



# Panprotopsiquismo Cuántico y las Interpretaciones de la Mecánica Cuántica

*Quantum Panprotopsychism and the  
Interpretations of Quantum Mechanics*

*Panprotopsiquismo Quântico e as  
Interpretações da Mecânica Quântica*

**Rodolfo Gambini**

Instituto de Física, Facultad de Ciencias  
Iguá 4225 esq. Mataojo, Montevideo, Uruguay  
[rgambini@fisica.edu.uy](mailto:rgambini@fisica.edu.uy)  
0000-0002-2988-9902

→ **Recibido:** 26 / 09 / 2025  
→ **Aceptado:** 23 / 10 / 2025  
→ **Publicado:** 17 / 12 / 2025

→ **Artículo científico** | © 2025 Gambini, R.  
CC BY 4.0

→ **Cómo citar:** Gambini, R. (2025).  
Panprotopsiquismo Cuántico y las Interpretaciones de  
la Mecánica Cuántica. *Culturas Científicas*, 6(1), pp.  
72-103. doi.org/10.35588/cc.v6d7860

## [ RESUMEN ]

Ante la multiplicidad de interpretaciones de la mecánica cuántica que dan lugar a ontologías muy diferentes resulta de interés encontrar criterios con base empírica que hagan preferibles algunas interpretaciones frente a otras. De comprobarse la existencia de sistemas cuánticos en el cerebro como los necesarios para adoptar una forma de panpsiquismo que resuelva los problemas de combinación de sujetos, cualidades y estructuras reconocidos desde los tiempos de William James sus ontologías de base se verían favorecidas al permitir dar cuenta de nuestras experiencias conscientes. El panprotopsiquismo cuántico se ha mostrado particularmente adecuado para tratar los problemas de combinación del panpsiquismo. El mismo se basa en una ontología de estados y eventos con contrapartes físicas y fenoménicas claramente identificadas y sería por tanto reconocible si dichos elementos físicos formaran parte del funcionamiento cerebral. Tal ontología podría proporcionar criterios para preferir ciertas interpretaciones cuánticas a otras. Aquí analizaremos las interpretaciones que se verían favorecidas o cuestionadas por la ontología resultante de esta forma de panprotopsiquismo.

## [ PALABRAS CLAVES ]

*Consciencia, Panpsiquismo, Interpretaciones, Mecánica Cuántica, Ontología.*

---

## [ ABSTRACT ]

Given the multiplicity of interpretations of quantum mechanics that give rise to very different ontologies, it is worth asking whether it is possible to find criteria with some empirical basis that make some interpretations preferable to others. If empirical evidence were found for the existence of quantum systems in the brain such as those necessary to adopt a form of panpsychism that resolves the problems of combination of subjects, qualities, and structures recognized since the time of William James, their underlying ontologies would be favored by allowing us to account for our conscious experiences. Quantum panprotopsychism has proven particularly well-suited to addressing the combination problems of panpsychism. It is based on an ontology of states and events with clearly identified physical and phenomenal counterparts and would therefore be recognizable if these physical elements were part of brain function.. Such an ontology could provide criteria for preferring certain quantum interpretations over others. Here we will analyze the interpretations that would be favored or challenged by the ontology resulting from this form of panprotopsychism.

## [ KEY WORDS ]

*Consciousness, Panpsychism, Interpretations, Quantum Mechanics, Ontology.*

## 1. Introducción

El análisis filosófico contemporáneo continúa basándose, en gran medida, en conceptos propios de la física clásica, como la noción de superveniente de las propiedades del todo respecto de las de sus partes. Sabemos que tales nociones no se aplican en mecánica cuántica donde existen sistemas entrelazados en los que el todo posee propiedades que no pueden atribuirse a sus partes, ya que estas carecen de propiedades definidas. Ante la crítica, frecuente desde la física, de que la reflexión filosófica se mantiene anclada en esquemas clásicos, la respuesta habitual desde la filosofía es que, mientras no exista consenso entre los físicos sobre una interpretación de la teoría cuántica, no se dispone de bases sólidas para fundamentar el pensamiento filosófico, incluso después de más de un siglo desde su formulación. Carecemos, en efecto, de criterios que permitan elegir con seguridad una ontología o una interpretación de la mecánica cuántica. Ello ha impedido desarrollar formas de reflexión filosófica inspiradas en sus fundamentos, como ocurrió con la física clásica. Sin embargo, los enfoques basados en esta última no han logrado resolver el llamado “problema difícil de la conciencia” —señalado por filósofos como Thomas Nagel (1974) y David Chalmers (1997), entre otros—, que exige dar cuenta de las propiedades fenoménicas de la experiencia consciente.

Si dispusiéramos de argumentos plausibles que muestren que problemas como el antes referido pueden ser mejor entendidos si se adoptan ciertas ontologías cuánticas en lugar de otras y si los objetos cuánticos requeridos fueran observados en el cerebro, dispondríamos de una vía indirecta de confirmación de que ciertas ontologías cuánticas son superiores a otras. Por ejemplo, en nuestros trabajos recientes sobre este problema de la conciencia (véase Gambini y Pullin 2024a y 2024b, Gambini y Pullin 2025 y Gambini 2025) a partir de una visión panpsiquista que hemos denominado panprotopsiquismo cuántico mostramos que las propiedades de las experiencias subjetivas podrían involucrar sistemas cuánticos entrelazados. La eventual observación empírica de estos sistemas y de sus mecanismos de interacción con el cerebro sugeriría una conexión entre el formalismo cuántico y las manifestaciones fenoménicas accesibles de manera subjetiva a todas las personas. Tener una solución plausible del ‘problema difícil de la conciencia’ en base a la identificación de sistemas cuánticos en el cerebro y de alguna ontología cuántica que dé cuenta de sus propiedades fenoménicas permitiría tener criterios confiables para elegir entre distintas ontologías y favorecería algunas interpretaciones de la mecánica cuántica frente a otras. Aquí nos proponemos realizar ese análisis para el panprotopsiquismo cuántico.

En la sección II se analizan los fundamentos del conocimiento científico y la reflexión filosófica y se considera la posibilidad de que los estudios sobre la conciencia permitan combinar evidencia neurocientífica con fenoménica para clarificar problemas como el de identificar las interpretaciones cuánticas más adecuadas. En la sección III se define el problema mente cuerpo. En la sección IV se introduce el panprotopsiquismo cuántico y se analiza como permite resolver los tres problemas de la combinación identificados en los enfoques panpsiquistas desde los tiempos de William James. También se discuten las posibles consecuencias empíricas de este enfoque, observando que su confirmación contribuiría a elegir entre distintas ontologías cuánticas. En la sección V se describe la ontología del panprotopsiquismo cuántico basada en las nociones de eventos y estados y se identifican sus contrapartes fenoménicas. En la sección VI se identifican las interpretaciones de la mecánica cuántica incompatibles con la mencionada ontología de estados y eventos. En la sección VII se identifican algunas de las compatibles y finalmente, en la sección VIII se concluye resumiendo las lecciones que se desprenderían de la

observación empírica de sistemas cuánticos acoplados con la red neuronal de nuestro cerebro.

## 2. Conocimiento científico y especulación filosófica

Hume fue un ferviente admirador de Newton y tomó la física newtoniana como modelo para construir su tratado de la naturaleza humana. Sin embargo, el escepticismo de Hume cuestiona los supuestos de la investigación científica al reconocer el problema de la inducción. Es posible que los eventos que han ocurrido regularmente según las leyes de la naturaleza dejen de obedecerlas. Es posible que la interacción gravitacional se vuelva repulsiva, o que la Luna comience a mostrar su otra cara, y eso contradice nuestras experiencias pasadas, pero no ningún principio lógico. Como observa Wittgenstein (1972), usamos sistemáticamente evidencia incompleta para establecer afirmaciones fiables. La inducción no es rigurosamente justificable, pero es bueno basarse en ella si deseamos avanzar en la construcción de un sistema de creencias fiables. Es lo que hace el científico cuando, por ejemplo, establece que ciertas sustancias sujetas a cierta presión y temperatura reaccionan para formar otra. Wittgenstein propuso el siguiente ejemplo:

“...si el alumno duda de la uniformidad de la naturaleza, es decir, de la justificación de los argumentos inductivos... El profesor sentiría que esto solo lo está retrasando, que de esta manera el alumno se atascaría y no avanzaría. Y tendría razón. Sería como si alguien buscara un objeto en una habitación; abre un cajón y no lo ve; luego lo vuelve a cerrar, espera, lo abre de nuevo para ver si quizás ahora está, y sigue así. No ha aprendido a buscar cosas. Y de la misma manera, este alumno no ha aprendido a hacer preguntas... No ha aprendido el juego que estamos intentando enseñarle”.

La física proporciona creencias bien fundadas capaces de generar consensos muy amplios entre los expertos y con eso basta para crear una fuerte confianza en la naturaleza ordenada del universo y asegurar el fantástico dominio técnico-científico alcanzado.

En nuestra opinión, la interpretación más adecuada acerca del significado de la representación científica del mundo proviene del estructuralismo científico de Van Fraassen (2010), influenciado por pensadores como Hertz, Mach y Poincaré, y compartido por muchos físicos contemporáneos como Hawking. Este considera las descripciones físicas como el resultado de procesos de abstracción e idealización aplicados a una realidad externa. Una realidad a la que solo se puede hacer referencia indexicalmente, es decir, señalando el objeto en cuestión. Según Van Fraassen, a partir de los objetos reales —aquellos que corresponden a fenómenos observables que no son intrínsecamente matemáticos por naturaleza— les asignamos propiedades matemáticas mediante mediciones. Por ejemplo, la ubicación de los planetas en la esfera celeste, observada desde la Tierra. Utilizando las perspectivas que ofrecen los fenómenos y nociones elementales de relatividad galileana, se desarrollan descripciones empíricas heliocéntricas, como las leyes de Kepler, derivadas de datos astronómicos recopilados meticulosamente. El trabajo teórico que resta implica la derivación de las descripciones matemáticas de las estructuras empíricas, por ejemplo, las dadas por las leyes de Kepler, a partir de un modelo del Sistema Solar y las leyes de la dinámica. En las ciencias fisicomatemáticas, la concordancia cuantitativa y su poder predictivo aporta un mayor grado de confianza. Existen numerosos ejemplos de estos

éxitos en la física planetaria. La notable aproximación lograda por el método científico en la determinación a partir de la teoría de los resultados observados, así como sus capacidades predictivas de nuevos resultados aumenta la confianza en sus conclusiones.

Por otra parte, la especulación filosófica ha tenido que renunciar a diversos intentos de establecer fundamentos seguros para sus enunciados. Desde un racionalismo ya superado a distintas propuestas como la empirista o el empirismo lógico que no han resistido la crítica y han debido abandonarse. El ideal de construir un sistema coherente, lógico y necesario en términos del cual cada elemento de la experiencia puede ser interpretado ha resultado ser demasiado ambicioso.

En ciencia, al menos una parte de sus afirmaciones está sujeta a verificación empírica. Esto nos permite reforzar nuestra confianza en sus conclusiones y nuestra creencia en entidades teóricas como los quarks o los estados cuánticos, que sólo son observables indirectamente. En filosofía, sin embargo, sus enunciados no pueden considerarse definitivos. El empirismo lógico e, inicialmente, la filosofía analítica, intentaron eliminar las afirmaciones metafísicas inverificables, incorporando en su lugar el análisis lógico de los enunciados filosóficos basado en las técnicas de Frege y Russell. La aspiración era alcanzar respuestas con el mismo grado de confiabilidad que las científicas. El intento de eliminar las afirmaciones que no pueden verificarse empíricamente se abandonó rápidamente al observarse que las propias reglas para la adopción de afirmaciones aceptables no eran verificables empíricamente. La aspiración de limitarse únicamente a proposiciones de carácter lógico, tautologías o proposiciones sintéticas verificables empíricamente resultó demasiado restrictiva. Actualmente, pragmatistas como Rorty (1994) o Davidson (1986) comparten esencialmente la posición de James que considera que lo 'verdadero' es solo lo conveniente respecto a nuestro pensamiento como lo correcto es lo conveniente respecto de nuestra conducta. 'Verdadera' es cualquier cosa que demuestre ser buena como creencia por razones definidas y asignables.

Lo que deseamos analizar aquí es la posibilidad de tener en la filosofía de la conciencia otra fuente de contrastación que dé criterios para elegir entre diferentes ontologías de la mecánica cuántica. A nuestro entender, cuando se trata del estudio del problema mente cuerpo al análisis filosófico tradicional se le puede sumar otras formas de validación, porque existe un doble acceso: el neurocientífico y el fenoménico.

### 3. El problema mente cuerpo

Percibir, pensar, sentir, creer o desear son fenómenos mentales comunes a todos los seres humanos y dependen, en diversos grados, de nuestra experiencia consciente. Accedemos a la conciencia de forma directa, y a través de ella, a todo lo demás que conocemos. Sin embargo, reflexionar sobre la conciencia resulta especialmente difícil. Aunque nuestro conocimiento científico del mundo se ha desarrollado gracias a ella, enfrentamos serias dificultades para definirla o comprender su significado desde las ciencias naturales. Pese a que una vida sin conciencia parecería carecer de sentido, solemos subestimar su importancia, tratándola como un fenómeno emergente que eventualmente podrá explicarse como otro proceso físico más. Sin embargo, integrar la conciencia en nuestra descripción científica de la realidad —resolver lo que Chalmers (1997) denomina el 'problema mente-cuerpo difícil'— no es posible sin antes determinar qué tipo de información nos proporcionan las ciencias físicas sobre la naturaleza material del mundo.

Explicar las cualidades fenoménicas en términos de procesos cerebrales ha resultado imposible hasta ahora. Uno de los enfoques más antiguos que sigue despertando gran interés es el panpsiquismo. En trabajos anteriores hemos mostrado que es posible avanzar significativamente en esta perspectiva mediante una revisión crítica de los supuestos filosóficos, muchos de ellos influenciados por la física clásica, y evaluar su relevancia a la luz de la física moderna. Aunque ha transcurrido más de un siglo desde que se establecieron las bases de la mecánica cuántica, su incorporación al análisis filosófico ha sido esporádica. Esta omisión suele justificarse apelando a la supuesta inaplicabilidad de la mecánica cuántica a ciertos aspectos de la realidad y al riesgo de emplearla sin el debido rigor. Sin embargo, el análisis del problema de la conciencia desde una perspectiva cuántica no solo es viable, sino que permite resolver objeciones fundamentales que históricamente se han dirigido al panpsiquismo. Para Chalmers (1997 p.5):

“En última instancia, uno esperaría que una teoría de la conciencia pudiera, al menos, cumplir con lo siguiente: debería establecer las condiciones bajo las cuales los procesos físicos dan lugar a la conciencia y, en aquellos casos en los que esto ocurre, especificar qué tipo de experiencia está asociada a dichos procesos. También querríamos que la teoría explicara cómo surge la conciencia, de modo que su aparición resulte comprensible y no parezca un fenómeno mágico. Finalmente, desearíamos que esa teoría nos permitiera concebir la conciencia como una parte integral del mundo natural. Aunque en la actualidad resulte difícil imaginar cómo sería una teoría así, sin ella no podríamos decir que comprendemos plenamente la conciencia”.

Sin embargo, las ciencias naturales ofrecen una descripción del mundo en tercera persona. Explican la realidad a partir de la información que llega a nuestros sentidos sobre su comportamiento y sobre cómo reacciona ante las operaciones experimentales que realizamos. Describen estructuras y procesos no cualidades. La conciencia, en cambio, es la manifestación de nuestro acceso directo al mundo en primera persona. En el mejor de los casos, solo podríamos aspirar a comprender qué estados y eventos cerebrales se corresponden con determinadas percepciones y sentimientos (véase Gambini and Pullin (2024 a)).

El panpsiquismo sostiene que la naturaleza intrínseca de lo físico es de carácter experiencial, lo que permitiría una explicación natural de la conciencia. No obstante, cuando esta postura se apoya en la física clásica, enfrenta dificultades para explicar cómo pueden emergir mentes complejas a partir de la interacción entre entidades micro conscientes. Este desafío, conocido como el problema de la combinación, se plantea el problema de entender cómo sujetos conscientes «elementales», portadores de micro experiencias, podrían integrarse en un sujeto consciente «mayor» unificado. Para el panpsiquismo, este constituye un problema central, dado que la física clásica presupone que las propiedades del todo se derivan únicamente de las propiedades de las partes. En definitiva, de las partículas que componen el cerebro. El enfoque fiscalista clásico recurre al concepto de superveniente para explicar la conciencia: un conjunto de propiedades T superviene sobre otro conjunto B si y solo si no pueden existir diferencias en T sin que existan también diferencias en B. En un marco clásico, dos sistemas solo pueden diferenciarse en la composición de sus partes o en las relaciones que estas mantienen entre sí.

David Chalmers (2016 a) distingue tres subproblemas. El problema de la combinación de sujetos: ¿Cómo forman los micro sujetos individuales un sujeto consciente unificado? El

problema de la combinación de cualidades: ¿Cómo se fusionan las diferentes micro experiencias en una experiencia cualitativa rica y unificada? El problema de la combinación de estructuras: ¿Cómo se organizan las micro conciencias en las estructuras complejas que experimentamos? Como se mencionó anteriormente, si se adopta una ontología basada en la física clásica, se necesita una forma de panprotopsiquismo constitutivo, donde cada propiedad del todo está determinada por las propiedades de sus partes individuales: las partículas que lo componen. Esta es la forma de pampsiquismo más afectada por el problema de la combinación.

Por el contrario, el pampsiquismo no constitutivo reconoce tanto las micro experiencias como las macro experiencias, pero sostiene que las macro experiencias no se fundamentan en las micro experiencias. Esta forma de pampsiquismo se alinea naturalmente con la ontología sugerida por la física cuántica (véase por ejemplo Teller (1986), Healey (1999) y Gambini et al. (2015)). Healey ha observado que la mecánica cuántica satisface un “holismo de propiedades físicas”, que establece que ciertos objetos físicos poseen propiedades y relaciones cualitativas intrínsecas que no supervienen a las propiedades y relaciones intrínsecas de sus componentes fundamentales. La aparición de nuevas propiedades en el ámbito cuántico en sistemas en estados entrelazados demuestra la novedad ontológica y la no-separabilidad inherentes a los fenómenos cuánticos, particularmente los relacionados al entrelazamiento (Gambini y Pullin 2024 a y b).

Los sistemas entrelazados exhiben propiedades que no pueden explicarse completamente por los atributos de sus partes individuales. Un sistema de dos partículas en estado entrelazado singlete o triplete ofrece un ejemplo sencillo: ciertas componentes del espín total del sistema están bien definidas, aunque las partículas individuales carecen de componentes de espín bien definidas. Estas propiedades emergentes pueden desempeñar un papel crucial en el surgimiento de la conciencia en sistemas compuestos por múltiples elementos. Además, el número de propiedades emergentes que no se derivan de las características de los componentes individuales aumenta exponencialmente con el número de constituyentes. Por ejemplo, un sistema de  $n$  partículas entrelazadas en espín puede existir en diferentes estados puros determinados por  $2^n$  coeficientes independientes mientras que en sistemas clásicos el número de estados crece linealmente con el número de partículas componentes. Cada estado cuántico corresponde a distintas propiedades del sistema total y a diferentes disposiciones o poderes causales para producir eventos en otros sistemas.

El comportamiento “holístico” de muchos sistemas cuánticos no es una excepción; más bien, es la norma en sistemas compuestos donde los componentes interactúan o han interactuado en el pasado. Por ejemplo, los electrones de un átomo multi electrónico están entrelazados (Gambini et al. (2015)). Las interacciones suelen conducir a estados entrelazados en sistemas multicomponentes. Gran parte del mundo que encontramos en nuestra vida diaria parece separable porque su naturaleza cuántica se ve enmascarada por el fenómeno generalizado de la decoherencia ambiental, que produce los comportamientos clásicos que observamos en los objetos macroscópicos.

En la próxima sección presentaremos una ontología de eventos y estados basada en la mecánica cuántica con un doble aspecto: físico en tanto describe el mundo en tercera persona y fenoménico accesible en primera persona y discutiremos como pueden ciertos fenómenos cuánticos ocurrir en el cerebro. De este modo, algunos eventos en nuestro cerebro podrían, al menos en parte, ser directamente accesibles como percepciones. Esta perspectiva puede entenderse como una forma de panprotopsiquismo, doctrina según la cual las entidades físicas fundamentales poseen características intrínsecas que, si bien no son mentales en sí mismas,

al organizarse de manera adecuada dan lugar a la conciencia en criaturas complejas como nosotros (Wishon 2017). Específicamente Wishon distingue entre tres visiones filosóficas que consideran que las mentes o los ingredientes básicos que conducen a ellas están ampliamente distribuidos en la naturaleza. La primera es el panpsiquismo, que es la doctrina que sostiene que lo mental es una característica fundamental y omnipresente del universo. La segunda es el panprotopsiquismo, que sostiene que las entidades físicas fundamentales, si bien no poseen mentes, poseen las características esenciales que dan lugar a contenidos fenoménicos cuando se organizan en un sistema físico suficientemente complejo. La tercera es el monismo neutro, que sostiene que tanto las mentes como las entidades físicas se construyen a partir de elementos más básicos de la realidad que, en sí mismos, no son ni mentales ni físicos. Chalmers (2016 b) agrega al respecto: “El panprotopsiquismo es entonces la visión que algunas entidades físicas tienen propiedades proto fenoménicas”. En lo que sigue denominaremos, indistintamente en muchos casos, como fenoménicas a esas características esenciales, aunque en rigor deberían tratarse como proto fenoménicas cuando nos refiramos genéricamente a sistemas físicos simples. Por ejemplo, a las propiedades del estado cuántico enredado de un sistema de dos partículas con spin formando un triplete.

## 4. Panprotopsiquismo cuántico

En una ontología cuántica, los fenómenos conscientes —como las sensaciones o voliciones— pueden asociarse a estados y eventos en nuestro cerebro a los que tenemos acceso en primera persona. Es decir, mientras que solo accedemos indirectamente en tercera persona a los eventos de los sistemas que estudiamos físicamente —los conocemos en última instancia a través de sus efectos sobre otros objetos y sobre nosotros mismos—, tenemos acceso directo a los eventos cerebrales en la medida en que somos conscientes de ellos. En este sentido, puede afirmarse que solo a través de la conciencia tenemos una idea de cómo son las cosas en sí mismas. Bertrand Russell adoptó en 1927 una postura cercana a esta forma de panprotopsiquismo (Russell 2007) al afirmar: “La materia en un lugar dado consiste en todos los eventos que ocurren allí...”. Continúa diciendo en el mismo libro:

“Creo... que una explicación científica definitiva de lo que sucede en el mundo, si fuera determinable, se parecería más a la psicología que a la física... dicha explicación no se contentaría con hablar, ni siquiera formalmente, como si la materia, que es una ficción lógica, fuera la realidad última.”

### 4.1. Panprotopsiquismo de estados y eventos cuánticos

La postura aquí presentada difiere en dos aspectos importantes de la de Russell. En primer lugar, entre las dos alternativas siguientes: i) la naturaleza intrínseca de la realidad física es fenoménica en sí misma y presenta comportamientos en tercera persona descritos por eventos y estados o ii) dicha naturaleza no es ni física ni mental, pero da lugar a ambos aspectos. Russell parece inclinarse por la segunda, conocida como monismo neutral. Sin embargo, como hemos observado, las ciencias naturales solo acceden al mundo en tercera persona a través de modelos físico-matemáticos. El acceso en primera persona —único que puede revelar la naturaleza intrínseca de las cosas— revela contenidos mentales. Por tanto, parece preferible la

primera opción, que afirma la centralidad del mundo fenoménico para describir la naturaleza intrínseca de la realidad física, aunque para sistemas físicos simples no pueda hablarse de conciencia.

La ontología del panprotopsiquismo cuántico también se aparta de la propuesta de Russell al poner énfasis no solo en los eventos, sino también en sistemas en ciertos estados. Si los eventos cuánticos poseen un aspecto fenoménico intrínseco, cabe preguntarse si un carácter intrínseco similar podría aplicarse a los sistemas en ciertos estados. Experiencias como las pasiones, las emociones y los comportamientos voluntarios que estas motivan podrían corresponder a estados cuánticos disposicionales. En efecto la descripción objetiva más adecuada de los estados está dada por sus disposiciones a producir eventos en procesos de medición arbitrarios — matemáticamente caracterizan las amplitudes de probabilidad de que tales eventos se produzcan. Es precisamente este componente volitivo el que podría estar asociado con estados cuánticos entendidos como expresiones de tendencias o disposiciones. Cabe destacar las notables similitudes entre las características de los fenómenos mentales —como las emociones, las intenciones y los sentimientos— que son a la vez disposicionales y privados, y las propiedades de los estados cuánticos. Caracterizar la disposición de un estado a actuar sobre otro sistema implica ofrecer su descripción más completa, la cual se expresa mediante un vector o un operador densidad en un espacio de Hilbert. Los estados son privados en el sentido de que no es posible determinar con precisión en qué estado se encuentra un sistema mediante una única medición. Para lograr una determinación completa del estado, es necesario contar con un conjunto de sistemas idénticos preparados en el mismo estado y realizar mediciones sobre cada uno de ellos. Como no tiene sentido hablar de un conjunto de estados mentales idénticos, estos resultan inaccesibles para observadores externos. Es importante señalar que, en la visión panpsiquista cuantica que estamos proponiendo, los estados tendrían simultáneamente aspectos psicológicos y fenoménicos. En efecto, es el estado el que determina las tendencias o disposiciones que estudia la física y que conducen a la producción de eventos. Los estados mentales cuánticos cumplen una doble función: por un lado, como disposiciones que determinan probabilidades de ciertas acciones, estudiadas por la psicología; y por otro, al poseer un aspecto interno expresado en deseos o emociones, poseen también carácter fenoménico. Se ha argumentado que los estados no pueden considerarse reales porque su definición es ambigua. Por ejemplo, al considerar sistemas no locales, como partículas en estados entrelazados que ocupan diferentes posiciones en el espacio-tiempo, se vuelve problemático definir un estado en un momento específico, ya que esta noción depende del marco de referencia de Lorentz elegido. Sin embargo, si definimos el estado por su disposición a producir eventos, se puede demostrar rigurosamente (Gambini y Porto 2001) que esta disposición está definida de forma única e independiente Lorentz, y que el estado en la imagen de Heisenberg solo cambia cuando ocurren los eventos. La disposición a producir eventos con ciertas probabilidades, aún si están separados espacialmente, es una propiedad objetiva de los estados (Pusey et al. 2012). Esto enfatiza la objetividad de los estados cuando se describen en términos de disposiciones, otorgándoles el mismo estatus ontológico que los eventos, que representan el aspecto físicamente ostensible de la realidad [Gambini y Pullin 2024 a y b].

## 4.2. El panprotopsiquismo cuántico resuelve el problema de la combinación

Strawson (2017 p. 3) considera que la creencia común de que las experiencias conscientes son básicamente inexplicables en términos físicos se deriva de la suposición de que “lo físico es, en sí mismo, algo fundamentalmente no experiencial por naturaleza”. Para un panprotopsiquista, la naturaleza intrínseca de lo físico es experiencial y, por lo tanto, la conciencia es naturalmente explicable. Comprender el panpsiquismo a partir de ontologías basadas en la física clásica es problemático, ya que no explica cómo surgen mentes complejas de las interacciones entre numerosas entidades fundamentales que podrían poseer micro conciencia. El desafío, conocido como el problema de la combinación (Goff et al. 2022), radica en comprender cómo sujetos conscientes “pequeños” con sus micro experiencias pueden combinarse para formar un sujeto consciente “grande” con sus propias experiencias. Esta cuestión afecta todos los aspectos de nuestra vida consciente, tanto en relación con nuestra subjetividad como con nuestras percepciones, y los panpsiquistas lo consideran un desafío significativo a su perspectiva. El problema fue planteado originalmente por William James (James 2017 p.160) en los siguientes términos,

“Cuando se supone que las unidades elementales [que componen las mentes complejas] son sentimientos, la situación no cambia en absoluto. Tomen cien de ellos, mézclenlos y agrúpenlos lo más posible (sea lo que sea que eso signifique); aun así, cada uno conserva el mismo sentimiento de siempre, encerrado en su propia piel, sin ventanas, ignorante de lo que son y significan los demás sentimientos. Habría allí un sentimiento centésimo primero si, al establecerse un grupo o una serie de tales sentimientos, emergiera una conciencia perteneciente al grupo como tal... pero no tendrían una identidad sustancial con él, ni él con ellos, y nunca se podría deducir uno de los otros, ni (en ningún sentido inteligible) decir que lo desarrollaron... Las mentes privadas no se aglomeran en una mente compuesta superior.”

El problema resulta de la hipótesis implícita de que, como en física clásica, las propiedades de las partes permanecen invariables en el todo y que las propiedades del todo no son más que funciones de las propiedades de sus partes, están dadas por ellas.

Chalmers (2016 a) ha analizado las formas que adopta el problema de la combinación en el enfoque panpsiquista, identificando tres subproblemas basados en diferentes aspectos de la conciencia fenoménica: su carácter subjetivo —siempre implica un sujeto—, su carácter cualitativo —implica un gran número de cualidades diferentes—, y su carácter estructural —se organiza en estructuras muy complejas—. Se denominan respectivamente problema de combinación de sujetos, problema de combinación de cualidades y problema de combinación de estructuras.

Las propiedades holísticas y probabilísticas de los sistemas cuánticos son clave para la solución de los problemas de combinación del panpsiquismo y el panprotopsiquismo. Por ejemplo, el problema de la combinación de cualidades implicaría comprender cómo las micro cualidades de las partículas que componen el cerebro se combinan para producir macro cualidades, como el sonido particular de un instrumento musical. El análisis cuántico en términos de estados y eventos discutido previamente permite plantear el problema en términos mucho más prometedores. De hecho, en un sistema cuántico entrelazado, las partes pierden su individualidad

y, como en los ejemplos anteriores de sistemas de espín, solo están definidas las propiedades del todo. En otras palabras, en un sistema cuántico capaz de mantener su entrelazamiento, compuesto por sistemas de moléculas como en el modelo de cognición de Fisher (2015) o de fotones acoplados al sistema neuronal, aparecerían cualidades macro sin dejar rastro de las cualidades micro de las entidades implicadas en su constitución (Gambini y Pullin 2024 a). Como se muestra en (Gambini y Pullin 2024 b), el tratamiento de la subjetividad que mejor se adapta al contexto cuántico es el de Whitehead, ya que puede aplicarse a procesos físicos elementales. Involucra la relación entre proto sujetos y sistemas en ciertos estados. Según Whitehead (1933), al extenderse a cualquier sistema físico, la forma fenoménica más básica de experiencia tendría un carácter emocional. Dice p.176: «El hecho básico es el surgimiento de un tono afectivo que se origina en cosas cuya relevancia se da... sobre el estatus del [objeto] provocador en la ocasión provocada». Este tipo de actividad subjetiva se denomina «prehensión». En términos whiteheadianos, (Whitehead 1978 p.19): «Una prehensión... se refiere a un mundo externo, y en este sentido se dirá que tiene un 'carácter vectorial'; implica emoción, propósito, valoración y causalidad», de forma análoga a los estados que tienen disposiciones a producir eventos en otros sistemas. Whitehead es un panprotopsiquista; no atribuye conciencia a todas las entidades en las que ocurren prehensiones o eventos. Para él, la ocurrencia de eventos en sistemas físicos está precedida —o seguida— por la prehensión de un proto sujeto.

Las proto manifestaciones de las ocasiones de experiencia, es decir, las prehensiones, en sistemas cuánticos simples se extienden desde la preparación de un sistema en un estado determinado hasta su medición. Como se discutió en (Gambini y Pullin 2024 b), la preparación permite colocar el sistema en un estado particular y se asocia con la medición de un sistema previo que conduce a un evento observable. Cuando se mide un sistema en un estado, conduce a un evento resultante de una elección aleatoria que termina cambiando o aniquilando el estado previo. Esquemáticamente, en una preparación, los eventos colocan al sujeto en un estado determinado; en una medición, el sujeto en un estado determinado produce un evento en el objeto al final de un proceso fenoménico. En la primera, una prehensión nace con el evento que caracteriza sus propiedades, en particular sus cualidades fenoménicas; en la segunda, muere con la producción de un evento a través de su interacción con otros sistemas físicos. La primera puede asociarse con un proceso sensible; produce una calidad fenoménica, una proto percepción. En el segundo, el proceso fenoménico culmina con una acción, un acto proto volitivo correspondiente a la elección de un evento. La elección, el evento particular no está determinado, dado el carácter probabilista de la cuantica lo que el sistema produce como efecto es un evento que no procede de una causa previa lo que hace que la física cuantica a diferencia de la clásica no presente clausura causal. Ambos procesos se analizaron en detalle en artículos anteriores (Gambini y Pullin 2024 b).

Si intentamos extrapolar lo analizado para mediciones o preparaciones elementales a un proceso mental, el sistema cuántico estará representado por un estado entrelazado de múltiples partículas. Algunos componentes de este estado interactuarán con el sistema neuronal, induciendo o experimentando un cambio en el estado del sistema cuántico. Si se trata de una preparación del estado, se manifestaría como una nueva percepción vinculada al evento previo. Si se trata de una medición, se manifestaría como una volición. Como hemos señalado, cuando el sistema cuántico total se entrelaza, los estados individuales de sus componentes pierden su carácter distintivo, haciendo que el único sujeto relevante sea el correspondiente a todo el sistema entrelazado. Este punto se ha enfatizado en el análisis del problema de combinación de cualidades. Una vez identificado el sistema entrelazado total como sujeto de experiencias

sucesivas, el problema de suma de sujetos puede resolverse de la misma manera que los demás problemas de combinación, gracias a la ontología cuántica de estados entrelazados.

Finalmente, analicemos el problema de la combinación de estructuras. Las percepciones tienen contenido informativo. Nos brindan la única perspectiva (inmediata) sobre la realidad, algo que nunca puede obtenerse por medios conceptuales o lógicos. Como hemos visto, las percepciones siguen a eventos que preparan los estados que constituyen las prehensiones. Nuestras percepciones son ricas no solo en cualidades, sino también en estructura. La riqueza de nuestras percepciones y su organización en representaciones espaciales o temporales complejas que combinan datos de diferentes sentidos parecen ser muy diferentes de la estructura de la organización neuronal. Un aspecto particularmente apremiante de este problema, denominado “problema de la granularidad”, es que las experiencias parezcan fluidas y continuas, de una manera que contradice la estructura discreta y particularizada de las propiedades neurológicas del cerebro. Chalmers (2016) plantea el problema de la siguiente manera:

“La estructura macro física (en el cerebro, por ejemplo) parece completamente diferente de la estructura macro fenoménica que experimentamos. Las micro experiencias presumiblemente tienen una estructura que se corresponde estrechamente con la estructura microfísica..., y podríamos esperar que una combinación de ellas produzca algo similar a la estructura macro física. ¿Cómo se combinan para producir, en cambio, una estructura macro fenoménica?”

El problema de la granularidad no se plantearía en nuestro modelo, ya que el sistema cuántico entrelazado solo tendría, como vimos, propiedades holistas. Sin embargo, existe un segundo aspecto del problema de la estructura: nuestras macro experiencias tienen una estructura rica, que implica la compleja organización espacial de los sentidos visual, auditivo y otros con un alto contenido informativo. ¿Cómo pueden las micro experiencias conducir a la rica estructura de las percepciones y a su amplio contenido informativo?

Los cognitivistas denominan cognición nuclear a las capacidades innatas no adquiridas por las experiencias del sujeto. Un ejemplo sencillo de cognición nuclear es la visión binocular, que permite reconocer formas tridimensionales a pesar de que las proyecciones en la retina son bidimensionales. Este ejemplo fue intensamente debatido entre empiristas como Berkeley y Hume, así como entre los racionalistas cartesianos. Los primeros afirman que el reconocimiento de formas surge de la integración de las experiencias visuales y motoras. Los racionalistas consideran que existen mecanismos innatos que permiten, por ejemplo, determinar la profundidad de una imagen a partir de la información resultante de la discordancia entre las imágenes recibidas por ambos ojos. Los cognitivistas modernos se inclinan a pensar —sorprendentemente tras siglos de críticas al apriorismo— que existen mecanismos innatos que intervienen en la percepción de la distancia y la profundidad de los objetos. Una confirmación de este punto de vista proviene de los estudios de Eleanor Gibson y Richard Walk (1960), quienes observaron que los recién nacidos humanos y animales que no han tenido la oportunidad de formar asociaciones entre diferentes datos sensoriales evitan la región profunda de un acantilado percibida visualmente. Algo similar ocurre con la capacidad innata de distinguir entre los primeros números naturales, por ejemplo, reconocer cuando se está ante un objeto, dos o tres de ellos. La primera capacidad adquirida relacionada con la noción de número parece ser la de contar. En conclusión, parece difícil comprender la presencia de conceptos primitivos o a priori en niños pequeños y animales si no tuvieran acceso a dispositivos computacionales proporcionados por la evolución que funcionan como analizadores innatos de los datos sensoriales, por ejemplo, de

los proporcionados por la visión binocular.

Si esta capacidad informativa de las estructuras contenidas en las percepciones se desarrolló debido a la evolución darwiniana, se necesita alguna forma de eficacia de los contenidos fenoménicos para cambiar las capacidades adaptativas. En las últimas décadas, ha aumentado la convicción de que la conciencia está presente no solo en mamíferos y aves, sino también en animales primitivos como gusanos o medusas (Ginsburg y Jablonka 2019), y existen múltiples ejemplos de la evolución de nuestras capacidades perceptivas.

El comportamiento animal se rige completamente por la información derivada de sus percepciones, sin ningún tipo de análisis conceptual. A medida que ascendemos en la escala evolutiva, estas percepciones se vuelven cada vez más complejas e informativas. Desde una perspectiva darwiniana, esto implica que los aspectos fenoménicos de la percepción deben contribuir a las ventajas adaptativas, permitiendo que la selección natural actúe sobre ellos. En el marco de la física clásica, tales interacciones físico-fenoménicas serían imposibles debido a su clausura causal de los sistemas mecánicos clásicos. Las interacciones entre el sistema nervioso y su contraparte fenoménica son esenciales para explicar este desarrollo de las capacidades informativas de las percepciones. La apertura causal de la mecánica cuántica, donde distintos eventos pueden ocurrir en una medición gracias al indeterminismo cuántico sin causa física alguna, permite que tales interacciones ocurran. En un sistema cuántico como el descrito, lo fenoménico podría influir en lo físico al determinar qué eventos de activación neuronal ocurren durante la interacción entre el estado cuántico y la red neuronal del cerebro, que actuaría como un dispositivo de medición. Una mejor estructuración de las percepciones conducirá a una mejor identificación de los objetos y, en consecuencia, a una mayor capacidad de adaptación.

### 4.3. El panprotopsiquismo cuántico y sus consecuencias empíricas

Existen objeciones físicas que todo modelo de conciencia basado en la mecánica cuántica debe afrontar. Hace algunos años, Tegmark (2000) presentó un análisis cuantitativo de los efectos de la decoherencia ambiental en el cerebro, sugiriendo que dichos procesos ocurren muy rápidamente. Las escalas de tiempo de decoherencia suelen ser mucho más cortas que las escalas de tiempo relevantes para la activación neuronal regular destruyendo el entrelazamiento inmediatamente. Cabe destacar que en las últimas décadas se han encontrado varias manifestaciones de la mecánica cuántica, como el efecto túnel, la superposición, la coherencia y el entrelazamiento, en diferentes sistemas biológicos (McFadden, 2016), (Ikeya 2021). Hoy sabemos que los efectos de decoherencia observados por Tegmark no son suficientes para eliminar todos los fenómenos cuánticos en los sistemas biológicos que existen más allá del nivel molecular.

El panprotopsiquismo cuántico podría recibir confirmación empírica si fuera posible observar sistemas cuánticos en el cerebro capaces de mantener su coherencia por tiempos suficientemente grandes con relación al necesario para generar percepciones conscientes, que es del orden del segundo. Sistemas extendidos en regiones suficientemente grandes como para inducir selectivamente descargas neuronales. Si tales sistemas pudiesen ser correlacionados con actividades conscientes de carácter fenoménico ciertas ontologías cuánticas se harían más plausibles mientras que otras perderían interés. Modelos de cognición cuántica con estas características como el ya mencionado de Fisher (2015) parecen proporcionar escenarios posibles que satisfacen los requerimientos de formas cuánticas de panprotopsiquismo como las aquí

mencionadas.

Con fines ilustrativos del tipo de modelos en que estamos pensando presentamos una versión sumaria del modelo de Fisher. Se trata de un modelo inspirado en la siguiente observación sobre los efectos del litio en la moderación de la manía y el trastorno bipolar. Los iones de litio  $\text{Li}^+$  son muy simples con una estructura electrónica esférica. Este simple elemento tiene, sin embargo, efectos notables en la psique humana —y animal—. Los dos isótopos del litio, Li-7 y Li-6, tienen efectos opuestos en el comportamiento de las ratas. Para las ratas que toman Li-7, las capacidades cognitivas se ralentizan, mientras que para Li-6, se mejoran. Pero ambos isótopos tienen exactamente el mismo comportamiento químico. El origen de sus manifestaciones psicológicas opuestas sólo puede atribuirse a las diferentes propiedades nucleares. La diferencia más notable es su espín nuclear y, por lo tanto, su capacidad de interactuar electromagnéticamente con el entorno. Mientras que Li-7 tiene un tiempo de decoherencia de unos pocos segundos, Li-6 tiene tiempos de decoherencia del orden de varios minutos. La aparente correlación entre las propiedades de los espines nucleares y la cognición llevó a Fisher a estudiar posibles mecanismos de procesamiento de la información cuántica en el cerebro basados en unidades cuánticas de información asociadas con el espín nuclear.

El modelo de Fisher se basa en espines nucleares capaces de interactuar con el sistema neuronal. El modelo describe el entrelazamiento de espines de fósforo y calcio que forman parte de los cúmulos de Posner, también conocidos como moléculas de Posner, que presentan largos tiempos de decoherencia. Estos son transportados a neuronas presinápticas (una neurona desde cuyo axón terminal se transmite un impulso eléctrico a través de una hendidura sináptica hasta el cuerpo celular o una o más dendritas de una neurona postsináptica mediante la liberación de un neurotransmisor químico). Las moléculas de Posner finalmente se descomponen, produciendo eventos de activación neuronal postsináptica. Múltiples moléculas de Posner entrelazadas, que desencadenan correlaciones cuánticas no locales en las tasas de activación neuronal, proporcionarían el mecanismo clave para el procesamiento cuántico neuronal. Fisher propuso un mecanismo para transportar componentes de estos sistemas con múltiples entrelazamientos a diferentes regiones del cerebro. La activación neuronal podría desencadenarse mediante ‘mediciones’ que corresponden a la producción de eventos cuánticos. El resultado neto sería la obtención de correlaciones cuánticas no locales en la activación neuronal. Los aspectos fenoménicos estarían ligados como hemos observado al sistema cuántico de moléculas de Posner entrelazadas.

La existencia de sistemas cuánticos entrelazados en el cerebro capaces de realizar algún tipo de computación cuántica e interactuar con neuronas parece ser el requisito principal para sistemas conscientes sin problemas de combinación que incluyan formas eficaces de actividad mental, como la toma de decisiones. Modelos como el de Fisher o modelos más sofisticados, que incluyen mediciones sin demolición, son los que pueden proporcionar los elementos necesarios para una actividad consciente consistente con el comportamiento fenoménico observado. Si alguno de estos mecanismos cuánticos tuviese confirmación, la ontología de estados y eventos discutida más arriba resultaría no solo coherente con nuestras experiencias fenoménicas sino también con la evidencia empírica. Una revisión reciente sobre modelos cuánticos puede encontrarse en (Gasaab 2024)

## 5. Ontología de estados y eventos de la mecánica cuántica

A continuación, introduciremos brevemente la ontología de estados y eventos para la mecánica cuántica que incluye las entidades teóricas y las contrapartes que según el panprotopsiquismo cuántico corresponden a los elementos intrínsecos de carácter fenoménico que componen la conciencia. La ontología incluye los elementos requeridos para que el panprotopsiquismo sea válido, pero no toma partido por una interpretación particular del problema de las mediciones, siendo compatible con un conjunto amplio de interpretaciones y excluyendo muchas otras.

### 5.1. Formalismo cuántico, entidades teóricas y fenoménicas

Los axiomas de la mecánica cuántica, por ejemplo, en la forma en que le diera von Neumann hacen referencia a las nociones primitivas, implícitamente definidas, de sistema, estado y observable que están asociadas a objetos matemáticos de su formalismo. Un sistema cuántico se describe mediante un espacio de Hilbert que representa el conjunto de sus posibles estados y los eventos que pueden ocurrir en el sistema. Con base en esta ontología, los estados y los eventos pueden considerarse los componentes básicos de la realidad. En una interpretación de eventos como las que estamos considerando, ellos son las entidades ostensibles reales a las que podemos asociar, indexicalmente, ciertos elementos del formalismo matemático llamados proyectores. Los estados describen las disposiciones de los sistemas a producir ciertos eventos, permitiendo calcular las probabilidades de observar un determinado evento en una medición dada o producir un evento en otro sistema macroscópico.

Un objeto cuántico es un sistema en un estado dado. El elemento hidrógeno es un sistema cuántico. Un átomo particular es un sistema en un estado dado, un objeto. Se caracteriza por su disposición a producir eventos en otros sistemas: por ejemplo, la emisión de un fotón que produce un clic en un fotodetector (Gambini and Pullin 2016). La realidad concreta accesible a nuestros sentidos está constituida por eventos localizados en el espacio-tiempo. Como reconoció Whitehead (1933): “el evento es la unidad última de los fenómenos naturales”. Los eventos tienen propiedades asociadas. La mecánica cuántica proporciona probabilidades para la ocurrencia de eventos y sus propiedades.

Cuando ocurre un evento, como en el caso de una manchita en una placa fotográfica en el experimento de la doble rendija, típicamente se actualizan muchas propiedades. Por ejemplo, la mancha puede ser más oscura en un lado que en el otro, o puede tener una de muchas formas posibles. El propio evento no es otra cosa que una propiedad instanciada que está matemáticamente representada por un proyector en el espacio de Hilbert del aparato de medida. La asociación postulada entre propiedades y objetos típica de la física clásica es ahora sustituida por una asociación de propiedades con eventos. Los objetos entendidos como sistemas en cierto estado disposicional no tienen propiedades hasta que son medidos o producen eventos. Solo hay una excepción a esta regla. Uno puede en principio asignar algunas propiedades a los estados puros. Estas propiedades son las observadas durante la preparación del estado. Por ejemplo, a una partícula con espín que se desvía hacia arriba en un aparato de Stern Gerlach se le puede asignar un estado  $|z, \text{up}\rangle$  donde  $z$  identifica la dirección de desviación y ‘up’ el sentido.

Las entidades teóricas incluidas hasta ahora están asociadas a las nociones primitivas a las que se refieren los axiomas. Caracterizan elementos de la realidad intersubjetiva a los cuales accedemos en tercera persona. La física se ocupa de los eventos que constituyen los objetos a los cuales accedemos con nuestros sentidos y de los estados que caracterizan la información disponible sobre como un sistema se dispondrá a producir eventos al interactuar con otro sistema. En nuestra descripción panpsiquista son la base física de las prehensiones. Las prehensiones son la contraparte fenoménica o mental de los estados, de las cuales éstos proporcionan información parcial. Caracterizan la información física asociada a sus propiedades intrínsecas, a las cual en algunos casos también podemos acceder en primera persona. Los contenidos fenoménicos no son agotados por su descripción física. Esta ontología es compatible tanto con la visión epistémica como con las realistas. En ambos casos los estados son una herramienta útil para predecir comportamientos futuros, describiendo su disposición a producir eventos. Diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica ofrecen diversas perspectivas sobre el status de los estados: algunas sugieren una naturaleza cuántica real, aunque extraña, mientras que otras sostienen que la teoría describe nuestro conocimiento del sistema, más que el sistema en sí. Implícitamente las interpretaciones epistémicas apuntan a una realidad que no se piensa o no se puede pensar, al menos en la medida que deseamos limitarnos a lo físicamente analizable.

Como hemos señalado antes, la disposición a producir eventos separados espacialmente en el sentido relativista es independiente del orden temporal que se asigna a dichos eventos. De hecho, el orden asignado es puramente convencional, ya que depende del marco de referencia utilizado. El concepto de estados en sistemas cuánticos es necesariamente holístico en el espacio-tiempo. Eventos no simultáneos pueden estar correlacionados.

## 5.2. Eficacia fenoménica y apertura causal de la mecánica cuantica.

Los estados cuánticos se manifiestan en la producción de eventos durante las mediciones. Para el panprotopsiquismo considerado aquí, los estados cuánticos son la manifestación física de las prehensiones de un sujeto. Cada vez que ocurre un evento, este es precedido por la prehensión de un proto sujeto de experiencia. Un elemento esencial de este proceso, su clímax, es la elección de uno de los posibles resultados durante el proceso de medición. Gracias a la mencionada apertura causal de la mecánica cuántica, la esfera fenoménica es eficaz y capaz de manifestarse físicamente, en particular, estructurando las percepciones y mejorando las capacidades adaptativas.

Frecuentemente se asume como universalmente válida la clausura causal del mundo físico, pero esto, como veremos, no es válido en el caso cuántico. Papineau (2009) define el fisicalismo como la postura de que todo lo existente está constituido físicamente. Es decir, todas las entidades son físicas o dependen de propiedades físicas: si dos entidades pueden influir en un sistema físico de forma diferente, entonces deben diferir en sus componentes físicos. Según Papineau, el auge del fisicalismo se deriva de la creencia en la completitud de la física, específicamente, del principio de cierre causal rigurosamente verdadero en física clásica, que sostiene que todo efecto físico tiene una causa física. Sin embargo, reconoce que, en el contexto de la mecánica cuántica, este principio debe reformularse: en lugar de la causalidad estricta, la teoría estipula que las probabilidades de los eventos físicos están determinadas por condiciones físicas previas. A pesar de ello, Papineau minimiza la relevancia de esta reinterpretación y procede como si el cierre causal clásico aún se mantuviera. Este rechazo plantea dudas sobre

la consistencia de su fisicalismo. En la mecánica cuántica, los eventos se despliegan mediante la realización de uno entre varios resultados probabilísticos, sin que ninguna causa física subyacente determine cuál ocurre. Por ejemplo, la aparición de un punto en la placa fotográfica en el experimento de la doble rendija carece de una causa física que explique su posición exacta. La mera especificación de las probabilidades con las que ciertos eventos podrían ocurrir no basta para explicar los resultados concretos resultantes que podrían tener por ejemplo un origen fenoménico. Obviamente si reproducimos la misma experiencia partiendo de electrones que se encuentran en estados idénticos el orden y la posición en que las manchitas aparecerán será diferente.

Una postura común entre los fisicalistas, incluyendo a Papineau, es tratar la naturaleza probabilística de la mecánica cuántica como equivalente a la aleatoriedad. Esta perspectiva descarta la posibilidad de que los eventos cuánticos tengan un origen más allá del ámbito físico, aun cuando se ajusten a las probabilidades predichas por la teoría cuántica. A menos que esta posibilidad de un origen no físico, por ejemplo, de índole fenoménico se descarte definitivamente, la apelación a la mecánica cuántica para sustentar el cierre causal se vuelve circular: la afirmación de que los efectos cuánticos sólo pueden tener causas físicas se basa en el supuesto de que los resultados individuales son puramente aleatorios, lo cual, a su vez, solo se justifica si ya se acepta el fisicalismo.

Por lo tanto, en el contexto cuántico, el tipo de cierre causal necesario para sustentar el fisicalismo debe presuponerlo, asumiendo que la aleatoriedad en sí misma es una explicación suficiente para dar cuenta de la ocurrencia de eventos incluyendo aquellos que forman parte de prehensiones. La mecánica cuántica nos permite incluir aspectos proto fenoménicos como una cualidad intrínseca asociada a los eventos y estados cuánticos. En el caso de muchos animales, la existencia de aspectos fenoménicos causalmente efectivos explica cómo las percepciones se estructuran y adquieren progresivamente capacidad informativa gracias a la evolución darwiniana, y al menos en el caso de los humanos, permite incluir la libertad como un elemento determinante de la identidad personal sin la cual se hace muy difícil encontrar fundamentos sólidos a los comportamientos éticos o estéticos (Gambini and Pullin 2025). Estas propiedades fenoménicas son consistentes con la descripción matemática proporcionada por la mecánica cuántica, pero no reducibles a ella.

## 6. Interpretaciones de la mecánica cuántica incompatibles con el panprotopsiquismo cuántico.

La versión de panprotopsiquismo aquí presentada basada en una ontología de eventos constitutivos de la realidad aparente a la que accedemos indexicalmente y estados disposicionales con contenidos fenoménicos que permiten asignar probabilidades a eventos se ajusta bien a la axiomática de von Neumann de la mecánica cuántica. Si se confirmase la existencia de sistemas cuánticos de muchas componentes entrelazadas acoplados a la red neuronal las interpretaciones que no conducen naturalmente a la ontología de estados y eventos requerida para explicar los fenómenos conscientes serían menos atractivas. Entre ellas se encuentran las siguientes.

## 6.1. Teorías de variables ocultas locales y no locales

La introducción de variables ocultas surgió debido a los esfuerzos de aplicar las nociones que están en la base de la física clásica a la mecánica cuántica. En primer lugar, la creencia en la naturaleza local de la realidad basada en el empirismo británico que David Lewis define así (Maudlin 2007 Int. p.2):

"La superveniente Humeana recibe su nombre en honor al gran negador de las conexiones necesarias. Es la doctrina que sostiene que todo lo que existe en el mundo es un vasto mosaico de asuntos locales, de hechos particulares, solo una cosa pequeña y luego otra... Tenemos geometría: un sistema de relaciones externas de distancias espaciotemporales entre puntos... Y en esos puntos tenemos cualidades locales: propiedades intrínsecas perfectamente naturales que no necesitan nada mayor que un punto donde ser instanciadas. En resumen, tenemos una disposición de cualidades. Y eso es todo. No hay diferencia sin diferencia en la disposición de las cualidades. Todo lo demás sobreviene sobre eso."

No es necesario abundar en la diferencia radical que este punto de vista tiene con el presentado aquí. La idea de objetos físicos locales y separables también es aceptada por muchos físicos y adoptada implícitamente por quienes consideran como Einstein que la mecánica cuántica es incompleta. En su carta a Max Born (Born 2007) dice:

"Un aspecto esencial de esta disposición de las cosas en física es que pueden reclamar, en un momento determinado, una existencia independiente una de otra, siempre que estos objetos 'estén situados en diferentes partes del espacio'. A menos que uno haga este tipo de suposición sobre la independencia de la existencia de objetos que están muy separados unos de otros en el espacio ... el pensamiento físico en el sentido familiar no sería posible ... La siguiente idea caracteriza la independencia relativa de objetos muy separados en el espacio (A y B): la influencia externa sobre A no tiene influencia directa sobre B; esto se conoce como el 'principio de localidad' ... Si este axioma fuera ... abolido ... la postulación de leyes que puedan comprobarse empíricamente en el sentido aceptado se volvería imposible".

Esto llevó a Einstein y colaboradores Einstein 1935 a considerar que las no-localidades presentadas por la mecánica cuántica, por ejemplo, en los estados entrelazados, se deben a que se trata de una teoría incompleta de carácter estadístico. Dentro de este debate emergió el desarrollo de las llamadas teorías de variables ocultas locales. Las mismas asumen que existe una teoría determinista (y local) que describe la naturaleza, donde el valor preciso de todos los observables de un sistema físico está fijado por algunas variables desconocidas (las variables ocultas). La mecánica cuántica sería solo una aproximación estadística de esta teoría. Esta situación se asemeja a la termodinámica estadística, que describe de manera probabilística sistemas compuestos de muchas partículas, cada una comportándose de manera perfectamente determinista de acuerdo con las ecuaciones clásicas del movimiento (Genovese 2007). Las teorías de variables ocultas locales fueron descartadas como consecuencia de los teoremas de Bell y de sus diferentes comprobaciones experimentales. Las mismas mostraron que sólo son admisibles teorías de variables ocultas no locales como la de Bohm (1952) o teorías superdeterministas (Brans 1988). En ambos casos con ontologías que se adaptan

mejor a la física clásica que a la de estados y eventos y que son por tanto incompatibles con el panprotopsiquismo cuántico. La teoría de de-Broglie–Bohm es una interpretación de la mecánica cuántica que sostiene que, además de la función de onda, existe una configuración real de partículas, incluso cuando no se las observa. Es una teoría determinista y explícitamente no local: la velocidad de cada partícula está determinada por la ecuación guía y las posiciones dependen además de las condiciones iniciales. Las posiciones iniciales no son cognoscibles ni controlables por el experimentador, por lo que hay una apariencia de aleatoriedad en el patrón de detección. En este marco, la llamada “fuerza mecánico-cuántica” marca la diferencia esencial entre el mundo clásico y el cuántico. En general, las teorías cuánticas con variables ocultas solo pueden asignar propiedades definidas a un conjunto limitado de magnitudes físicas que sirven para describir un sistema. De hecho, la estructura algebraica misma del formalismo cuántico establece que únicamente es posible atribuir propiedades definidas a ciertos subconjuntos de magnitudes, denominados contextos. Por ello, la ontología de una teoría genérica de variables ocultas difiere de la de una teoría clásica, en la cual todas las variables pueden poseer valores bien definidos. En la mecánica bohmiana, únicamente las posiciones de las partículas pueden poseer valores definidos y observables, y ellas se consideran las propiedades fundamentales a partir de las cuales se derivan las demás. La teoría de Bohm postula la existencia de una configuración real de partículas, incluso en ausencia de observación. No obstante, la ontología resultante de esta descripción introduce cambios relativamente menores respecto a la física clásica: en el contexto apropiado, podría emplearse su mismo lenguaje, siempre que se acepte la existencia de fuerzas no locales. Se trata, en esencia, de una ontología de partículas, fundada en la premisa de que las únicas observaciones relevantes son las de posición, incluso si se trata únicamente de las posiciones de las agujas de los instrumentos. El espín no se considera una propiedad intrínseca de la partícula, sino de la función de onda, de modo que solo adquiere un valor definido cuando se selecciona un dispositivo experimental y se realiza una medición de posición. Como afirma Goldstein (2025) la interpretación de Bohm explica mesas, sillas, gente y planetas en términos de partículas que se mueven en el espacio físico ordinario.

## 6.2. Superdeterminismo

En mecánica cuántica, el superdeterminismo explota una laguna del teorema de Bell: si se supone que los sistemas y las elecciones de los observables a medir están correlacionados, se invalida uno de sus supuestos. Esto permite formular teorías locales de variables ocultas que reproducen las predicciones cuánticas y cumplen la causalidad local, como muestran algunos modelos propuestos. Como en el caso de la teoría de Bohm y a diferencia de la interpretación estándar, donde la naturaleza es intrínsecamente probabilística, en una teoría superdeterminista las probabilidades son epistémicas (Hall 2010), reflejando solo ignorancia sobre variables ocultas que, de conocerse, permitirían describir cada magnitud física con precisión, como en una ontología clásica.

## 6.3. Muchos Mundos

Otra interpretación, probablemente más interesante, que también debería ser excluida o al menos complementada con otras hipótesis, por su incompatibilidad con varias características de la ontología de estados y eventos requerida por el panprotopsiquismo es la de Muchos Mundos (Sounders et al. 2010). La Interpretación de los Muchos Mundos como muchas otras

sostiene que el estado cuántico es real, pero rechaza la idea de su colapso. Según esta visión, todas las historias y futuros posibles asociadas a distintos resultados de medición existen realmente, cada uno como un «mundo» o «rama» independiente. En su formulación original, Hugh Everett afrontó el problema de la medición partiendo de que la función de onda describe el universo entero, abarcando todos los resultados y observaciones posibles, y que evoluciona de manera continua de acuerdo con la ecuación de Schrödinger, sin interrupciones ni colapsos. Everett propuso que, en cada interacción con un sistema en superposición, la función de onda del observador se bifurca, generando ramas independientes que contienen copias suyas, donde cada rama correspondería a un resultado distinto. La ecuación de Schrödinger asegura que estas ramas no se influyen entre sí y siguen futuros separados. La decoherencia explica cómo adquieren un comportamiento quasi clásico y por qué están bien definidas, seleccionando la base relevante. En esta interpretación, todas las ramas son igualmente reales y constituyen mundos dinámicamente aislados y quasi clásicos dentro del estado cuántico.

En la Interpretación de los Muchos Mundos, estados y eventos son aspectos de una misma entidad: el estado del multiverso con todas sus ramas. Los eventos relevantes son fenómenos observables que generan estructuras quasi clásicas, dinámicamente aisladas, y cuya realidad independiente se asume cuando la decoherencia los aproxima a una mezcla estadística. Sin embargo, es necesario asumir que, para ciertas superposiciones que, debido a la decoherencia, dejan el dispositivo de medición en un estado muy similar a una mezcla estadística, los diferentes estados que componen la mezcla estadística adquieren una realidad independiente.

La aparición de realidades independientes en el proceso de ramificación puede considerarse como la ocurrencia de eventos. Pero, aunque el estado pueda parecer una mezcla estadística, se diferencia de ella por términos pequeños, pero no nulos. Estrictamente hablando, no se tiene una mezcla estadística, sino una superposición donde parte de la información cuantitativa se ha transmitido al ambiente en el proceso de decoherencia. No está claro cómo asignar un contenido fenoménico a estas superposiciones, dado que no queda claro a qué estado corresponde cada prehensión. No está claro cómo asignar prehensiones dado que no están definidas las ramas de dichas superposiciones. Tampoco es posible definir probabilidades para tales superposiciones dado que cualquier conteo dependería de descomposiciones en componentes microscópicas mal definidas. No es nuestro propósito entrar en un análisis crítico de las interpretaciones; sin embargo, observamos que la ontología en sí misma es problemática en la Interpretación de Muchos Mundos. De hecho, puede decirse que el problema de las mediciones no está totalmente resuelto por Muchos Mundos debido a que no explica completamente la ramificación solo lo hace a todos los fines prácticos (FAPP). En su trabajo Decoherence and Ontology (or How I learned to stop worrying and love FAPP) (2010 a) David Wallace propone una solución a este problema afirmando que la ‘ramificación’ describe alternativas macroscópicas y que no existe ninguna descripción bien definida de las historias macroscópicas en historias microscópicas más refinadas ni forma de contar cuantas ramas refinadas corresponden a una macroscópica dada. Esto imposibilita la asignación rigurosa de probabilidades a cada rama y la derivación de la regla de Born asociada a esas probabilidades. Se presenta un segundo problema con la ontología de Muchos Mundos íntimamente relacionado con éste, que consiste en su incapacidad para dar cuenta de la eficacia causal de lo fenoménico que está en la base del panprotopsiquismo como aquí hemos visto. En efecto la interpretación de Muchos Mundos al no permitir contar las ramas microscópicas correspondientes a cada rama macroscópica no permite asignar probabilidades en forma rigurosa. Wallace (2010 b) dice:

“¿cómo puede la cantidad dada por la regla de Born representar una probabilidad

en una teoría donde todos los posibles resultados ocurren?, a lo que se debe agregar ¿cómo se puede asignar una probabilidad si no es posible contar cuantas ramas microscópicas corresponden a una macroscópica? Si todas las opciones están en el futuro del sujeto, incluso las peores ¿qué relevancia tiene la elección que se haga?"

¿No excluye esto toda acción fenoménica significativa? Por ejemplo, acciones que permitan reforzar la capacidad de estructuración de las percepciones para hacer al sujeto más apto para interpretarlas y por consiguiente para su supervivencia en términos darwinianos. La eficacia fenoménica, por ejemplo, la que hace que valoremos nuestra conciencia y tratemos de explicarla, la que proporciona criterios de valor ético o estético: ¿cómo se entiende en un universo donde todas las ramas son realizadas? Aparentemente la interpretación de Muchos Mundos no deja más alternativa que la fiscalista, siendo su apertura causal irrelevante y las elecciones puramente aleatorias. La solución planteada por Wallace basada en la teoría de las decisiones afirma que para un agente racional que sabe que la interpretación de muchos mundos es correcta el mejor criterio para adoptar decisiones es usar la regla de Born para asegurar caer en ramas más favorables a sus fines. Este criterio no permite dar cuenta de la eficacia fenoménica y del desarrollo de estructuras biológicas más informativas que mejoran las capacidades adaptativas para la evolución biológica ya que 'todos los posibles resultados ocurren'.

## 7. Interpretaciones de la mecánica cuántica compatibles con el panprotopsiquismo cuántico.

Las interpretaciones de la mecánica cuántica que consideran los estados como epistémicos sostienen que estos no describen directamente la realidad física, sino nuestro conocimiento o información sobre ella. Desde esta perspectiva, el estado cuántico es análogo a una distribución de probabilidad en la estadística clásica: refleja incertidumbre o información incompleta sobre un sistema subyacente. Pero este sistema subyacente no necesariamente obedece a una ontología clásica. Los propios estados entendidos como lo hemos hecho en este trabajo, como disposiciones a producir eventos admiten una interpretación epistémica. Los enunciados de carácter fenoménico acerca del acceso en primera persona a sistemas en estados entrelazados y las cualidades subjetivas perceptivas o volitivas que los acompañan se acomodan a estas interpretaciones, aunque las mismas no aportan demasiado esclarecimiento sobre ellos. En efecto mientras que las interpretaciones ónticas (donde los estados cuánticos representan estados físicos reales del mundo) tienden a enfrentar profundos desafíos, como el problema de las mediciones o la no localidad. Los enfoques epistémicos pueden sortear o reinterpretar estos problemas y son muy flexibles con respecto a la ontología subyacente.

### 7.1. Interpretaciones epistémicas

En el caso del 'QBismo' de C. Fuchs y otros (2018) los estados cuánticos son expresiones de los grados de creencia bayesianos de un agente sobre los resultados de mediciones futuras. El estado no es un elemento objetivo de la realidad; es una herramienta para que un agente individual gestione sus expectativas sobre sus experiencias. La interpretación es consistente

con sujetos cuyas experiencias personales no tienen por qué conducir a juicios coincidentes acerca de todos los fenómenos físicos. En el caso de la ‘mecánica cuántica relacional’ de C. Rovelli (1996), los estados cuánticos no son absolutos, sino que solo existen en relación con un observador u otro sistema. Los estados y las experiencias fenoménicas que los acompañan son siempre relacionales: reflejan la experiencia y la información de un observador o los registros de un sistema, no hechos objetivos independientes del observador. Las observaciones relacionales son consistentes en el sentido de que, si el observador O mide una magnitud Q de un sistema S y obtiene  $q_1$  en  $t_1$ , entonces un observador posterior P que desconoce lo observado por O sabe que dicha observación está correlacionada con los elementos de una base de auto vectores de Q y por lo tanto el estado para P será una superposición de estados  $|q_i\rangle \otimes |Q_i\rangle$  y si en una medición de la misma magnitud obtiene  $Q_1$ , entonces O obtuvo  $q_1$ . Esta interpretación podría ser también considerada como una interpretación realista que describe una realidad de carácter relacional. La interpretación es sin embargo epistémica en tanto refiere únicamente a estados, mediciones, y observables sin atribuirles una base ontológica ni analizar en detalle los procesos de medición en tanto interacción de sistemas microscópicos y macroscópicos ni el rol preciso de la decoherencia.

## 7.2. Interpretaciones realistas

Existen numerosas interpretaciones realistas que adoptan un punto de vista óntico sobre los estados, son compatibles con la ontología de estados y eventos aquí presentada y proporcionan la eficacia causal requerida. Analizaré en algún detalle tres de ellas: la Interpretación Modal (Lombardi y Dieks 2021), la GRW de Ghirardi, Rimini y Weber (1986) y la de Montevideo (Gambini y Pullin 2018) que inspira muchas de las ideas del presente trabajo. Las tres proponen soluciones al problema de la macro objetivación independientes de cualquier noción subjetiva de medición, es decir, no describen solamente lo que ocurre en una medición sino en cualquier proceso donde un sistema cuántico produce un evento en otro. De las tres, la modal se aproxima más a la relacional de Rovelli como veremos. Si bien se excluye el axioma de reducción de los estados, es decir no hay colapso, se asume que los demás axiomas se cumplen rigurosamente y las propiedades del sistema objeto se definen relationalmente a las de otro que actúa como sujeto. John Stewart Bell (1989) describe el problema de la macro objetivación en los siguientes términos:

“Existe una ambigüedad fundamental en la mecánica cuántica: nadie sabe exactamente qué dice sobre una situación particular, pues nadie sabe exactamente dónde se encuentra el límite entre el mundo cuántico ondulante [descrito por estados que evolucionan con la ecuación de Schrödinger] y el mundo de eventos particulares [como los que ocurren en dispositivos de medición]. Para mí, ese es el problema de la mecánica cuántica. No es un problema en la práctica; en la práctica, siempre podemos tomar este límite con criterio, de modo que moverlo ligeramente en un sentido u otro no importa. Pero cada vez que establecemos ese límite —debemos establecerlo en algún lugar— dividimos el mundo arbitrariamente en dos partes, utilizando dos descripciones muy diferentes, una de un lado y otra del otro”.

Las interpretaciones realistas proponen soluciones a este problema.

### 7.3. Interpretaciones Modales

Van Fraassen (1991) presentó un enfoque alternativo al problema de Bell basado en eliminar el postulado de reducción de la teoría cuántica. Para ello establece la distinción entre 'estados dinámicos' y 'estados de valor' u observables 'de valor real'. El estado dinámico es el estado habitual de la mecánica cuántica: determina qué propiedades puede presentar el sistema en el futuro y sus probabilidades correspondientes. El estado de valor representa las propiedades físicas que el sistema tiene instanciadas en un instante dado. Las interpretaciones modales en sus diferentes versiones suponen que los sistemas físicos poseen en todo momento un número de propiedades físicas bien definidas. Estas propiedades pueden representarse mediante el estado de valor del sistema. Por lo tanto, una característica esencial de este enfoque es que un sistema puede tener un valor preciso de un observable incluso si el estado dinámico no es un estado propio de ese observable. Lo que cambia en las diferentes versiones de esta interpretación es cómo se definen los estados de valor que están instanciados en cierto instante. La falta de unanimidad en este punto apunta a una dificultad para definir únicamente en qué tipo de sistemas se instancian los estados de valor. En la interpretación modal de Kochen-Dieks (1985), la descomposición bi-ortogonal de Schmidt del estado cuántico puro del sistema selecciona los observables con valores reales. En la versión de Vermaas-Dieks (1996), los observables con valores reales se definen mediante la resolución espectral del estado reducido del sistema, obtenida tomando traza parcial. Aunque estas propuestas son adecuadas para describir mediciones ideales, no describen mediciones imperfectas. De hecho, no seleccionan las propiedades correctas para el aparato en el caso imperfecto (Albert and Loewer 1990). Castagnino y Lombardi (2008) han observado que el hamiltoniano del sistema cuántico que define la evolución de Schrödinger del sistema desempeña un papel decisivo en la regla de asignación de propiedades que selecciona los observables cuyos posibles valores se vuelven reales. Una vez dado el hamiltoniano  $H$ , se asume que los observables reales del sistema  $S$  son  $H$  y todos los observables que comutan con  $H$  y tienen, al menos, las mismas simetrías que  $H$ . Estos son los observables que pueden medirse simultáneamente con  $H$ . Esta es la Interpretación Hamiltoniana Modal. Las diferentes implementaciones de la interpretación modal están relacionadas con ambigüedades en las atribuciones de propiedades que plantean cuestiones de consistencia cuando un sistema puede dividirse en componentes de diferentes maneras. Independientemente de la implementación particular de la Interpretación Modal adoptada, se puede considerar que cada vez que se instancia una propiedad en un sistema, ocurre un evento. Las prehensiones están asociadas a los estados dinámicos del subsistema en consideración y los eventos a los estados de valor. Como observan Lombardi y Dieks (2021):

"En las interpretaciones modales, el espacio de eventos en el que se define la medida de probabilidad (preferida) es un espacio de eventos posibles, entre los cuales solo uno se hace real. El hecho de que el evento real no sea singularizado por estas interpretaciones es lo que las hace fundamentalmente probabilísticas. Este aspecto distingue las interpretaciones modales de las interpretaciones de muchos mundos, donde la medida de probabilidad se define en un espacio de eventos que son todos reales. Sin embargo, esto no significa que todas las interpretaciones modales concuerden sobre la interpretación de la probabilidad".

Las probabilidades definidas por el estado dinámico se ven en este caso como la propensión ontológica de un posible evento cuántico o estado valor se haga real y en ese sentido es

compatible con la hipótesis de eficacia fenoménica que la ontología panpsiquista aquí propuesta requiere. Las ambigüedades en la atribución de propiedades a sistemas notadas previamente asociadas a la no unicidad en la identificación del sistema observado y del sistema sujeto de experiencia pueden resolverse si se adopta una metafísica donde las propiedades son relacionales. Bene y Dieks (2002) siguiendo a Kochen (1985) desarrollaron un enfoque relacional en que un sistema presenta propiedades en la medida en que es observado por otro que actúa como testigo. Es la interpretación llamada Modal Perspectivista y tiene muchos puntos en común con la relacional de Rovelli (1996). La concepción metafísica de esta interpretación perspectivista sostiene que las descripciones relacionales ofrecidas desde distintas perspectivas deben considerarse igualmente objetivas; la realidad física es de naturaleza relacional y el estado dinámico es el estado del Universo, aunque se puede trabajar con el estado reducido de sistema más testigo. Esta interpretación aun presenta varios problemas técnicos en los que no podemos entrar donde la decoherencia puede jugar un rol esencial en su dilucidación.

#### 7.4. Teoría G.R.W. de colapso espontaneo

La idea central es la modificación ad hoc de la ecuación de Schroedinger transformándola en una ecuación no unitaria, no lineal y estocástica que conduce a sistemas macroscópicos a un rápido colapso. El colapso es un proceso físico objetivo en la versión original (Ghirardi et al. 1986) de esta interpretación. La implementación particular de la idea no tiene otra pretensión que mostrar la posibilidad de compatibilizar la evolución Schroedinger en sistemas microscópicos con el colapso cuando sistemas macroscópicos están involucrados. El colapso puede ocurrir en cualquier sistema macroscópico sin necesidad de observadores o mediciones. Dos ontologías diferentes han sido propuestas en este enfoque. La ontología original que inspiró la propuesta involucra una distribución continua de densidad de masa y fue establecida explícitamente por Ghirardi, Grassi y Benatti (1995). En dicha propuesta la función de onda en el espacio de configuración y su desarrollo temporal, según la ecuación de GRW, representan en cualquier momento la densidad de materia (masa) en el espacio físico. La localización espontánea de la función de onda en el espacio de configuración representa una contracción espontánea de la densidad de masa en el espacio físico, lo que explica los resultados de las mediciones y, en general, la localización precisa de objetos macroscópicos (Esfeld y Gisin 2014). Se trata de una ontología que difiere poco de la física clásica basándose en la distribución de masa del sistema o probabilidad de encontrarlo en distintos puntos del espacio y no se adecua naturalmente al panprotopsiquismo cuántico presentado aquí. En la otra versión de GRW llamada de flashes o destellos (Esfeld y Gisin 2014) siempre que hay una localización espontánea de la función de onda en el espacio de configuración, dicho desarrollo representa un evento que ocurre en el espacio físico, concretamente un destello centrado en un punto espaciotemporal. Los destellos son todo lo que hay en el espacio-tiempo. Es decir, salvo cuando se localiza espontáneamente, el desarrollo temporal de la función de onda en el espacio de configuración no representa la distribución de la materia en el espacio físico. Esta ontología se adecua mejor a la de estados y eventos aquí presentada. Esfeld y Gisin (2014) dicen al respecto:

“Más allá de que los destellos sean la materia primitiva del espacio físico, su configuración inicial instancia una propiedad disposicional —más precisamente, una propensión— que fija las probabilidades de que ocurran nuevos destellos. La ocurrencia de dichos destellos adicionales es la manifestación de esa propensión. La

propensión de cualquier configuración dada de destellos a manifestarse en la ocurrencia de nuevos destellos está representada por la función de onda. La ecuación de evolución modificada se aplica a esa propensión en el sentido de que siempre que dicha propensión se instancia en un mundo posible, la ley de GRW se cumple en ese mundo. A diferencia de lo que admite el humeanismo, esa disposición o propensión es, por lo tanto, una propiedad modal.”

Además de adaptarse mejor a la ontología de estados y eventos aquí presentada el carácter estocástico de la ecuación de Schroedinger modificada es compatible con la eficacia fenoménica acerca de la cual hemos insistido en este trabajo. Según la ontología de destellos, la manifestación de la materia no se distribuye continuamente en el espacio-tiempo, sino que aparece en destellos puntuales. Este enfoque ofrece una vía más prometedora para formular una ontología cuántica de la materia compatible con la invariancia de Lorentz que las teorías basadas en distribuciones de masa, y ya se han logrado avances en esa dirección. No siendo una teoría fundamental sino fenomenológica, no se puede por el momento responder satisfactoriamente si es capaz o no de ajustarse a la descripción intrínseca de carácter proto fenoménico que requiere el panprotopsiquismo aunque la noción de destellos localizados en el espacio-tiempo no parece la más adecuada como contraparte de las prehensiones.

## 7.5. La interpretación de Montevideo

Esta interpretación (Gambini Pullin 2018) surge al intentar incorporar las modificaciones conceptuales requeridas por la gravedad cuántica al análisis de los procesos de medición. En teorías totalmente covariantes como la relatividad general y la gravedad cuántica el tiempo debe describirse relationalmente, es decir en términos de magnitudes medidas por relojes que se comportan como cualquier otro sistema. La descripción de la evolución relacional en términos de relojes cuánticos ha recibido notable atención recientemente, por una revisión véase por ejemplo la referencia (Chataignier et al. 2025). En segundo lugar, la gravedad cuántica impone límites a la precisión en mediciones de intervalos espaciales y temporales (Gambini y Pullin 2020), (Favalli 2025). La incorporación de estos dos efectos conduce a la interpretación de Montevideo que inspira buena parte de las observaciones sobre la ontología cuántica discutida en este trabajo.

En los procesos de medición de un sistema cuántico la evolución unitaria definida por la ecuación de Schroedinger conduce a **decoherencia ambiental**, la que es tomada como punto de partida por la mayor parte de las interpretaciones. Según esta, cuando un sistema cuántico interactúa con un entorno que posee una gran cantidad de grados de libertad microscópicos, su estado experimenta una evolución que se asemeja a los cambios abruptos postulados en la medición. No obstante, las superposiciones cuánticas no desaparecen: permanecen ocultas en el entorno y, al menos en principio, podrían detectarse. En cuanto al primer efecto mencionado, la interpretación incorpora un factor hasta entonces desatendido en la descripción cuántica: el papel del tiempo. Mientras que en la evolución estándar de Schrödinger el tiempo se trata como un parámetro externo clásico, en realidad se mide con relojes físicos que también obedecen las leyes cuánticas. Esta diferencia apenas altera la evolución unitaria habitual, pero, en rigor, esta resulta ahora regida por una ecuación tipo Lindblad, y sus efectos adquieren relevancia en sistemas macroscópicos, donde introduce un efecto adicional de decoherencia fundamental. Por otra parte la introducción de relojes reales introduce un segundo efecto: las

mediciones cuánticas de intervalos temporales y espaciales tienen una precisión limitada debido a efectos de gravedad cuántica. Esta limitación surge de las fluctuaciones cuánticas y el retardo gravitacional, y es de naturaleza fundamental. Este efecto, observado por primera vez hace más de 50 años (Ng 2003), ha sido confirmado recientemente por varios autores (Gambini y Pullin 2020), (Favalli 2025). Un tratamiento mecánico cuántico del tiempo, combinado con las limitaciones fundamentales de las mediciones derivadas de la relatividad general, conduce a una evolución tipo Schrödinger modificada que introduce transiciones entre superposiciones cuánticas y mezclas estadísticas (Gambini y Pullin 2018). Para diferenciar los estados finales de mezclas estadísticas sería necesario superar dichas limitaciones fundamentales. En este marco, las transiciones de superposiciones a mezclas estadísticas, requeridas para explicar las mediciones, se deducen directamente de la teoría, lo que ofrece un criterio objetivo para establecer cuándo ocurren eventos y cuales pueden ocurrir. Así, un estado cuántico de sistemas macroscópicos se transforma en mezclas estadísticas que representa distintos eventos posibles, cada uno con su probabilidad. La transición del sistema y su entorno hacia una mezcla estadística establece condiciones suficientes para la aparición de eventos sin necesidad de postular el colapso del estado. De este modo, el esquema se asemeja a la interpretación modal, que concibe un único estado que describe al universo en su conjunto (Gambini 2023). Se asume que los eventos ocurren como “elecciones” del sistema en el estado de mezcla estadística dado. Si el estado de mezcla estadística representa un conjunto de estados puros con sus probabilidades correspondientes, estas elecciones pueden considerarse la instanciación espontánea de las propiedades de uno de esos estados. En esta interpretación, no se asume que estas elecciones formen parte de un proceso descrito por la teoría, como en el caso del enfoque de Ghirardi Rimini Weber. Como en la interpretación modal la teoría física establece qué eventos pueden ocurrir y con qué probabilidad. El hecho de que el sistema se encuentre en un estado de mezcla estadística garantiza que estas elecciones sean rigurosamente compatibles con las predicciones probabilísticas de la teoría. La evolución modificada inducida por el uso de un tiempo cuántico conduce, en un sistema cuántico acoplado a su entorno, es decir un sistema que presenta decoherencia ambiental, a un estado indistinguible de una mezcla estadística. Esto proporciona un criterio objetivo para la ocurrencia de eventos. Establece cuándo pueden ocurrir los eventos y las correspondientes elecciones aleatorias sin alterar la evolución. En esencia, los eventos ocurren cuando el estado de un sistema adopta una forma en la que la elección de un posible evento no afecta en absoluto el valor predictivo de la teoría cuántica. En ese sentido, se puede considerar que los eventos son elecciones libres del sistema rigurosamente compatibles con las leyes de la mecánica cuántica formulada en términos de relojes físicos que dan lugar a una evolución temporal relacional. Obsérvese que esta interpretación no requiere el colapso del estado después de las mediciones, ya que el estado se encuentra en una mezcla estadística exacta antes de las mediciones y, por lo tanto, todas las predicciones futuras coincidirán, independientemente de si el colapso ocurre o no. Más explícitamente, si se observa un evento  $E_1$  en un instante determinado, la probabilidad de observar otro  $E_2$  en el futuro sabiendo que  $E_1$  ocurrió, denominada probabilidad condicional, es la misma independientemente de si el colapso ocurre o no. Es importante destacar que, según esta interpretación, los eventos siempre ocurren en sistemas que incluyen un entorno macroscópico, lo cual es un requisito indispensable para la transformación del estado en una mezcla estadística. Por lo tanto, los eventos tienen carácter macroscópico como la aparición de un punto en una placa fotográfica. La interpretación de Montevideo puede considerarse como una forma de interpretación modal donde los estados de valor solo se instancian cuando el sistema acoplado al aparato toma la forma de una mezcla estadística. De este modo resuelve dos problemas de la interpretación

modal el de identificar los espacios de Hilbert de sistema y registro y el de proporcionar un criterio acerca de la instanciación de eventos o estados de valor. En resumen, las interpretaciones que admiten una ontología de eventos predicen que los sistemas cuánticos que interactúan con un entorno macroscópico con muchos grados de libertad producirán eventos. Estos no solo ocurren en dispositivos de medición, sino que ocurren constantemente a nuestro alrededor. Las mediciones no son más que la asignación de propiedades cuantitativas a los eventos que ocurren en los instrumentos. Mientras que en la Interpretación de los Muchos Mundos ocurren todos los eventos alternativos predichos por el estado, cada uno creando su propio mundo, en la interpretación de Montevideo y en la modal, los eventos resultan de elecciones del sistema cuántico, que inducen un mundo único resultante de las mismas. Las interpretaciones modales y de Montevideo serían las más atractivas si la evidencia experimental descubriera fenómenos cuánticos en el cerebro que permitan el surgimiento de estados entrelazados estables vinculados a la actividad neuronal, una forma de panprotopsiquismo cuántico se volvería altamente creíble. En efecto, se tendría una descripción en términos de un único estado del universo con contraparte fenoménica donde la conciencia no se consideraría un resultado secundario de ciertos procesos físicos, sino una característica fundamental de la realidad asociada a las prehensiones que ocurren en ciertos sistemas como los cerebros. Existiría en este caso evidencia plausible sobre la naturaleza fenoménica fundamental del mundo que resultaría consistente con la mecánica cuántica y debería considerarse centrado en la conciencia. (Gambini 2025).

## 8. Conclusiones

Dada la diversidad de interpretaciones de la mecánica cuántica y sus distintas ontologías, surge la cuestión de disponer de criterios con base empírica que permitan preferir unas frente a otras. La eventual detección de sistemas cuánticos compatibles con una forma de panpsiquismo capaz dar cuenta de las propiedades principales de la conciencia y resolver los problemas de combinación de sujetos, cualidades y estructuras planteados desde William James favorecería a las ontologías de estados y eventos requeridas. El **panprotopsiquismo cuántico** es especialmente apto para abordar el problema de la combinación, pues se fundamenta en una ontología de estados entrelazados y eventos con correlatos tanto físicos como fenoménicos claramente identificables. Tal marco podría ofrecer criterios más sólidos para discriminar entre interpretaciones cuánticas.

Para el panprotopsiquista, la naturaleza intrínseca de lo físico es experiencial y, por lo tanto, la conciencia es naturalmente explicable. Comprender el panprotopsiquismo a través de la perspectiva de la física clásica es problemático, ya que no explica cómo surgen mentes complejas de las interacciones entre numerosas entidades como las partículas que podrían poseer micro conciencia. El desafío, conocido como el problema de la combinación, radica en comprender cómo sujetos conscientes “pequeños” con sus micro experiencias pueden combinarse para formar un sujeto consciente “grande” con sus propias experiencias. El problema resulta de la hipótesis implícita de que, como en física clásica, las propiedades de las partes permanecen invariables en el todo y que las propiedades del todo no son más que funciones de las propiedades de sus partes, están dadas por ellas.

El análisis cuántico en términos de estados y eventos discutido previamente permite plantear el problema en términos mucho más prometedores. De hecho, en un sistema cuántico entrelazado, las partes pierden su individualidad y, como en los ejemplos anteriores de siste-

mas de espín, solo están definidas las propiedades del todo. En otras palabras, en un sistema cuántico capaz de mantener su entrelazamiento, compuesto por sistemas de moléculas como en el modelo de cognición de Fisher o de fotones acoplados al sistema neuronal, aparecerían cualidades macro sin dejar rastro de las cualidades micro de las entidades implicadas en su constitución. Además del holismo cuántico presentado por los estados entrelazados la otra característica fundamental de la mecánica cuántica necesaria para resolver completamente los problemas de la combinación de estructuras es su apertura causal. Debido a su carácter probabilista no todo evento cuántico es causado por los que le preceden. Esto permite explicar la eficacia fenoménica que está en la base del desarrollo de la conciencia.

Hemos identificado dos conjuntos de interpretaciones, el primer grupo reúne las interpretaciones incompatibles con la ontología de estados y eventos del panprotopsiquismo. En este grupo se encuentran las teorías de variables ocultas locales y no locales incluyendo la posibilidad o no de la existencia de super-determinismo. La ontología de estas teorías introduce cambios relativamente menores respecto a la física clásica: en el contexto apropiado, podría emplearse su mismo lenguaje, siempre que se acepte la existencia de fuerzas no locales o alguna forma de super-determinismo. Se trata, en esencia, de teorías basadas en una ontología de partículas, fundada en la premisa de que las únicas observaciones relevantes son las de posición y por lo tanto cuando son aplicadas para explicar la conciencia en términos panpsiquistas enfrentan los mismos problemas de combinación que la versión constitutiva del panpsiquismo basada en la física clásica. También se encuentra en esta categoría la interpretación de Muchos Mundos debido a su incapacidad para dar cabida a la eficacia causal de lo fenoménico que está en la base del panprotopsiquismo. La noción misma de probabilidad es problemática en esta interpretación, donde todas las ramas son instanciadas y donde en virtud de la definición FAPP de las ramas a cada rama macroscópica le corresponde un número indeterminado de ramas microscópicas.

El segundo grupo incluye interpretaciones tanto realistas como epistémicas acerca de los estados. Sin que los contenidos fenoménicos sean agotados en ninguno de los casos por su descripción física. En ambos casos los estados son una herramienta útil para predecir comportamientos futuros, describiendo su disposición a producir eventos. Las interpretaciones de la mecánica cuántica que consideran los estados como epistémicos sostienen que estos no describen directamente la realidad física, sino nuestro conocimiento, creencias o información sobre ella. En el caso del 'QBismo' de Fuchs y otros los estados cuánticos son expresiones de los grados de creencia bayesianos de un agente sobre los resultados de mediciones futuras. El estado no es un elemento objetivo de la realidad; es una herramienta para que un agente individual gestione sus expectativas sobre sus experiencias. La interpretación es consistente con sujetos cuyas experiencias personales no tienen por qué conducir a juicios coincidentes acerca de todos los fenómenos físicos. En el caso de la 'mecánica cuántica relacional' de Rovelli, los estados cuánticos no son absolutos, sino que solo existen en relación con un observador u otro sistema. Los estados y las experiencias fenoménicas que los acompañan son siempre relacionales: reflejan la experiencia y la información de un observador o los registros de un sistema, no hechos independientes del observador. Existen numerosas interpretaciones realistas que adoptan un punto de vista óntico sobre los estados, son compatibles con la ontología de estados y eventos aquí presentada y proporcionan la eficacia causal requerida. Hemos analizado tres de ellas: la Interpretación Modal, la GRW, y la de Montevideo que inspira muchas de las ideas del presente trabajo. La interpretación modal y la de Montevideo son las que reflejan mejor la ontología de estados y eventos con contrapartes físicas y fenoménicas claramente identificadas, subyacente

al panprotopsiquismo cuántico. Si la evidencia experimental descubriera fenómenos cuánticos en el cerebro que permiten el surgimiento de estados entrelazados estables vinculados a la actividad neuronal, una forma de panprotopsiquismo cuántico se volvería altamente creíble y de adoptarse una de estas interpretaciones se tendría una descripción en términos de un único estado fundamental con contraparte fenoménica donde la conciencia no se consideraría un resultado secundario de ciertos procesos físicos, sino una característica fundamental de la realidad asociada a las prehensiones perceptivas o volitivas que ocurren en ciertos sistemas.

## Referencias

- Albert, D. and Loewer, B. (1990). Se busca vivo o muerto: dos intentos de resolver la paradoja de Schrödinger. In Fine, A., Forbes, M., and Wessels, L., editors, *Actas de la PSA 1990*, volume 1, page 277. Philosophy of Science Association, East Lansing, Michigan. Spanish translation.
- Bell, J. S. (1989). Towards an exact quantum mechanics. In *Themes in Contemporary Physics II*. World Scientific, Singapore.
- Bene, G. and Dieks, D. (2002). Una versión perspectiva de la interpretación modal de la mecánica cuántica y el origen del comportamiento macroscópico. *Foundations of Physics*, 32:645–671.
- Bohm, D. (1952). A suggested interpretation of the quantum theory in terms of 'hidden' variables, i and ii. *Physical Review*, 85(2):166–193.
- Born, M. (2004). *The Born–Einstein Letters 1916–1955*. Palgrave Macmillan, New York, NY, USA.
- Brans, C. H. (1988). Bell's theorem does not eliminate fully causal hidden variables. *International Journal of Theoretical Physics*, 27(2):219–226.
- Chalmers, D. (1997). *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*. Oxford University Press, Oxford, UK. Philosophy of Mind.
- Chalmers, D. (2016a). The combination problem for panpsychism. In Bruntrup, G. and Jaskolla, L., editors, *Panpsychism: Contemporary Perspectives*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Chalmers, D. (2016b). Panpsychism and panprotopsychism. In Bruntrup, G. and Jaskolla, L., editors, *Panpsychism: Contemporary Perspectives*, page ? Oxford University Press, New York and Oxford. Volume page numbers not provided.
- Chataignier, L., Hoehn, P., Lock, M., and Mele, F. (2025). Relational dynamics with periodic clocks. *arXiv preprint*.
- Davidson, D. (1986). On the very idea of a conceptual scheme. In LePore, E., editor, *Truth and Interpretation*, page 194. Blackwell, Oxford.
- Einstein, A., Podolsky, B., and Rosen, N. (1935). Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, 47:777–780.

- Esfeld, M. and Gisin, N. (2014). The grw flash theory. *Philosophy of Science*, pages 248–264.
- Favalli, T. (2025). Relativistic limits on the discretization and temporal resolution of a quantum clock. *arXiv preprint*.
- Fisher, M. (2015). Title not provided. *Annals of Physics*, 362:593.
- Fuchs, C. A. (2018). A pesar de bohr, las razones del qbism. arXiv preprint. 93 páginas, en español.
- Gambini, R. (2023). *Atoms and Persons*. World Scientific, Singapore.
- Gambini, R. (2025). Quantum panprotopsychism and a consciousness centered universe. arXiv preprint.
- Gambini, R., Lewowicz, L., and Pullin, J. (2015). *Foundations of Chemistry*, 17:117–127.
- Gambini, R. and Porto, R. (2001). *Physical Review D*, 63:105014.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2016). Event ontology in quantum mechanics and downward causation. *International Journal of Quantum Foundations*, 2:89.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2018). The montevideo interpretation of quantum mechanics. *Entropy*, 20(6):413.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2020). Fundamental bound for time measurements and minimum uncertainty clocks. *Journal of Physics Communications*, 4(6):065008.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2024a). Quantum panprotopsychism and the combination problem. *Mind and Matter*, 22(1):51–94.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2024b). Quantum panprotopsychism and the structure and subject summing combination problem. *Journal of Consciousness Studies*, 32:7–32.
- Gambini, R. and Pullin, J. (2025). Self-consciousness and personal identity in quantum panprotopsychism. arXiv preprint.
- Gasaab, L., Pussuluk, O., Cattaneo, M., and Ozgur, E. M. (2024). Quantum models of consciousness from a quantum information science perspective. arXiv preprint.
- Genovese, M. (2005). Research on hidden variable theories: A review of recent progresses. *Physics Reports*, 413(6):319–396.
- Ghirardi, G. C., Grassi, R., and Benatti, F. (1995). Describing the macroscopic world: closing the circle within the dynamical reduction program. *Foundations of Physics*, 25:5–38.
- Ghirardi, G. C., Rimini, A., and Weber, T. (1986). Unified dynamics for microscopic and macroscopic systems. *Physical Review D*, 34(2):470–491.
- Gibson, E. J. and Walk, R. D. (1960). Title not provided. *Scientific American*, 202:64.
- Ginsburg, S. and Jablonka, E. (2019). *The Evolution of the Sensitive Soul: Learning and the Origins of Consciousness*. MIT Press, Boston, MA, USA.

- Goff, P., Seager, W., and Allen-Hermanson, S. (2022). Panpsychism. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2022 Edition).
- Goldstein, S. (2025). Bohmian mechanics. The Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- Hall, M. (2010). Local deterministic model of singlet state correlations based on relaxing measurement independence. *Physical Review Letters*, 105(25):250404.
- Healey, R. (1999). Holism and nonseparability in physics. The Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- Ikeya, N. and Woodward, J. (2021). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(3).
- James, W. (2017). *The Principles of Psychology*. Createspace, New York, NY. Original 1890.
- Kochen, S. (1985). A new interpretation of quantum mechanics. In Mittelstaedt, P. and Lahti, P., editors, *Symposium on the Foundations of Modern Physics 1985*, pages 151–169. World Scientific, Singapore.
- Lombardi, O. and Castagnino, M. (2008). Una interpretación modal-hamiltoniana de la mecánica cuántica. *Estudios en Historia y Filosofía de la Física Moderna*, 39:380.
- Lombardi, O. and Dieks, D. (2021). Interpretaciones modales de la mecánica cuántica. The Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- Maudlin, T. (2007). *The Metaphysics Within Physics*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- McFadden, J. and Al Khalili, J. (2016). *Life on the Edge: The Coming Age of Quantum Biology*. Crown, New York, NY.
- Nagel, T. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 83:435–450.
- Ng, Y. and van Dam, H. (2003). *Classical and Quantum Gravity*, 20:393.
- Papineau, D. (2009). The rise of physicalism. In Gillett, C. and Loewer, B., editors, *Physicalism and Its Discontents*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Pusey, M., Barrett, J., and Rudolph, T. (2012). On the reality of the quantum state. *Nature Physics*, 8:475.
- Rorty, R. (1994). *Truth and Progress*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rovelli, C. (1996). Relational quantum mechanics. *International Journal of Theoretical Physics*, 35:1637–1678.
- Russell, B. (2007). *Analysis of Matter*. Spokesman Books, Nottingham, UK. Original 1927.
- Saunders, S., Barrett, J., Kent, A., and Wallace, D., editors (2010). *Many Worlds?: Everett, Quantum Theory, and Reality*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Strawson, G. (2017). *The Subject of Experience*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Tegmark, M. (2000). *Physical Review E*, 61:4194.

- Teller, P. (1986). *British Journal for the Philosophy of Science*, 37:71.
- van Fraassen, B. (2010). *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- van Fraassen, B. C. (1991). *Quantum Mechanics*. Clarendon Press, Oxford.
- Vermaas, P. (1996). Probabilidades de transición únicas en la interpretación modal. *Estudios en Historia y Filosofía de la Física Moderna*, 27:133.
- Wallace, D. (2010a). Decoherence and ontology (or how i learned to stop worrying and love fapp). In *Many Worlds?*
- Wallace, D. (2010b). How to prove the born rule. In *Many Worlds?*
- Whitehead, A. N. (1933). *Adventures of Ideas*. The Free Press, London, UK.
- Whitehead, A. N. (1978). *Process and Reality*. MacMillan, London, UK.
- Wishon, D. (2017). Panpsychism, panprotopsychism, and neutral monism. In McLaughlin, B., editor, *Philosophy: Mind*. MacMillan Interdisciplinary Handbooks, Farmington Hills, MI.
- Wittgenstein, L. (1972). *On Certainty*. Harper & Row, New York, NY.