creación colectiva?). Recuperado de, link</p>
<p>A2) “Así que Wigner y su amigo tendrán dos realidades objetivas coexistentes.” (Pijamasurf, 03, 24, 2019)</p>	<p>B2) “Pero cada vez hay más pruebas de que lo que concebimos como realidad podría ser algo muy diferente.” (Ecoosfera, 03, 26, 2019)</p>	<p>C2) (Este es uno de los que menos sentido tiene) “Que la realidad no existiese podría convertirse en una verdad universal, aunque tan frágil como cualquier hecho objetivo puede llegar a serlo en un mundo de múltiples verdades, donde los hechos no pueden dissociarse de los procesos individuales y colectivos (o visibles y cuánticos).” (Ecoosfera, 03, 21, 2019).</p>
<p>A3) “Los físicos lograron construir un experimento de seis fotones entrelazados para crear dos realidades alternativas.” (Pijamasurf, 03, 24, 2019)</p>	<p>B3) “Asimismo, las concepciones científicas sobre lo que es el espacio-tiempo están cambiando. Antes podríamos haber asegurado que el espacio que habitamos es tridimensional, mientras que el tiempo avanza linealmente. No obstante, semejantes aseveraciones parecen ahora, a la luz de la física cuántica y otros avances científicos, demasiado deterministas.” (Ecoosfera, 03, 26, 2019)</p>	

Fuente # 1	Fuente # 2	Fuente # 3
A4) “El experimento produce un resultado perturbador: ambas realidades coexisten” (Pijamasurf, 03, 24, 2019)	B4) “Dado que en la física cuántica la realidad depende del observador, el sistema cuántico seguirá teniendo dos estados –dos realidades– hasta el momento en que sea medido.” (Ecoosfera, 03, 26, 2019)	
	B5) En términos sociales, el pensar en realidades simultáneas podría contribuir a nuestra evolución. Porque de esta forma podríamos construir un mundo más allá de verdades monolíticas, sustituyéndolo con la riqueza de la diversidad y pluralidad que caracteriza a la vida en general. En este sentido es curioso pensar que no todas las culturas han concebido de la misma manera algo tan complejo como la realidad, ni tampoco el espacio-tiempo donde ésta se sucede. (Ecoosfera, 03, 26, 2019)	
	B6) “Para los pueblos originarios, por ejemplo, el tiempo no es lineal, sino cíclico, como lo son también los cultivos. Esto los hace organizarse colectivamente de maneras muy distintas a la nuestra, así como generar un pensamiento único en el cual rara vez se presentan perspectivas deterministas o reduccionistas. De esta rica cosmovisión surge un principio que rige su existencia: el buen vivir.” (Ecoosfera, 03, 26, 2019)	

4. Aproximación crítica en torno a las implicaciones epistemológicas y ontológicas.

Una primera aproximación intuitiva a este apartado puede abordarse efectuando un análisis sobre algo tan adscrito al sentido común como los hechos cotidianos. -Mientras escribo este párrafo hay frente a mí una parlante de sonido- ¿y cómo puedo dar cuenta racionalmente de que eso es así? ¿cómo es que lo sé? Para responder a ello basta con remitirse a una explicación que no exceda los mecanismos físicos descritos por la mecánica clásica y aspectos específicos de la percepción sensorial.

Hay un foco de luz en esta habitación y parte de los rayos de luz que emite (energía electromagnética radiante compuesta por fotones) se propaga en dirección al parlante de sonido, ergo, este último refleja esa luz, y a su vez, parte de esa luz que incide sobre la superficie del parlante entra en mis ojos. Esta energía lumínica en impulsos continuos cruza los conductos dióptricos y refringentes del ojo y alcanza la retina, donde pasa a convertirse en señales eléctricas mediante procesos bioquímicos de fototransducción, esto implica una serie de cambios iónicos en el potencial de la membrana de los fotorreceptores mediados por GMPc y Na⁺ evento que da lugar a la hiperpolarización de conos y bastones. Tal sucesión de eventos da lugar a un patrón de potenciales de acción (Prado, Camas, Sánchez, 2006) que al llegar a corteza visual generan la imagen-percepción del parlante (palabras más, palabras menos, esto corresponde al estado de ver o percibir el parlante).

En principio, la física (y la ciencia en general) está comprometida con la idea de que este tipo de explicaciones tienen un correlato en el mundo real, que las cosas suceden de una manera o tiene unas regularidades objetivas o en mejores términos “independientes del observa-

dor” y que el conocimiento científico describe esos hechos con cierto grado de exactitud perfectible pero epistemológicamente privilegiado respecto de otras formas de conocimiento no científico; la reflexión de la luz sobre los cuerpos es un hecho que no depende de la intervención cognoscitiva humana y los procesos-mecanismos bioquímicos y físicos implicados en la percepción también lo son. Para que este supuesto tenga sentido esos conocimientos deben ser consistentes a la luz de la física fundamental, es decir, el proceso de fototransducción no podría ser considerado una explicación coherente con tal compromiso si en principio no respeta principios y leyes fundamentales, pues, aunque la percepción como fenómeno en sí mismo no sea reductible a los mecanismos físicos que lo permiten o de los que subyace, deben poderse explicar las partes y procesos que tienen una relación mereológica con la percepción y asimismo la permiten. Pues bien, el problema de medida como lo están entendiendo en #1,2 y 3, surge para poner en “tela de juicio” de una forma burda esa suposición básica, ese compromiso ontológico realista elemental, de que la realidad y asimismo cada fracción que de ella se aborda por cada disciplina y desde distintos niveles de análisis sea de una sola manera consistente y predefinida.

A su vez, esto tiene como consecuencia obvia, sostener la idea de que la ciencia no pueda ofrecer descripciones (enunciados de ley, entre otros), ni explicaciones¹, que refieran a una realidad única que es de una manera, y que está allí, siendo susceptible de ser cognoscible a través de eso que llamamos “conocimiento científico”. Negando a su vez que las teorías puedan contener adecuación empírica alguna. Viéndolo así, cualquier abordaje hipotético deductivo no tendría ningún sentido,

2 Conjunto de conocimientos sistemáticos y teóricos que dan sentido a las descripciones y a los datos e información obtenida como resultado de los procesos de investigación mediante teorías, modelos y otros.

el principio de falsabilidad y el falsacionismo (cosas distintas) aún menos. La deducción en la ciencia estaría totalmente mandada a recoger, pues, por poner un ejemplo; los modelos teóricos predictivos acerca de las propiedades de los agujeros negros no tendrían consistencia interna siquiera, tampoco estarían describiendo nada que corresponda con una realidad, o una realidad que los científicos presuponen es así y de ninguna otra manera que dependa del marco de referencia de su observación.

Los datos obtenidos por el Event Horizon Telescope (EHT) no tendrían ninguna relación-correspondencia con los modelos teóricos, o al menos “parcialmente”, pues si se entiende el problema de medida como lo entienden en Pijamasurf, et al, habría “otra” realidad por descubrir-describir-explicar de ese mismo objeto (agujero negro), que “muta” en función de la disposición o de la consciencia que acceda experiencialmente al fenómeno.

En consecuencia, eso que observamos en la imagen obtenida sería sólo una de diversas posibles evidencias empíricas obtenibles en diversos “mundos simultáneos”, esto también se puede extrapolar aún peor, a la idea de que la ciencia no describe sino una de múltiples realidades y cada opinión sobre las cosas tendría un mismo grado de “validez”. Esto permitiría inferir como legítimo cualquier discurso, sea o no científico que presume de hacer “descripciones” de las otras posibles “realidades simultáneas” en torno a una misma cosa; un ente descrito en un enunciado puede ser y no ser de una manera simultáneamente, esto a su vez implica la violación del principio de no contradicción ontológico² y del principio de identidad. Ya no sería entonces, un “inocente” relativismo gnoseológico que está presente de forma implícita en esos artículos, aún peor, un relativismo

³ En su versión ontológica, el principio de no contradicción indica que nada puede ser y no ser al mismo tiempo y en el mismo sentido.

ontológico, que consecuentemente resulta consistente con el gnoseológico. Esto genera ideas con consecuencias insostenibles y contradictorias. Lo que implica no es “simplemente” que la “verdad”, legitimidad o conjunto de propiedades epistemológicas de los enunciados teóricos dependan del marco de referencia de su examen y formulación, va más allá, e implícitamente defienden la idea de que la realidad -per se-, lo que son los hechos, se modifica “a nivel cuántico” obedeciendo caprichosamente a algún tipo de mecanismo extraño que, a un observador le muestra una cosa mientras que a otra “consciencia” le muestra otra cosa diferente de forma simultánea en el tiempo respecto de un mismo objeto de estudio u observación; “dos realidades coexistentes”.

Se advierte como mezcla las nociones de sistema físico clásico, sistema cuántico, y algunas cuestiones filosóficas de una manera confundente e incluso irresponsable. Claro que, todo esto es una manera de ilustrar lo problemático que puede llegar a ser tomarse en serio las conclusiones a las que llegaron muchos de los autores de los artículos relacionados al experimento. Por otro lado, eso no sería tan descabellado si al menos se tomaran la molestia de definir “realidad” y los demás conceptos que se entrecruzan. Si las implicaciones anteriores ya suenan bastante problemáticas, otras como las que podemos inferir de B6 y B5 podrían sugerirnos la extrapolación de estas ideas a ámbitos ajenos, donde no sólo se comete un significativo error epistemológico, sino, además, social, político y cultural. Otras simplemente no concluyen que existen dos “realidades” simultáneas, sino que sencillamente niega la realidad en sí. La fuente 3 (Ecoosfera), no se queda atrás respecto a realizar afirmaciones producto de la interpretación forzosa y la mezcla inconsistente e incompatible entre conceptos. C1 y C2 se hacen con base en el mismo experimen-

to, pero son inconsistentes con B1-B5, pues las primeras implican la negación ontológica, sin embargo habla de “múltiples verdades”, entonces, si la verdad la entendemos, grosso modo, como el resultado de la propiedad relacional entre enunciados hipótesis y enunciados dato-evidencia (obtenidos precisamente de la experimentación-intervención en la realidad), hablar de verdad ya implica entonces presuponer que hay una realidad con la cual comparar los enunciados que pretenden describirla, en función de una correspondencia. Mientras que las segundas, como ya se explicó, apuntan a un problemático relativismo ontológico. Es decir, a pesar de que en la misma página web se realizan dos artículos acerca del mismo experimento, los dos concluyen cosas diferentes y además se contradicen dentro de sí mismos, como sucede entre C1 y C2 (internamente inconsistentes), y se contradicen entre C y B. Adicionalmente, C contradice algunos aspectos de todo A, que, aunque sea un texto de otra fuente, trata sobre el mismo tópico mal abordado. En todo esto, sobre todo en A1, B5, B6 y C1, se puede extraer la tesis de la “Validez igual”, adaptada a la fuerza en estos artículos.

Ésta no es más que una forma de englobar ciertos discursos relativistas acerca de los hechos, una perspectiva filosófica o clase de «relativismo posmoderno» general, en la que se inscribe la idea de que hay “muchas maneras igualmente válidas de ver el mundo”; es decir, este relativismo teórico o epistemológico implica afirmar que no hay una versión objetivamente más adecuada que otra acerca de cómo son las cosas. Si el vasto número de autores que defienden este tipo de discursos, tuviesen razón con tales tesis, y si con ello tuviesen razón en alimentar una desconfianza radical hacia la ciencia y un escepticismo gnoseológico radical, no sólo estaríamos cometiendo un error filosófico pertinente para un reducido número de especialistas de la

teoría del conocimiento; peor aún, nos habríamos equivocado de plano en la identificación de los principios que deben regir la organización social y muchos otros asuntos significativos en diversas esferas humanas, pues de no poderse afirmar con seguridad que algún enunciado o proposición se aproxime por mejores propiedades epistemológicas más que otro a describir cómo son las cosas, porque cualquier concepción sobre lo real es igual de “válida” incluidas las contradictorias (violando el principio de no contradicción ontológico y a su vez el referido a las proposiciones) entonces se estaría impidiendo la discusión racional y la toma de decisiones correctas sobre cualquier ámbito humano que trasciende a lo científico (Boghossian, 2009; Negrete, 2018; Moulines, 1991).

Merece, en consecuencia, especial urgencia presentar argumentos críticos acerca de estas tesis, y para empezar, generar reflexiones críticas en torno a los argumentos que persuaden desconfianza y escepticismos radicales respecto del privilegio epistemológico del conocimiento científico, pues desde luego, el relativismo acá descrito resulta pernicioso y aparentemente convincente para los incautos cuando se refiere al asunto de la verdad. Asimismo, como recalcan Negrete (2018) y Moulines, (1991) el relativismo epistemológico extremo incurre en una autocontradicción, pues si él mismo se postula como posición más correcta que sus alternativas, capaz de dictaminar algo sobre el conocimiento, verdad o falsedad, ergo, no tiene sentido en sí mismo, cuando consiste precisamente en defender que no hay posibilidad de decisión justificada sobre ninguna creencia. Asimismo, con respecto a los relativistas sociológicos (que adscriben a las tesis del relativismo epistémico-teórico pero poniendo énfasis en la cultura productora del saber), descritos por Moulines (1991) defender la relatividad social de la validez del conocimiento científico

es simplemente la manifestación de un pasado filosófico “arcaico”; una especie de “fósil” epistemológico, que, según ellos está “bien justificado” desde su programa filosófico, pero que en realidad lleva a la consecuencia de que los relativistas sociológicos, si en verdad son coherentes consigo mismos, caen en una incoherencia metodológica y epistemológica difícil de solventar (Moulines, 1991). Estas son las posiciones de autores recientes tales como Latour, Woolgar, Mulkay, Knorr, Rorty, entre otros. Por exponer otra muestra de esto, de acuerdo con Boudon (1998), autores como Bruno Latour, expresan que no sólo es posible explicar los mismos hechos científicos en muchas formas incommensurables, sino que los hechos mismos deben considerarse como ilusiones significativas y sociales; los datos científicos deben ser considerados como datos producidos artificialmente y que los científicos consideran como “verdaderos”; niegan entonces un compromiso ontológico que implique una realidad-hechos independiente de las representaciones que de ello se hagan; pues si no puede haber representación más adecuada que otra, ergo, tampoco habrá una realidad con la cual poder contrastar las representaciones (conocimientos) para determinar en el producto de tal contraste una superioridad explicativo-descriptiva.

En ese sentido, para los científicos las teorías alcanzan una coherencia entre sus teorías y la realidad, pero desde la perspectiva descrita, esa correspondencia o adecuación entre enunciados no se trata de más que una ilusión. Lo anterior describe la íntima relación entre relativismo gnoseológico-epistémico y relativismo ontológico. Se puede explicar, además, lo siguiente: Para que cualquier enunciado teórico sea “equal validity” en términos de Boghossian (2009) es necesario que todos los métodos a través de los cuales estos enunciados- datos, etc., fueron extraídos, también sean enten-

didados como igualmente válidos respecto a otra serie de métodos, lo que también implicaría un relativismo metodológico que haría parte de la relación de dependencia entre el gnoseológico-teórico y el ontológico. En este orden de ideas, la validez o propiedad epistemológica de verdad-falsedad de los enunciados acerca de las cosas del mundo, no puede ser designada jerárquicamente y ninguna condición es indicador suficiente de superioridad gnoseológica. Entonces, este tipo de posturas implican un cortocircuito a la misma posibilidad de conocer. Precisamente, esto puede deducirse, de seguir la línea la siguiente línea de pensamiento: en resumen -si cualquier método es válido, entonces el producto obtenido de cualquiera de ellos será válido (relación mereológica entre tipos de relativismo) a1 “Todo vale” en cuanto al método científico; a2 – “Todo vale” en cuanto al producto científico (Bernardo, 2003).

5. Desambiguación de “lo real”

Como consideración preliminar, Hacking se pregunta ¿después de todo qué quiere decir lo-real? J.L Austin (citado en, Hacking, 1996) responde, dándole relevancia al lenguaje ordinario este autor argumenta que a menudo nos regodeamos con definiciones problemáticas que, enredan el problema y no arrojan un entendimiento de lo que se dice al respecto. En el capítulo 7 de sus conferencias “sense and sensibilia” escribe acerca de la realidad que usos en el lenguaje popular como -no es realmente una crema- no deben ser subestimados, esta s su primera regla metodológica, la segunda es no buscar un único significado especificable siempre de la misma manera, sugiere no buscar sinónimos y sí la búsqueda sistemática de regularidades en el uso de la palabra. De acuerdo con Hacking (1996) son dos las observaciones de Austin respecto del termino “verdad” los que más merecen su atención, la prim-

era observación es que la palabra “real” está ávida de sustantivos y nombres. De sustantivos porque “eso es real” requiere un sustantivo para ser comprendido adecuadamente -esto es realmente un videojuego-, -esto es realmente un gaming pc-. Lo que decimos que es realmente un videojuego se refiere tal vez a algo que no se trata de un producto de calidad que culpe unos estándares unos criterios que lo demarcan como realmente un videojuego. Otro ejemplo, el cuero real es piel, no imitación sintética de piel con base en poliéster. Distinguir algo que es “un videojuego real” deriva y depende del hecho de que existe un “videojuego no real o no realmente un videojuego”; por ello “lo real” está ávido de sustantivos tanto negativos como positivos, pues está conectado con estos mismos para darle sentido. También interfiere el contexto, un Smartphone real en determinados contextos es algo que no es un juguete, en otros, algo que no es una imitación de una marca, en otros algo que no es puramente decorativo. Esto no es porque la palabra “real” sea ambigua, dice Hacking, sino porque si algo es un N real depende del N en cuestión.

En este sentido, “real” desempeña una misma función, pero es necesario determinar cuál es el N para asimismo determinar su función. Lo importante es que la palabra “real” no tiene un significado ambiguo, que esté entre (cromatina real, carga real, voltaje real y crema real). Una razón importante para insistir en esta explicación gramatical (que para el lector pueda parecer tediosa, pero es necesaria) es desalentar la opinión común de que, debe haber diferentes clases de “realidad” sólo porque la palabra se utiliza de múltiples maneras; es decir, evitar el uso de un análisis gramatical superficial, para concluir, -erróneamente- que hay diferentes tipos de realidad. Otra cosa importante (Consideración 0), también es entender que N, es algo que está ahí en el mundo, independientemente del uso gra-

matikal que se haga de éste; de si es “un producto original” en un contexto determinado, o es “una copia barata” en otro; N per se, no depende el marco de referencia de su examen, o en términos generales, de la intervención cognoscitiva humana. Si las entidades teóricas son o no reales, ¿cuál es el contraste que se hace? (Hacking, 1996, pág. 52). John Smart (citado en Hacking, 1996) argumenta al respecto. Sí, dice Smart, “real” debería marcar un contraste. No todas las entidades teóricas son reales. Y volviendo al contexto de la actividad científica, abandonando el de los “realmente videojuegos”. Las líneas de fuerza, a diferencia de los electrones, son ficciones teóricas. Esta mesa sobre la que tengo el monitor del computador está compuesta de electrones, etc., en el sentido en que esta pared está compuesta de ladrillos. Un enjambre está formado de abejas, pero no hay nada que esté formado de líneas de fuerza. Hay un número definido de abejas en un enjambre y un número definido o definible de electrones en una motherboard, pero no hay un número definido de líneas de fuerza en un volumen determinado; sólo una convención nos permite contarlas.

Entonces, la palabra “real” marca una distinción importante, en la concepción de Smart, las líneas de fuerza magnética no son “reales”, son una herramienta intelectual-heurística que nos facilita la elaboración de descripciones, enunciados de ley y teorías para hacer inteligible algún aspecto de los fenómenos físicos, pero sin correlato físico directo u ontológicamente objetivo en el mundo. Faraday, por otro lado, argumentó que las líneas de fuerza sí son reales “No puedo concebir líneas curvas de fuerza sin la condición de existencia física en ese espacio intermedio” Michael Faraday (citado en Hacking, 1996). Se dio cuenta de que es posible ejercer una presión en las líneas de fuerza, ante lo cual concluye, si se puede ejercer presión en ellas (intervenir sobre la entidad), ergo, tienen exist-

encia física. Esto no demuestra que smart esté totalmente equivocado, nos recuerda empero, que algunas concepciones físicas de la realidad van más allá del nivel simplista de la construcción de ladrillos. Actualmente, concebimos la existencia física de las cosas, de una forma más sofisticada y compleja que como “átomos - semejante a ladrillos”, pero nada de esto implica negar la consideración 0 hecha anteriormente.

6. Exponiendo el paper original.

Para contextualizar a grandes rasgos, en este punto se debe partir de algunos conceptos y supuestos elementales. La mecánica cuántica tiene por referencia sistemas físicos, o partículas; en este caso la función de onda permite un modo indirecto de medida que es el tipo de medida propio de la mecánica cuántica, a diferencia de la clásica que utiliza generalmente modos directos. Básicamente, la función de onda (Ψ), una función usualmente compleja de cuadrado integrable y univaluada de las coordenadas espaciales de cada una de las partículas.

Nos permite, en palabras sencillas, conocer la propensión que tiene un sistema físico a adquirir determinados estados en el tiempo y el espacio, éste no mide a las ondas directamente, sino a partículas a través de ondas. La ecuación de Schrödinger proporciona una ecuación de tipo determinista (hay otras para otros casos en el mismo contexto) que facilita la descripción de la evolución temporal de partículas subatómicas (el estado físico del sistema en el intervalo comprendido entre dos medidas) masivas de naturaleza ondulatoria y no relativista. O sea, determinar-conocer con amplia exactitud el estado que una partícula asume en un tiempo dado y en el espacio. Por otro lado, fue Born quien le dio a la función de onda una interpretación probabilística, y por tanto diferente de la que De Broglie y Schrödinger le habían dado.

Vale aclarar, además, que la relación entre el aparato de medida y el sistema a medir no forma parte de la mecánica cuántica en sí, y debería ser estudiado por la teoría cuántica de la medición de forma separada (Comunicación personal, Nicolás Pérez 28/04/2019) El experimento realizado este año, se trata de una versión sofisticada llevada al ámbito del laboratorio, del experimento mental planteado por Eugene Wigner; el ganador del nobel, en 1961 expuso un planteamiento denominado “el amigo de Wigner”. Para no entrar en detalles exhaustivos innecesarios, consiste en imaginar a un par de sujetos “observando” un fotón, cuando uno de los dos mide la partícula en un laboratorio la polarización de ésta puede ser horizontal o vertical y cada estado tiene la misma probabilidad de ser asumido al ser medido. Antes de la intervención de la medida el fotón presenta ambos estados de polarización por superposición de estados posibles. Una vez ésta es medida asume uno de los estados posibles (un fenómeno análogo al del experimento de la doble rendija).

El hecho, para ser breves con esta parte -que no resulta muy relevante para esta disertación- se instalaron dos laboratorios y se introdujeron dos pares de fotones entrelazados, y en este caso no son dos sino cuatro “observadores” en el escenario experimental, «Alice», «Bob» y un «amigo» de cada uno. Los amigos eran los que estaban ubicados dentro del laboratorio mientras que Alice y Bob se encontraban fuera de éste. Finalmente, los resultados sugieren que los diferentes registros obtenidos por cada “observador” sean inconciliables o incompatibles, pero una cosa es hablar de la incompatibilidad de los datos y otra es decir que los hechos del mundo no pueden ser objetivos o independientes del observador, incluso acá podría considerarse la posibilidad de que los autores hayan hecho declaraciones sugerentes en sus conclusiones, pero, o bien son malas interpretaciones de los

científicos implicados por deficiencia filosófica en sus conclusiones, o bien lo están poniendo en términos hipotéticos en el sentido de que determinadas respuestas tentativas al problema de medida podrían verse beneficiadas empíricamente por el experimento, pero nada de eso es concluyente (Proietti, Pickston, Graffiti, Barrow, Kundys, Branciard, Ringbauer y Fedrizzi, 2019), como podrían hacerlo ver en las fuentes 1, 2 y 3.

7. El problema de la medida en física cuántica y sus respuestas tentativas.

De acuerdo con Lombardi y Vanni (2010) el problema de medida puede comprenderse si partimos de la siguiente pregunta: “¿cómo es posible explicar, en una medición cuántica, el valor definido de los observables del aparato macroscópico, cuando desde el punto de vista cuántico el sistema se encuentra en una superposición de estado” (Lombardi y Vanni, 2010. pág 273). Básicamente refiere a que, cuando se trata del sistema físico cuántico, no se puede estar “seguro” de que lo que se mide es el estado estable y definido del sistema, porque se supone que la partícula sobre la que se interviene en la medición, se halla en un estado de superposición de estados. Con el fin de evaluar lo siguiente, resulta útil volver a enunciar el problema en cuestión, pero esta vez de una manera más resumida, formal o general. En esencia, el problema consiste en que los siguientes tres enunciados son en conjunto incompatibles. “a) La descripción física que provee el vector de estado es completa. b) Los estados cuánticos siempre evolucionan de acuerdo con la ecuación de Schrödinger. c) Las mediciones siempre tienen resultados definidos” (Okon, 2010. Pág 136) La formulación del problema anterior resulta sumamente útil para clasificar y evaluar las alternativas al formalismo cuántico estándar

de John Von Neuman (1932) descrito en detalle más adelante. De forma detallada el problema se explica: suponiendo que en un experimento a) y b) se cumplen o son verdaderos. a) el estado cuántico es completo, es decir que representa de una forma fiel el estado físico del sistema y b) los estados evolucionan de acuerdo a la ecuación de Schrödinger, es decir de manera no determinista y probabilística, pero dado que b) es verdadero, no podría ser el caso de que, en el experimento c) sea verdadero, pues no podría concluirse un resultado definido como éste demanda. A diferencia del ejemplo anterior, si se supone que a) y c) son verdaderos, es obvio que la evolución del sistema no podría estar determinada en todo momento por la ecuación de Schrödinger (como lo dicta b) pues b) lleva estrictamente a que el aparato se halle en un estado de superposición. Finalmente, si se supone b) y c) verdaderos, pues sería una contradicción, pues el estado de superposición carece de la información para determinar cuál fue el resultado definido que se obtiene (Okon, 2010). Las dificultades que plantea este problema han sido abordadas desde distintas propuestas tentativas de solución, incluso algunas interpretaciones se diseñan específicamente para dar una solución al menos conceptualmente admisible. Desde luego es posible hablar con claridad sobre la naturaleza del as partículas elementales, del so modos en que interactúan y de la interpretación estadísticas (Bose-Eisnten, Fermi-Dirac) que generan. Sin embargo, el problema de medida no siempre es tan claro, pero tampoco es un misterio. Las diversas propuestas se pueden clasificar según cuál o cuáles de los enunciados anteriormente descritos (a,b,c) niegan (de acuerdo con Okon, 2010, de hecho la formulación estándar a continuación descrita podría verse como un intento “fallido” en tanto una de sus consecuencias es la negación de b)). Por ejemplo, se verá que el conocido “programa de variables ocultas”

implica la negación de a) en tanto propone la incompletitud del estado cuántico, a raíz de ello, propone completar la teoría añadiendo variables adicionales. Otras proponen modificar la ecuación de Schrödinger con términos aleatorios, negando en el intento a b) implicando que los “colapsos” ocurrirían de forma independiente de las mediciones (colapso objetivo, hipótesis del colapso o reducción dinámica), otras en cambio, son las estrategias Everettianas, y niegan c), al argumentar que, generalmente, las mediciones no pueden acabar ofreciendo resultados definidos (Okon, 2010). Aquella última, la más radical, pues su viabilidad depende de demostrar ser compatible con nuestras percepciones. Tradicionalmente la respuesta al problema señalado radica en la denominada “hipótesis del colapso”, fue Heisenberg quien la propuso en un artículo que publicó en 1927 “reducción del paquete de onda” (Heisenberg, 1927). John Von Neuman (1932) propone la formulación tradicional de la medición cuántica, como una interacción entre el sistema a medir S y un sistema M, el aparato de medición. Para ser más específicos en esta descripción se expondrán las fórmulas acá pertinentes, sin embargo, no es necesario que el lector entienda las mismas tanto como sí comprenda lo que implica dadas las cualidades del problema. S que es representado en el espacio de Hilbert HS^3 , posee un observable $A = \sum a_i |a_i\rangle\langle a_i|$ donde los a_i son autovalores de A y $\{|a_i\rangle\}$ es una base de HS; entonces, el aparato de medición M representado en el espacio de Hilbert HM, posee asimismo un observable $P = \sum p_i |p_i\rangle\langle p_i|$, donde los p_i son autovalores de P y $\{|p_i\rangle\}$ es una base de HM; con el fin

4 “A todo sistema físico, como, por ejemplo, un conjunto de electrones, un átomo de hidrogeno o un superconductor, se le asigna un tipo de espacio vectorial conocido como un espacio de Hilbertiv. Los espacios vectoriales, a grandes rasgos, son conjuntos de objetos, llamados vectores y representados por jA_i , jB_i , etc., que pueden i) ser sumados entre sí de manera que la suma es un vector del conjunto y ii) ser multiplicados por números de forma que el resultado también es un vector del conjunto.” (Ekon, 2014. Pág, 135)

de suplir la función de “puntero” o “aguja” del aparato, P debería poseer autovalores diferentes y “macroscópicamente distinguibles” (Lombardi y Vanni, 2010; Okon, 2010; Yang, 2018). Bueno, entonces, el observable A del sistema S, que puede ser la representación de la partícula, -digamos un electrón-; previamente a la interacción, este observable A del sistema S, que se encuentra en una superposición de los autovectores (superposición de estados) va a ser medido, mientras que M se encuentra en un estado base (“ready-to-measure state”) o listo para la medida para la que fue diseñado, estado base que puede ser definido como el cero de la aguja. Esto significa que el sistema compuesto S+M se encuentra en un estado $|\psi_0\rangle \in HS \otimes HM$. En el decurso de la interacción inducida por la medición (este último, concepto clave para más adelante), el sistema compuesto irá evolucionando, según indica la ecuación de Schrödinger hasta un nuevo estado $|\psi_f\rangle$, en el que los autovectores del observable A en el sistema S, se correlacionan con los autovectores P del sistema M. Grosso modo, hay una situación de medida de un estado definido del sistema S, realizada por M. Sin embargo, a pesar de la fina correlación, la dificultad de la medida reside en el estado final: $|\psi_f\rangle$ que es una superposición de estados $|a_i\rangle \otimes |p_i\rangle$; por lo tanto, se hace necesario recurrir a un supuesto interpretativo adicional para dar cuenta del hecho de que el puntero P adquiera uno de los autovalores p_i de forma definida. Palabras más, palabras menos, se debe explicar el porqué luego del proceso de medida el sistema físico que se hallaba en una superposición de estados posibles, asume un estado definido determinado por el aparato de medida. En el experimento de Proietti, et al, (2019) Alice, Bob y sus respectivos “amigos” han sido un complejo (más de lo habitual) sistema M, mientras que S, el sistema de partículas entrelazadas que fueron expuestas al proceso medida, y lo que se halló no es

nada raro, sólo que al ser M más sofisticado, se pudo tener un registro asimismo más sofisticado (mayor exactitud) de los estados posibles asumidos por S, sólo que como se afirmó ya, se necesita un supuesto interpretativo que le de sentido a los resultados dada su naturaleza. Esas interpretaciones, si se hacen por fuera del ámbito tratado específico, pueden llevar a malas extrapolaciones o se pueden mal entender las teorías que tratan de explicar o dar soluciones tentativas al problema. De hecho, en este punto, la filosofía de la ciencia juega un papel significativo, y si se desconocen nociones elementales de la misma, aumenta el riesgo de elaborar conclusiones inadecuadas como las que se observa en An, Bn y Cn⁴.

7.1 La hipótesis del colapso

La hipótesis del colapso es la respuesta tradicional, e históricamente la primera ante el problema de la medición. Werner Heisenberg la fórmula en “reducción de paquete de onda”, un ensayo que escribió en 1927 (cf. Heisenberg, 1927). Por lo general, los modelos de colapso objetivo proponen una modificación de la ecuación dinámica de la formulación estándar incluyendo términos aleatorios (Okon, 2010). Según ésta, los sistemas cuánticos pueden desarrollar dos tipos de evolución temporal: 1. Una unitaria y determinista cuando no están siendo “observados” y 2. Una transición no deter-

minista y no-unitaria; que no es otra cosa que el “colapso” de la función de onda, que se asume una vez son medidos “observados”. La transición mencionada daría lugar a que el sistema pase de su estado de superposición original al estado en el que el sistema (S) y el aparato de medición (M) adquieren propiedades-un estado- definido. Técnicamente hablando, la hipótesis supone que en el instante de la medición, el sistema compuesto S + M efectúa una transición indeterminista que permite el paso del estado $|\psi_f\rangle$ a uno en el que sea definido uno de los estados fijos posibles de la superposición ($|\phi_k\rangle$), siendo así $|\phi_k\rangle$ ya no es técnicamente una superposición y se puede decir que el observable A asume el valor a_k mientras que el observable P asume el valor p_k . Teniendo en cuenta que el colapso se interpreta como un proceso indeterminista, se involucra una interpretación de tipo probabilística; es decir, lo que se halla es la probabilidad de que $|\psi_f\rangle$ “colapse” en cada uno de los estados $|\phi_i\rangle$, y se trata de una probabilidad $|c_i|^2$ (Lombardi y Vanni, 2010).. Esto quiere decir que, al efectuar varias mediciones particulares sobre el mismo sistema físico en condiciones iguales, se logra obtener cada estado $|\phi_i\rangle$, con una frecuencia de obtención que tiene una aproximación particular a $|c_i|^2$ a medida que se aumenta la cantidad de mediciones. Este ensamble de mediciones a manera de la mecánica estadística, luego del colapso puede representarse mediante un operador de densidad ρ_m ” (Lombardi y Vanni, 2010).

“En particular, el objetivo es explicar de manera unificada, y sin hacer referencia a mediciones u observadores, tanto el comportamiento cuántico de los sistemas microscópicos como la ausencia de superposiciones en el mundo macroscópico.”
(Okon, 2010. Pág, 137).

A pesar de la naturaleza “intuitiva” de la hipótesis del colapso tradicional, no está libre de problemas (Jammer, 1974; Hughes, 1989; Bub, 1997). Las obje-

⁵ Para matizar, así como se habla del estado de un sistema en un tiempo dado; por otro lado, hablar de estados en diferentes tiempos hace necesario introducir la “ley dinámica de la mecánica cuántica” o ecuación de Schrödinger. Como ya se describió antes, una ecuación lineal y determinista que, ya dado el estado de un sistema en un tiempo dado, facilita calcular el estado del mismo en cualquier tiempo posterior, e incluso anterior, y representa el estado del sistema en un tiempo t). Necesario es advertir de manera reiterativa al lector, que esta ecuación es determinista en su totalidad, de forma que conocer el estado de un sistema en un tiempo dado, ésta permitiría determinar a su vez con sorprendente exactitud, el estado en tiempos posteriores, no es ahí donde aparecen las probabilidades en mecánica cuántica, pues para esto último se utiliza la regla de Born (Okon, 2014).

ciones, radican primero en que el operador densidad ρ_m representa un “estado mezcla” que resulta susceptible de una interpretación por ignorancia, o sea que puede ser interpretado como aquello que expresa que el sistema compuesto se encuentra en alguno de los estados posibles, pero el observador lo desconoce, o sea, en qué estado en particular, por lo tanto solo le es posible conocer la probabilidad de que esté en uno u otro estado posible. Por otro lado, a esta interpretación de la medición cuántica se le acusa de poseer un carácter ad hoc; es decir, el colapso sería un proceso físico del cual no da cuenta la teoría, en ese orden de ideas queda indefinido el tipo de “interacción” que se supone da lugar a este proceso y al instante preciso en el que se supone que ocurre (Lombardi y Vanni, 2010).

La hipótesis del colapso no es actualmente considerada en su forma tradicional, como una respuesta satisfactoria al problema, y aunque no se adapta en su forma original a las discusiones académicas, los físicos han tendido a buscar versiones alternativas basadas en el modelo del colapso, diseñadas específicamente para abordar la posibilidad de una solución solamente conceptualmente adecuada al problema.

7.2 Teoría de la decoherencia

A diferencia de la anterior, la teoría de la decoherencia (desde ahora enunciada como TD) suministra un enfoque que, desde la física teórica resuelve de manera más satisfactoria las dificultades relacionadas a la medición cuántica y sus interpretaciones. De acuerdo con Leggett, (1987) y Bub, (1997) la TD se ha convertido en una especie de “nueva ortodoxia” en la comprensión de la mecánica cuántica. Sus prefiguraciones se hallan en los estudios sobre sistemas abiertos de la década de 1970 (cf. Zeh, 1970). A partir de estos trabajos, Zurek y sus colaboradores (Paz y Zurek, 2002, mencio-

nado en Lombardi y Vanni, 2010) (Zurek, 2003, mencionado en Lombardi y Vanni, 2010) desarrollaron la idea (bastante intuitiva) de que los sistemas – aparatos de medición nunca están completamente aislados, sino que interactúan de forma significativa con su entorno. En este sentido, es esa interacción el proceso clave que “selecciona” el restringido conjunto de estados en el espacio de Hilbert, o sea, los estados que se asumen o manifiestan de un modo clásico, como las posiciones definida del puntero en el aparato de medición. Entonces, posterior a la interacción entre los “miembros” del sistema compuesto S+M éste se encuentra en un estado de superposición, como lo hemos venido representando $|\psi_f\rangle$, supóngase que el observable A del S a medir tiene únicamente dos autoestados $|a_1\rangle$ y $|a_2\rangle$. Pues de acuerdo con la TD, este sistema no está aislado sino en interacción, aunque sea mínima con el entorno E de un gran número de grados de libertad. Entonces lo que se dice es que el estado del sistema S+M queda “entrelazado” con el estado del entorno E y ello da lugar a que haya correlación entre los estados de M y el S. En otras palabras, la interacción con E da lugar a un estado de decoherencia cuántica (paso al clásico), proceso por el cual, finalmente, se explica que es posible dar cuenta de uno de los estados posibles del sistema, pues antes de tal interacción dada por el proceso de medida, el sistema físico se hallaba en un estado cuánticamente coherente, que luego, al interactuar con E, “colapsa” su función de onda y da lugar a un estado definido detectado o que fue susceptible de medida fija.

Para ser más específicos, la idea principal radica en que la inevitable interacción de los sistemas cuánticos con su ambiente causa-para todo fin práctico “colapsos efectivos”, o dicho de otra forma, a pesar de que el estado cuántico per se nunca colapse, la interacción con el ambiente da lugar a la eliminación de las

interferencias, de esta manera en la práctica es posible afirmar que tales colapsos sí ocurren; además, el programa de la decoherencia se enmarca dentro del formalismo cuántico estándar, es decir que no tiene la necesidad de añadir ningún elemento nuevo a la teoría matemática o su interpretación, en definitiva la decoherencia es un proceso resultante de interacciones sistema-entorno que provoca una supresión local de la interferencia entre los estados preferidos seleccionados por la interacción con el entorno (Hensen, 2010; Schlosshauer, 2005).

De acuerdo con d'Espagnat (2000) y Lombardi y Vanni, (2010) la TD nos aproxima de la manera más adecuada a una respuesta satisfactoria ante el problema de la medición, bajo el supuesto de que una teoría debe dar cuenta de nuestras percepciones sensible o apariencias, el autor citado argumenta que la TD explica esas apariencias (del mundo clásico) y éste resulta su resultado más significativo o relevante. Por otro lado, Anuletta, (2000) expresa con optimismo, que la TD tiene el potencial de resolver todos los problemas relacionados a la medición que ya han sido discutidos. Esto a pesar de que su formulación tradicional no esté libre de críticas, éstas no radican en la negación de un descriptor para fenómeno de decoherencia, o que implique concluir que somos incapaces de construir una imagen del mundo que corresponda – de forma gradual y perfectible- a una realidad independiente u objetiva, pues estas críticas abordan más en aspectos formales que en las consecuencias lógicas y empíricas elementales de la TD. Vale señalar que el problema de la medida tampoco implica que la mecánica cuántica no sea exitosa (Okon, 2010)

Este apartado, para los lectores que quieren profundizar, se matiza exponiendo otras alternativas al formalismo estándar, para evaluar más a fondo los argumentos que permiten considerar

la acomodación de la evidencia empírica al marco teórico de la física cuántica, además de afirmar con mayor seguridad el hecho de que la teoría cuántica puede dar cuenta de explicaciones y descripciones (la imagen del mundo) correspondientes con un “mundo” objetivo.

7.3 Modelos de Variables ocultas

Radican en la idea de que el estado cuántico estándar resulta incompleto porque no contiene toda la información necesaria acerca de las propiedades que de hecho poseen las entidades del mundo. De ello surge la necesidad de incluir variables ocultas cuya tarea sea complementar la teoría estándar para dar cuenta de esas propiedades y el valor de estas últimas quede especificado. Claramente, una propuesta de variables ocultas no sólo debe especificar cuáles serían tales variables y no dejarlo en el aire, sino también proveer información sobre cómo se comportan las mismas; su dinámica y explicar algo sobre la distribución de esas variables. Lo cual sería coherente con los resultados estadísticos de la teoría estándar. Un ejemplar de éstas es el modelo de de Broglie-Bohm.

Estos modelos también pretenden eliminar el indeterminismo de la teoría estándar, argumentando que su origen es puramente epistemológico; es decir, que se debe a que al conocer el estado cuántico, no contamos con toda la información necesaria para hacer predicciones certeras, pero ello no implica que tal información no exista, es decir, el valor del estado cuántico y de las variables ocultas (Bohm, 1966; Okon, 2010).

7.4 Modelos Everttianos

El modelo Everttiano tradicionalmente supone que los distintos términos de una superposición macroscópica deberían interpretarse como descriptores de una

multiplicidad de “mundos macroscópicos” que para fines prácticos no interactúan nunca entre sí (por favor no confundir con una “diversidad de realidades posibles y simultáneas”). Todos los posibles resultados cuánticos se obtienen, sin embargo, cada uno de estos en un “mundo paralelo” al resto. De acuerdo con Okon, 2010, la teoría de muchos mundos de de Witt y la de muchas mentes de Albert y Lower podrían ser ejemplos de este tipo de propuestas. Este modelo pretende conciliar a a) y b) de manera que, así como el vector de estado es completo éste a su vez evoluciona de acuerdo con la ecuación de Schrödinger, remitiendo al hecho de que nos parece que cada medición termina con resultados definidos. Todo esto se desprende de entender mejor el asunto de los “múltiples mundos”; sus versiones contemporáneas sostienen que los “muchos mundos” son fenómenos macroscópicos locales y emergentes; esto tiene algunas implicaciones ontológicas drásticas, al menos en aquellas sub-interpretaciones del estado relativo que asumen una “división” real de mundos (Okon, 2010; Schlosshauer, 2005), esto, de acuerdo con criterios de superselección basados en el entorno, no significa necesariamente que haya muchos mundos en la naturaleza o realidades existiendo de manera simultánea, como se pretende afirmar exageradamente en las fuentes # 1,2 y 3, pues la idea es que la multiplicidad, surge de una interacción entre los sistemas cuánticos y el entorno (una mezcla con el modelo de decoherencia), lo que significa que la decoherencia es la causa de la “aparición” y asimismo bifurcación de los muchos mundos. Sin embargo, como expone la hipótesis de muchas “mentes”, no se trata de una multiplicidad presente en la naturaleza (no puede sostenerse un compromiso ontológico con esas entidades o “múltiples mundos”) sino que los resultados y la complejidad matemática implicada, provocan la ilusión de multiplicidad a nivel cognitivo,

o puramente conceptual. Otras proponen sencillamente que los muchos mundos son elementos fundamentales que hacen inteligible la teoría, una postura bastante instrumentalista que niega al igual que la anterior, su existencia real-objetiva e independiente, y más bien toma a estas entidades como herramientas conceptuales útiles o heurísticas para el entendimiento del fenómeno. Asimismo, de acuerdo con Schlosshauer, (2005) las posibles interpretaciones referidas al “aparato o mundo clásico” son considerados recursos necesarios de forma restringida para hacer inteligibles los fenómenos cuánticos o adaptarlos al “sentido común”, y así sean accesibles al entendimiento en términos del mundo clásico de nuestra experiencia, pero eso es distinto a la extrapolación entre cuántico-clásico tergiversando o trasladando implicaciones entre uno y otro. Estas, son las posiciones al respecto más aceptadas.

Es evidente que las alternativas expuestas no son por ahora perfectas, aunque sí representan un enorme progreso en la comprensión de la física cuántica y un avance significativo respecto del problema propio de medición. En ese sentido, no parece haber ninguna restricción para que los problemas restantes puedan solucionarse. La presencia de tal incertidumbre teórica representa aún un reto, sin embargo, la falta de acuerdo o perfeccionamiento de estas propuestas explicativas, de ninguna manera da lugar a la introducción forzada de afirmaciones cuyas consecuencias lógicas, epistemológicas y empíricas sean de la naturaleza inadecuada y tergiversada como en las expuestas entre el contenido de los artículos acá criticados.

Hay algunas consideraciones generales que se pueden hacer para poder interpretar la mecánica cuántica de manera correcta sin caer en confusiones. En muchos artículos de divulgación, e incluso en libros de texto universitario, no se realiza una distinción adecuada de los

distintos enunciados que contiene el discurso científico-filosófico cuando se habla del tema. Podemos establecer que hay aspectos científicos y aspectos filosóficos y que estos pueden diferenciarse, sin que constituya una separación en el conocimiento de la realidad, ni que implique que no haya una continuidad entre la ciencia y la filosofía. El no separar es la fuente de muchas confusiones como los artículos marcados en este ensayo. Si se axiomatiza la teoría cuántica, debieran estar claros los referentes del sistema, por lo tanto, el aspecto semántico, la relación entre los términos y los objetos de referencia, gana en nitidez y esto nos permite saber cuáles enunciados son teoremas, y cuáles son interpretaciones filosóficas, pero no teoremas de la teoría física. Llamaremos enunciados intrínsecos de la MC, a aquellos enunciados que forman parte de la teoría cuántica axiomatizada y que están cerrados bajo la deducción. A estos hay que diferenciarlos de los enunciados interpretativos de la MC, que son enunciados que pertenecen, no a la teoría física cuántica, sino a la teoría filosófica de la MC. Si hacemos esto podemos observar que entre los referentes básicos de la física cuántica encontramos a sistemas físicos y a sus propiedades, que en términos clásicos, pueden tener aspectos ondulatorios o de partículas, pero nunca jamás un referente de la ciencia es un observador, ni mucho menos la conciencia del observador. Este hecho debe ser fuertemente señalado:

8. los enunciados intrínsecos de la MC no tienen como referente ni observadores ni conciencias humanas.

La ciencia no incluye a los observadores, ni a aparatos de medición en sus investigaciones, y esto se quiere decir cuando se afirmaba que la interacción entre observadores y aparatos de medida con el sistema que se quiere medir,

no pertenece a la MC sino a otra teoría, una teoría de la medición. Dicho esto, podemos analizar en qué nivel se hacen ciertas afirmaciones cuando se escribe un artículo, y poder separar y atacar el problema para resolverlo.

Otro punto que me gustaría resaltar, conectado al anterior, es el de la separación entre el aspecto matemático de la teoría y el aspecto físico de la misma. Lo digo porque a veces se confunden estas cuestiones y se terminan hipostasiando objetos ideales y tratándolo como si fueran reales. La función de onda en MC mide una probabilidad, la probabilidad de que un sistema adquiera un valor específico, porque hay muchas soluciones, pero no todas tienen la misma probabilidad. Atribuir a la realidad física una superposición de estados porque la matemática de la teoría obtiene infinitas soluciones posibles de un valor, es confundir las cosas, la superposición de estados es lo que podemos calcular matemáticamente si no hacemos una medida específica y concreta en un experimento, pero eso no quiere decir que debamos trasladar eso al sistema físico, porque sería confundir los aspectos matemáticos y físicos. En todo caso afirmar eso ya sería un aspecto filosófico, no científico.

Si se realiza un cálculo con la función de onda, obtengo una probabilidad, pero si realizo un experimento concreto no obtengo una probabilidad sino una medida concreta, no obstante, la probabilidad matemática sigue siendo la misma aun teniendo la medida concreta de un valor del sistema. Al lanzar un dado, la probabilidad de obtener una cara concreta es de $1/6$, pero cuando el dado cae, nos muestra, no una probabilidad, sino una cara precisa. La salida de una cara determinada es un hecho físico, pero no cambia ni un ápice la probabilidad de la ocurrencia de las caras de un dado.

Por último, para aclarar el panorama todo artículo serio debe no dejar de precisar los términos que utiliza, sobre todo

si son polisémicos. No puede usarse a la ligera conceptos como: realidad, hecho, fenómeno, objetivo, u observador. Y eso es lo que sucede con estos artículos, presentan una enorme confusión de sentidos que le da una irreparable vaguedad a lo que se afirma en sus párrafos. No podemos ni siquiera criticar el concepto de realidad que usan, cuando afirman que la MC demuestra que no hay “realidad”, porque no sabemos cuál sentido de realidad usan, simplemente debemos adivinar, y a veces ni eso es posible por el contexto. Lo mismo ocurre con “realidad objetiva”, se afirma que no hay tal cosa, pero si no sé qué es la realidad para el que escribe, menos puedo saber cómo concebí la “realidad objetiva”. Lo mismo suceda con “hecho”, dice que medir una polarización “es un hecho” lo mismo que hacer un cálculo de la misma, está usando hecho para describir tanto a un cálculo matemático, como una medida física. Entonces, lo único que resta es suponer el sentido que le da a esos términos e intentar reconstruir un panorama discursivo con el cual debatir. Esto, lógicamente es peligroso, pues estamos al borde de realizar un strawman con los argumentos del otro, pero no es una situación de la cual tengamos la culpa, ya que, un divulgador serio debiera eliminar esta posibilidad definiendo adecuadamente cada término polisémico que vaya a usar.

Dicho esto, vamos a usar estas consideraciones para criticar las interpretaciones de los artículos:

- la demarcación entre enunciados intrínsecos e interpretativos.
- la demarcación entre enunciados matemáticos y enunciados físicos.
- la vaguedad en la precisión de términos polisémicos

De este modo mostraremos que confunden enunciados de distinta categorías como si fueran de la misma, y que se usa realidad con sentidos diversos, con lo cual se cae en la falacia de los cuatro términos si se arma un silogismo con las

premisas.

Voy a tomar como referencia el artículo siguiente: <https://www.technologyreview.es/s/11019/la-realidad-objetiva-no-existe-segun-este-experimento-cuantico>

Porque es el original en el cual se basan todos los demás. El escrito comienza afirmando lo siguiente:

“Algunos físicos llevan mucho tiempo pensando que la mecánica cuántica permite que dos observadores experimenten realidades diferentes y conflictivas.”

Inmediatamente reconocemos los problemas. Primero que habla de observadores y la MC, como dijimos, no tiene como referentes observadores sino sistemas físicos, por lo tanto, la discusión se desplaza al aspecto filosófico de la MC. Segundo, escribe que se “experimentan realidades diferentes”, no sabemos qué significa “experimentar”, si experiencia en sentido de experimento o experiencia en sentido de vivencia subjetiva, lo mismo sucede con “realidad diferente”, no sabemos qué signifique. Si la experiencia es vivencia subjetiva, todas las personas experimentan vivencias diferentes, pero eso no significa que la realidad sea diferente. Estoy usando la palabra realidad como: el conjunto de todas las cosas reales, y una cosa real es un ente material, un ente que contiene energía, solo es real lo material, lo conceptual es irreal. Por lo tanto, si dos personas tienen distintas vivencias, incluso conflictivas, eso no cambia la realidad, tienen la misma realidad, pero vivencias distintas de ella.

Ahora, también podría tratarse de experiencia en el sentido de experimento, veamos esta opción.

La base del artículo está aquí:

“Utilizaron estos seis fotones entrelazados para crear dos realidades alternativas: una que representaba a Wigner y otra al amigo de Wigner. El amigo de Wigner mide la polarización de un fotón y registra el resultado. Wigner después realiza una medición de interferencia para determinar si la medición y el fotón están en su

perposición.”

No es muy claro, pero podemos interpretarlo para llegar a dejarlo más preciso. Se dice que se realizaron dos medidas o experimentos con fotones entrelazados, uno mide la polarización de un solo fotón mientras que otro realiza otra medida “de interferencia” y muestra que ese mismo fotón está en superposición, entiendo que lo conflictivo está en que el mismo fotón está en superposición en un experimento y tiene una medida precisa de polarización en otro. Pasemos a explicar esto.

Aquí el problema está en la interpretación del experimento, en uno se realiza una medida concreta, la polarización de un fotón, que tiene un valor preciso, es decir, no muchos valores superpuestos, y en el otro experimento se mide la superposición de ese mismo fotón y arroja que tiene distintos valores. Ya dijimos que la función de onda lo que mide es una probabilidad, por lo tanto, si yo voy a medir la probabilidad de un valor de x fotón, obtengo una probabilidad, muchas soluciones posibles. En un sistema entrelazado la propiedad global del sistema se mantiene aún si las componentes del sistema están alejadas, eso quiere decir que el entrelazamiento es no local. Entonces, si mido polarizaciones posibles de un fotón me va a dar probabilidades, pero si mido la polarización de un fotón concreto no, pasé de unos valores probables de un sistema a un único valor concreto. Los científicos están realizando dos experimentos distintos, es como realizar la medición de la probabilidad de una cara determinada de un dado en cien tiros, comparado con otro experimento distinto, que es averiguar la ocurrencia de una sola cara en la tirada 57 digamos. El hecho de tener una cierta cara en la tirada 57 no invalida que la probabilidad antes y después sea siempre la misma $1/6$. Esto es confundir distintos aspectos de la medición y mezclarlos. Antes de medir la polarización el fotón, como las

caras del dado, tienen una probabilidad de ocurrencia, que se sea hace una concreta cuando medimos un solo fotón de manera concreta. Esto no quiere decir que el fotón tiene un valor preciso y que a la vez está en superposición de estados, no, quiere decir que estamos midiendo aspectos distintos.

Una de las conclusiones del experimento es esta:

“Pero el resultado de Proietti y sus colegas sugiere que la realidad objetiva no existe. En otras palabras, el experimento señala que una o más de las suposiciones (la idea de que existe una realidad sobre la que podemos estar de acuerdo, la idea de que tenemos la libertad de elección o la idea del principio de localidad) debe ser errónea.”

Bueno, es una conclusión que consiste en un Non sequitur ya que, si se preparan distintos experimentos y se obtienen distintas conclusiones, de esto no se desprende que haya dos realidades distintas, o que no exista una realidad objetiva. Esto es absurdo desde todo punto de vista. Primero, si la realidad es el conjunto de las cosas reales, esto no cambia si se realizan experimentos, ya que el universo existe antes de que existan experimentos físicos, uno no puede alterar la realidad de ningún modo posible. Pero insisto en que no tenemos idea de a qué se refería con “realidad” el artículo, lo cual dificulta el análisis. Si objetivo quiere decir, referido al objeto, entonces no veo porque un experimento vaya a cambiar a un objeto y a sus propiedades, es cierto que el aparato de medida modifica el sistema a medir, pero no puede alterar las propiedades globales del sistema físico como para decir que se altera la realidad. Ahora, si objetivo significa que no hay ninguna participación de un sujeto, entonces sí, no hay nada objetivo, pero es trivial concluir esto, ya que, si bien la realidad es una sola, hay vivencias subjetivas de la realidad y estas no son objetivas en el primer sentido.

Estas conclusiones tienen como base una propuesta errónea que es la siguiente, la idea de que el observador modifica la realidad con sus decisiones, algo que no se encuentra en la parte científica de la MC sino en la filosófica. Una mala filosofía puede concluir semejante cosa. Pero la interpretación de Copenhague, la oficial en los libros de texto, es una de las interpretaciones posibles, y no la mejor. Por ejemplo, esta interpretación afirma que hay un colapso de la función de onda cuando pasamos a realizar un experimento concreto, como la medida de la polarización de un fotón, afirma que, de varios estados posibles se pasa a uno concreto, y esto se explica como “el colapso de la función de onda”. Pero, como explicamos antes, el confundir aspectos matemáticos con aspectos físicos llevan a esta errónea interpretación. La función de onda es un objeto matemático, no físico, no hay ninguna función de onda en la realidad, como hay edificios o montañas. Las ondas son ondas de probabilidad de la propensión de un sistema a estar en un cierto valor, no son cosas de la realidad, por lo tanto, no puede colapsar un concepto, o un constructo matemático como colapsa una persona o un edificio. Los constructos no cambian, ni pueden hacerlo, pues no contienen energía, y si no tiene energía no pueden colapsar.

9. Discusión y conclusiones

Considerando todo lo anterior:

Del hecho de que exista un problema con la medición cuántica que refiere restringidamente a cómo el aparato de medida registra el estado asumido por el sistema físico y a la no consistencia interna entre a) b) y c), no se pueden seguir interpretaciones burdas como las expuestas en An, Bn y Cn. Se han expuesto las interpretaciones que atienden al problema de forma teóricamente consistente y rigurosa; la hipótesis del colapso en sus dife-

erentes formas, la TD, variables ocultas y Everttianos, son respuestas tentativas unas con más aceptación consensuada que otras, y tenidas en cuenta por la evidencia empírica que respalda en mayor o menor medida a cada uno de los modelos, pero que no extrapolan las problemáticas del fenómeno a ámbitos inadecuados como se ha hecho en los artículos expuestos a crítica.

De la necesidad de una interpretación teórica adicional que, de sentido y organización a los datos obtenidos en procedimientos de intervención experimental en física cuántica, no se puede inferir B5 “En términos sociales, el pensar en realidades simultáneas podría contribuir a nuestra evolución. Porque de esta forma podríamos construir un mundo más allá de verdades monolíticas, sustituyéndolo con la riqueza de la diversidad y pluralidad que caracteriza a la vida en general.” O similares. Una cosa es que en la ciencia siempre sea necesario dar sentido a los enunciados de ley meramente descriptivos, a los datos obtenidos que puedan resultar confusos y demás cosas que puedan resultar problemáticas en la práctica científica, a la luz de teorías suficientemente explicativas como para darle al conocimiento un carácter sistemático, y poder, en el mejor de los casos, construir modelos intuitivos de ello, y otra cosa muy distinta es extrapolar-acomodar a la fuerza los datos anómalos, la incertidumbre expresa de los investigadores en las conclusiones de los papers a discursos fuera de lugar. No cumple la misma función lo primero que lo segundo y además, desde la perspectiva de este texto, resulta éticamente incorrecto engañar al lector con conclusiones que puedan confundirle, y peor aún, desinformarle.

Del problema de medida, como ha sido expuesto hasta ahora, no se puede seguir una duda filosófica y ni siquiera de sentido común, ante la existencia de la realidad (como ha sido desambiguado el término en este texto) aún menos una de-

sconfianza generalizada hacia la ciencia; pues puede haber un error y una negligencia que radica en el abuso de las malas interpretaciones para darlas por hecho, aunque implique la autocontradicción en el discurso del redactor implicado. Este asunto demanda, a pesar de todo, un riguroso análisis que está más allá de lo que una noticia de esa naturaleza pueda esbozar y matizar. De cualquier manera, ninguna manifestación de resultados relacionados con la superposición de estados posibles en intervenciones experimentales cuánticas, y por sofisticado que sea el proceso de intervención, como sucedió en el experimento de este año, da lugar a inferir que la realidad no existe o a persuadir el abandono de un compromiso ontológico realista genérico, o peor aún, que existen dos realidades simultáneas (conclusión que contradice la primera). Pues como ya se explicó, el principio de no contradicción⁶ referente a los enunciados, ídem, el principio de no contradicción ontológico, se ven enteramente comprometidos sin ningún fundamento técnico filosófico-lógico o científico que posea el mérito de ponerlos en tela de juicio. Además, se debe hacer énfasis en el hecho de que los autores de estos artículos no elaboran una definición de aquello que están entendiendo por “real” en un sentido estricto, cosa que lleva a consecuencias lógicas desfavorecedoras para sus propios discursos.

Vale ser reiterativo en cuanto a que la relación entre el aparato de medida y el sistema a medir, no forma parte de la mecánica cuántica en sí, y debería ser estudiado por la teoría cuántica de

la medición de forma separada (Comunicación personal, Nicolás Pérez 28/04/2019).

Los autores de esos artículos refieren en sus conclusiones al mundo clásico, pero no del dato “cuánticamente decoherente posterior al colapso de la función de onda” del que se supone se da cuenta luego del proceso de interacción entre el sistema compuesto S+M + E descrita desde los modelos compatibles con la decoherencia cuántica. No, refieren a situaciones complejas de la realidad cotidiana, cosas concretas como árboles y mesas, y procesos sociopolíticos que deben ser objeto de otros niveles de análisis, que no tienen ninguna cabida dentro de lo que técnicamente implican las conclusiones de la investigación discutida u otras similares en torno al problema de medida. De hecho, aún podría argumentarse que los mismos autores del experimento han hecho apreciaciones de sus resultados un tanto apresuradas y filosóficamente desinformadas, pero éste último sería tema de otra discusión.

Las consecuencias epistemológico-ontológicas de tales ideas implícitas son insostenibles desde el marco argumentativo en el que se desarrollan estos artículos, como se expuso en el apartado (3). La mezcla insostenible de distintos tipos de relativismo filosófico es inadecuadamente implícita en los artículos de las fuentes # 1,2 y 3, no se desarrollan más allá de darlas por hecho como supuestos seguros de sus afirmaciones. De cualquier manera, resultan problemático argumentar a su favor. En el apartado 3 se detalla el porqué de esta conclusión.

Sesgo de confirmación. En todos los casos de las fuentes # 1,2 y 3, se puede advertir la presencia de este sesgo, o, en otros términos, la tendencia a favorecer la información que “confirma” las propias creencias, ideas preconcebidas o hipótesis personales, a costa incluso de tergiversar los datos en función de que “encajen” con estos aspectos subjetivos.

6 “Es imposible que A sea B y no sea B.” Por ejemplo, no es posible que un objeto sea un libro y no sea, a la vez, un libro. Es posible pensar que el objeto pueda ser algo ahora y no ser ese algo después, pero no al mismo tiempo. Así, lo que antes fue un libro puede ser ahora basura o cenizas. Yo puedo estar aquí ahora y no estar después, pero no al mismo tiempo.” (Conocimientos fundamentales en filosofía, Módulo 1. La lógica y sus principios supremos 1.2 Leyes del pensamiento: los principios lógicos supremos. Recuperado de: <http://www.conocimientosfundamentales.unam.mx/vol1/filosofia/m01/t01/01t01s02b.html>)

vo-personales.

La desinformación de este tipo no siempre es fácil de refutar debido a la cantidad de información que omiten y desconocen los autores de los artículos. Es por eso que se requiere prestar particular atención sobre este tipo de “divulgación científica”, en tanto muchas de sus implicaciones trascienden a entornos impropios del tema técnico que hay detrás de los artículos. Generar confusión e información irrelevante, tergiversada y como se ha visto, completamente falsa, haciéndola pasar por información verídica y persuadiendo al lector a la adopción de ideas inadecuadas sobre lo que la ciencia descubre, puede tener implicaciones perniciosas y en principio se trata de un proceder antiético e intelectualmente deshonesto. La información, especialmente la referente a datos científicos y teóricos, debe ser seleccionada sistemática y cuidadosamente, el filtro para esa selección sólo se forma teniendo claridad conceptual y argumentativa en torno al tema particular abordado, recursos que en este ensayo nos hemos esforzado por brindar al lector.

- Auletta, G. (2000). Foundations and interpretation of quantum mechanics. Singapore: World Scientific. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000263&pid=S1678-3166201000020000600002&lng=es
- Bernardo, H. (2003). De la paradoja en el “todo vale” de Paul Feyerabend a la falacia de la falsa libertad. *A Parte Rei: revista de filosofía*, ISSN 1137-8204.
- Boghossian, P. (2006). El miedo al conocimiento: contra el relativismo y el constructivismo. Alianza Editorial. Madrid.
- Bohn, D. (1966). A proposed solution of the measurement problema in quantum mechanics by a hidden variable theory. *Reviews of moden physics*, 18 (3).
- Hacking, I. (1996). Representar e México D.F.: Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM y Ed. Paidós.
- Hensen, B. (2010). Decoherence, the measurement problem, and interpretations of quantum mechanics. http://philsci-archive.pitt.edu/5439/1/Decoherence_Essay_arXiv_version.pdf
- D’Espagnat, B. (2000). A note on measurement. *Physics Letters a*, 282. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000273&pid=S1678-3166201000020000600007&lng=es
- Heisenberg, W. (1927) Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischer Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik*, 43, p. 172-98. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000277&pid=S1678-3166201000020000600009&lng=es
- Lombardi, O y Vanni, L. (2010). Medición cuántica y decoherencia: ¿qué medimos cuando medimos? *Sci. stud.* 8 (2) <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000200006>
- Negrete, A. (2018) ¿Por qué hay que rechazar el relativismo?. *Nullius in verba* site. Recuperado de <http://nulliusinverbasite.com/texto-argumentativo/rech/>
- Newmann, J, Von. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*.
- Moulines, U. (1991). La incoherencia dialógica del relativismo sociológico. *Ágora*. Universidad de Santiago de compostela
- Okon, E. (2010). El problema de la medición en mecánica cuántica. *REVISTA MEXICANA DE FISICA* (60) 130–140.
- Prado, A, Camas, J, Sánchez, R. (2006). Fototransducción visual. *Rev Mex Oftalmol* 80(6):340-346
- Proietti, M, Pickston, A, Graffiti, F, Barrow, P, Kundys, D, Branciard, C, Ringbauer, M y Fedrizzi, A (2019). Experimental rejection of observer-independence in the quantum world. *arXiv:1902.05080*
- Schlosshauer, M. (2005). Decoherence, the measurement problem, and interpretations of quantum mechanics. *Reviews of moden physics*, 76.
- Yang, J. (2018). Relational Formulation of Quantum Mechanics. *arXiv:1706.01317v7 [quant-ph]* 7 Sep 2018A
- Zeh, D. (1970). On the interpretation of measurement in quantum theory. *Foundations of Physics*, 1, pág. 69-76. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000309&pid=S1678-3166201000020000600024&lng=en

- Zurek, W. (1981). Pointer basis of quantum apparatus: into what mixture does the wave packet collapse? *Physical Review d*, 24, p. 1516-25.
- Zurek, W. (1982). Environment-induced superselection rules. *Physical Review d*, 26. Pág. 1862-80,