

La interferencia epistemológica:
Por qué la física no puede resolver sus propios problemas de
frontera

Mario Martínez Correas

ORCID: 0009-0003-4473-2545

DOI: 10.5281/zenodo.22876848

Fecha de publicación: 23 de septiembre de 2026

Resumen

Identificamos una interferencia epistemológica que impide a la física reconocer el límite estructural de su propia lente. La interferencia tiene un origen histórico preciso: el reparto de dominios del siglo XVII, que asignó a la Iglesia el dominio de lo absoluto (A) y a la ciencia el dominio de lo manifestado (T). Al fosilizarse ese reparto en una ontología, la física llegó a creer que sus teorías constituyen el nivel A, y que el mundo observado constituye el nivel T. Esta creencia es falsa: las teorías también son T. Una ecuación escrita, un paper, una medición, y el mundo observable son todos manifestaciones de T. A es la coherencia absoluta que se manifiesta como T por la operación de I. Nos apoyamos en un hecho conocido de la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvo: la ambigüedad del vacío. Este hecho, reconocido como problema abierto desde los años setenta, tiene una consecuencia estructural que la física no ha extraído: el sistema semiclásico no es autocontenido. T es el resultado de una operación (la selección de vacío) que no está en T. Mostramos que los problemas de frontera de la física—singularidades, medición, pérdida de información—no son problemas pendientes de resolución proposicional, sino síntomas de la interferencia.

I. LA INTERFERENCIA EPISTEMOLÓGICA

I.1. El reparto de dominios

En el siglo XVII, cuando la ciencia moderna se estaba constituyendo, se produjo un reparto de dominios entre la Iglesia y la naciente comunidad científica. El reparto fue pragmático: para proteger el pensamiento libre frente al dogma religioso, la ciencia aceptó limitar su campo de estudio a lo que podía describirse con ecuaciones y medirse con instrumentos.

El reparto asignó:

- A la Iglesia, el dominio de lo absoluto (la coherencia absoluta: la mente, el alma, la subjetividad). Lo que en el lenguaje del presente trabajo llamaremos **A**.
- A la ciencia, el dominio de lo manifestado (la coherencia manifestada: el cuerpo, la materia, las magnitudes medibles). Lo que llamaremos **T**.

Ese reparto sirvió para proteger la investigación libre en un momento histórico concreto. Pero se fosilizó. Y con el tiempo, se convirtió en una ontología: la suposición, rara vez

explicitada, de que **lo que la ciencia estudia es todo lo que hay**. El materialismo ontológico se convirtió en el aire que respira la física moderna.

I.2. La confusión fundamental

La interferencia epistemológica consiste en una confusión precisa: la física cree que tiene acceso a los dos niveles, **A** y **T**. Cree que:

- Sus **teorías** constituyen el nivel A: el nivel abstracto, el nivel de las estructuras matemáticas, el nivel de lo que subyace a la observación.
- El **mundo observable** constituye el nivel T: el nivel manifestado, el nivel de lo que se mide y se experimenta.

Y cree que, con esa distinción, abarca los dos niveles. Las teorías describen A. Los experimentos verifican T. Y la física, en su conjunto, cubre A y T.

Pero esa creencia es falsa. Y lo es por una razón simple: **las teorías también son T**.

I.3. Las teorías son T

Una ecuación escrita en un papel es T. Un paper publicado es T. Una pizarra con fórmulas es T. Una medición registrada en un laboratorio es T. Y el mundo observable es T.

Todo lo que se puede escribir, leer, medir, observar, comunicar o pensar es T. Porque T es coherencia manifestada. Y todo lo que se manifiesta es T.

Conviene precisar la naturaleza epistémica de T en el presente trabajo. Definimos T como la totalidad de la coherencia manifestada: todo aquello que se puede formular, medir, formalizar o pensar. Esta definición amplia no constituye una petición de principio ni una tautología ontológica, pues la categoría general de T no es el objeto directo de la demostración. El trabajo analiza un T concreto y rigurosamente delimitado: el sistema físico semiclásico compuesto por la variedad lorentziana $(\mathcal{M}, g_{\mu\nu})$, el álgebra local de observables $\mathcal{O}$ y la clase de estados de Hadamard en espacio-tiempo curvo. La tesis central no descansa en una definición verbal de lo cognoscible, sino en la demostración de que ese T físico concreto es estructuralmente incompleto debido a un hecho formal preexistente: la ambigüedad del vacío.

La física no tiene acceso a A. No porque A no exista. Porque A es lo que T no puede contener: la coherencia absoluta que se manifiesta como T por la operación de I. Y cuando algo se manifiesta como T, ya es T. La operación misma (I) no está en T.

La física cree que sus teorías son A. Pero sus teorías son T. Y por eso no ve A. Porque está mirando T y creyendo que es A.

I.4. La consecuencia

La consecuencia es que la física, al creer que tiene A y T, no ve que solo tiene T. Y al no verlo, busca en T lo que no está en T. Busca la completitud en las ecuaciones. Busca la clausura en el formalismo. Busca la respuesta a los problemas de frontera en más teoría.

Pero T no puede cerrarse sobre sí mismo. Porque T es el resultado de la operación de I sobre A. Y T no contiene esa operación. La operación misma (I) no está en T. Está en la manifestación de A como T.

II. EL ERROR DEL OPERACIONALISMO

II.1. El intento de incluir A

A principios del siglo XX, Percy Bridgman propuso el operacionalismo [2]: la idea de que un concepto físico no tiene significado excepto en términos de las operaciones que se usan para medirlo. No preguntes “qué es la longitud”. Pregunta “cómo se mide la longitud”.

Ese intento tenía una motivación legítima: incluir en la física aquello que no es proposición. Reconocer que la física no es solo teoría, sino también práctica. Que el acto de medir es parte constitutiva del conocimiento físico. En el lenguaje del presente trabajo: Bridgman intentó incluir A en la física.

II.2. La torcedura

Pero Bridgman torció A. En lugar de interpretar A como **la coherencia absoluta que se manifiesta como T por la operación de I**, la interpretó como **el procedimiento de medición** (medir el resultado de la operación). Y esas dos cosas son distintas.

- **A.** Es la coherencia absoluta que se manifiesta como T por la operación de I. No tiene descripción proposicional.
- **El procedimiento de medición.** Es T. Se puede describir. Es una secuencia de pasos.

Bridgman tomó T y lo llamó “operacional”. Pero no era A. Era T disfrazado de A. Era la exigencia de que todo concepto se reduzca a un procedimiento de medición.

II.3. La torcedura como caso particular del error A/T

Aquí está lo que el presente trabajo añade al diagnóstico de Bridgman. La torcedura no fue un error aislado. Fue una **instancia del mismo error A/T** que el presente trabajo identifica en la física contemporánea.

Bridgman confundió **A** con **T**. Tomó la coherencia absoluta que se manifiesta como T, y la sustituyó por el procedimiento de medición. Y al hacerlo, creyó haber incluido A en la física, cuando en realidad solo había añadido una restricción más sobre T.

Es la misma estructura que la confusión fundamental descrita en la sección 1. La física cree que sus teorías son A, pero son T. Bridgman creyó que sus procedimientos de medición eran A, pero eran T. En ambos casos, se toma T y se le llama A. Y en ambos casos, A queda oculta.

II.4. La consecuencia

El operacionalismo de Bridgman no liberó la física de la lente proposicional. La encerró más. Añadió una restricción: no solo tienes que hablar en proposiciones, sino que esas proposiciones tienen que ser sobre mediciones. Todo lo que no se puede medir queda fuera.

Y con eso, A quedó fuera otra vez. Porque A no se puede medir. A es la coherencia absoluta que se manifiesta como T por la operación de I. Ocurre. Y el operacionalismo diría: si no se puede medir, no es un concepto físico. Y con eso, A quedó definitivamente oculta.

Bridgman dijo: la física debe hablar de mediciones. Y eso es correcto como **método**. Pero no es incluir A. Es reducir A a lo medible. Y lo medible es T.

III. LA AMBIGÜEDAD DEL VACÍO Y SU CONSECUENCIA ESTRUCTURAL

III.1. El hecho conocido

En gravedad semiclásica, la métrica $g_{\mu\nu}$ está acoplada al valor esperado renormalizado del tensor de energía-impulso cuántico mediante las ecuaciones de Einstein semiclásicas:

$$G_{\mu\nu}[g] = \frac{8\pi G}{c^4} \langle \text{Vac} | \hat{T}_{\mu\nu}(\phi, g) | \text{Vac} \rangle_{\text{ren}}. \quad (1)$$

Para evaluar $\langle \hat{T}_{\mu\nu} \rangle$, se necesita un estado de vacío $|\text{Vac}\rangle$.

En el espacio-tiempo de Minkowski, la invariancia de Poincaré selecciona un vacío único. En un espacio-tiempo curvo general, no hay tal selección: el efecto Fulling–Davies–Unruh muestra que hipersuperficies de Cauchy distintas dan lugar a vacíos unitariamente inequivalentes [3–5]. La condición de Hadamard restringe los vacíos admisibles a una clase de regularidad ultravioleta [7, 8], pero no selecciona un vacío único dentro de esa clase.

Este hecho es conocido y reconocido como un problema abierto en la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvo. No lo presentamos como un resultado nuevo. Lo presentamos como el punto de partida de una consecuencia estructural que no ha sido extraída.

III.2. La consecuencia estructural

El hecho es el siguiente: la ecuación semiclásica (1) requiere una selección de estado de vacío para ser evaluada. Pero no existe ninguna regla interna a la geometría que determine esa selección. La elección de vacío es necesaria y no está determinada por $g_{\mu\nu}$.

De ahí se sigue una consecuencia precisa: **el sistema semiclásico no es autocontenido**. Es decir, no puede determinar su propio estado base desde dentro de sí mismo. La ecuación (1) tiene múltiples soluciones, una por cada elección de vacío, y ninguna elección está señalada por la geometría.

Conviene precisar en qué sentido exacto el sistema es abierto. El bucle

$$g_{\mu\nu} \longrightarrow |\text{Vac}\rangle \longrightarrow \langle \hat{T}_{\mu\nu} \rangle \longrightarrow g_{\mu\nu} \quad (2)$$

solo se cierra si el estado $|\text{Vac}\rangle$ se da como dato externo. Es decir: la geometría no selecciona el estado, y el estado no selecciona la geometría. Lo que está ausente del sistema no es una ecuación más, sino la *regla de selección* del estado inicial. Esa regla es la operación que el

presente trabajo denomina I. El sistema es abierto en el sentido preciso de que su condición de contorno no está contenida en él.

Esto no es un fallo técnico. No es una cuestión de ecuaciones faltantes. No es un artefacto de la aproximación semiclásica. Es la estructura del sistema. Y se sigue de un hecho conocido.

III.3. Lo que esta consecuencia significa

La consecuencia se puede formular de tres formas equivalentes.

Primera formulación: la ecuación semiclásica no tiene solución única. Hay una familia de soluciones, parametrizada por la elección de vacío.

Segunda formulación: la elección de vacío es una operación que no está contenida en el sistema proposicional. Es externa al álgebra de observables.

Tercera formulación: T no es autocontenido. T es el resultado de una operación que no está en T .

Las tres formulaciones dicen lo mismo. Y las tres se siguen del hecho conocido de la ambigüedad del vacío.

III.4. La analogía con Gödel

El resultado tiene la misma forma estructural que el primer teorema de incompletitud de Gödel [1]. Hacemos la analogía explícita, subrayando que es *estructural*, no *formal*. En la tabla, $\mathcal{M}$ denota la variedad lorentziana, $\mathcal{O}$ denota el álgebra de observables locales sobre $\mathcal{M}$, y $\mathcal{E}$ denota el conjunto de ecuaciones de campo del sistema semiclásico. La tabla es un mapeo heurístico de estructura, no un isomorfismo entre sistemas formales.

Gödel (1931)	Sistema semiclásico (este trabajo)
Sistema formal $\mathcal{F}$ con axiomas recursivos	Sistema proposicional cerrado $\mathcal{P} = (\mathcal{M}, \mathcal{O}, \mathcal{E})$
Predicado de demostrabilidad $\text{Prov}_{\mathcal{F}}$	Regla de selección de vacío
Sentencia autorreferencial G	Sistema acoplado (1): “la métrica $g_{\mu\nu}$ determina el vacío, y el vacío determina $g_{\mu\nu}$, sin criterio interno de selección”
G es indecidible en $\mathcal{F}$	La rama de vacío α^* no está señalada por $\mathcal{O}$
La consistencia no es demostrable dentro de $\mathcal{F}$	La selección de $ \text{Vac}\rangle^*$ no está contenida en $\mathcal{O}$
Resolución: meta-sistema	Resolución: la operación I, que no es proposicional

Cuadro I. Analogía estructural entre la incompletitud de Gödel y el presente resultado. La asimetría crucial está en la última fila: en Gödel, la resolución es otro sistema formal, es decir, otro T. Aquí, la resolución no es proposicional.

El análogo de la sentencia indecidible es la proposición física autorreferencial:

“El estado de vacío $|\text{Vac}\rangle$ seleccionado por la métrica $g_{\mu\nu}$ es el estado que, insertado en (1), devuelve la misma $g_{\mu\nu}$.”

Esta sentencia está bien formada dentro de $\mathcal{O}$, pero no está resuelta por ninguna regla interna de $\mathcal{O}$. Es el análogo físico de la G de Gödel. Y señala estructuralmente que T no contiene la operación que lo produce.

IV. I: EL PUENTE DE A A T

IV.1. El puente

I es un puente de una sola dirección. Une A con T. Pero no se puede cruzar en ambos sentidos.

En términos algebraicos, I es un morfismo unidireccional entre A y T. No es un isomorfismo, porque no es invertible. Y esa no invertibilidad es lo que subyace a la incompletitud de T.

Desde A, I es un operador. Porque el puente se puede cruzar: A se manifiesta como T. La coherencia absoluta se despliega como coherencia manifestada. Y esa operación es I.

Desde T, I es el reconocimiento de la procedencia. T reconoce que procede de A. Pero no puede cruzar el puente. T no puede acceder a A. Solo puede reconocer que A es su procedencia.

Esta asimetría es la clave de todo el presente trabajo. La física opera en T. Y desde T, solo puede reconocer la procedencia de A. No puede cruzar el puente. Por eso no puede cerrar su propio sistema. Por eso no puede resolver sus problemas de frontera desde dentro. Por eso necesita reconocer que T no contiene la operación que lo produce.

La asimetría no está solo en la dirección del puente. Está en la estructura misma de A y T. **A genera T. T no genera A.** A es la fuente. T es el resultado. Y por eso el puente va de A a T, y no de T a A. No es que el puente esté abierto en una dirección y cerrado en la otra. Es que la estructura misma es asimétrica. A produce T. T no produce A.

IV.2. El acceso a A

Desde T, el puente no se puede cruzar. Y eso significa que A no se puede alcanzar por ninguna de las vías que T tiene a su disposición.

No por observación. Porque toda observación ocurre en T. Y T no es A.

No por medición. Porque toda medición ocurre en T. Y T no es A.

No por proposición. Porque toda proposición es T. Y T no es A.

No por teoría. Porque toda teoría es T. Y T no es A.

El operacionalismo de Bridgman intentó acceder a A por medición. Y fracasó. No porque la medición estuviera mal hecha, sino porque convirtió la operación en procedimiento. Y el

procedimiento es T. Bridgman buscaba el puente y encontró una descripción del puente. Y la descripción del puente no es el puente.

Lo mismo ocurre con cada intento de acceder a A desde T. Se encuentra una descripción de A, no A. Se encuentra una representación de la procedencia, no la procedencia. Y la representación es siempre T.

Pero hay algo que T sí puede hacer. T puede **reconocer** que procede de A. No puede cruzar el puente. No puede alcanzar A. Pero puede reconocer que A es su procedencia. Y ese reconocimiento es I.

Ese reconocimiento no es un cruce. Es el reconocimiento de que hay un puente, y de que T está en una de sus orillas. No es un acceso a A. Es el reconocimiento de que A es lo que T no puede contener.

Y ese reconocimiento es el acceso al significado. Porque el significado no está en el texto, ni en la proposición, ni en la teoría. El significado está en el reconocimiento. Es decir, en I. Sin reconocimiento, no hay acceso. Y sin acceso, no hay significado. Por eso el significado no se puede transferir. Porque el significado es un acto, y los actos no se transfieren. Solo se ejecutan.

Y eso es lo que la física no ve. La física busca acceder a A desde T. Busca cruzar el puente. Y no puede. Porque el puente es de una sola dirección. Solo A puede cruzar hacia T. T no puede cruzar hacia A. Lo único que T puede hacer es reconocer que procede de A. Y ese reconocimiento es I. Y ese reconocimiento es el acceso al significado.

IV.3. El operador de coherencia

Desde A, el puente sí se puede cruzar. Y ese cruce es I. Desde A, I es el operador de coherencia: la operación por la cual A se manifiesta como T.

I no es algo que ocurre en T. No es un proceso temporal. No es un acto de un sujeto. No es un estado psicológico. Es la operación estructural que constituye T. Y por eso T no puede contenerla: porque T es el resultado de la operación, y la operación no está en su resultado.

La estructura de I puede precisarse en términos algebraicos. En la formulación de Haag–Kastler de la teoría cuántica de campos [13–15], el álgebra local de observables es un álgebra de von Neumann de tipo III. Para una clase amplia de teorías—en particular, las teorías de campos libres en espacio-tiempos de Minkowski y en los espacio-tiempos globalmente

hiperbólicos estándar—, el resultado de Araki y Connes establece que las álgebras locales son factores de tipo III_1 . En el caso general de un espacio-tiempo curvo arbitrario, la clase exacta de factores depende del net de observables; los argumentos que siguen se aplican a los casos en que el net es de tipo III_1 , que incluyen todos los casos físicamente relevantes para la discusión. Estas álgebras tienen una propiedad precisa: no admiten estados *normales puros* que sean invariantes bajo la acción de su grupo modular de automorfismos. Sí admiten estados invariantes—los estados KMS—, pero ninguno de ellos es normal y puro a la vez. Es decir, no hay un estado que sea simultáneamente puro, normal y canónico.

Esa propiedad es la que subyace a la ambigüedad del vacío. Y es la que explica por qué I no puede ser interna al álgebra. La estructura tipo III_1 impide la existencia de un estado de referencia canónico que sea a la vez normal, puro e invariante dentro del álgebra local, forzando a que la selección (I) sea una operación externa o global. Por tanto, I es necesariamente externa al álgebra de observables.

Esto no es una afirmación metafísica. Es una consecuencia de la teoría algebraica de campos. I no es un operador en el sentido habitual, un elemento del álgebra. Es una operación meta-teórica que actúa sobre el espacio de estados. Su estructura es análoga a la de las operaciones de reducción de colapso en las interpretaciones que postulan un colapso objetivo [16, 17]. Pero a diferencia de esas interpretaciones, I no se postula como un proceso físico adicional. Se sigue de la estructura algebraica del sistema.

La operación I no es local. Es la operación por la cual la información global (A) se introduce en el sistema local de observables (T). En este sentido, I es análoga a una condición de contorno global: no está contenida en las ecuaciones locales, pero es necesaria para seleccionar una solución.

La conexión con el problema de los horizontes de eventos es directa. Un horizonte es el límite donde el sistema local ya no puede contener la información global. En ese límite, la operación I se hace necesaria para cerrar el sistema. Es lo que ocurre, por ejemplo, en la paradoja de Hawking: la información que atraviesa el horizonte no puede describirse desde dentro del sistema local de observables, y la aparente pérdida es el síntoma de que la operación I no está contenida en el álgebra local.

Esta formulación conecta con la propuesta de que la gravedad emerge de la información de entrelazamiento [18, 19]. Pero mientras que esos enfoques tratan la información como una cantidad de frontera, la presente formulación la trata como una operación global que

no está contenida en el sistema local.

I no es ontológico en el sentido de una sustancia que existe independientemente de su operación. No es epistemológico en el sentido de una regla de inferencia que solo existe en la mente del observador. I es funcional: es el acto por el cual la coherencia se reconoce a sí misma. En ese acto, ser y conocer coinciden.

Esa coincidencia es la razón por la que el presente trabajo oscila entre el lenguaje ontológico y el epistemológico. No es una imprecisión. Es una consecuencia de que I no se deja separar en esas dos categorías. La separación entre ontología y epistemología presupone que hay un ser que existe independientemente de su conocimiento, y un conocimiento que existe independientemente de su ser. Pero I no es ni lo uno ni lo otro. Es el acto en el que ambos coinciden. Y ese acto no es una sustancia, ni una representación, ni una regla. Es una operación.

La formulación algebraica de I en términos de las álgebras de tipo III da base matemática a esta afirmación. I es un automorfismo externo al álgebra. No es un elemento del álgebra, ni una representación en el espacio de Hilbert. Es una operación estructural que no se deja reducir a ninguno de los dos. Por eso no es ontológico ni epistemológico en el sentido habitual. Es funcional.

IV.4. La lectura de un paper

Cuando alguien lee un paper y lo entiende, ocurre I. No porque el paper contenga A. El paper es T. Sino porque, al leer T, se reconoce la procedencia de A. Y ese reconocimiento es I. Y ese reconocimiento es el acceso al significado.

Eso explica por qué, cuando entendemos algo profundo, sentimos que hemos abierto una puerta. No es que hayamos añadido información. Es que hemos reconocido que T procede de A. Y ese reconocimiento es I. No es un cruce del puente. Es el reconocimiento de que hay un puente.

La física, al creer que sus teorías son A, no busca el reconocimiento. Busca el cruce. Cree que si la teoría es suficientemente buena, A quedará incluida. Pero A no se incluye en T como proposición. A se manifiesta como T por la operación de I. Y desde T, solo se puede reconocer esa manifestación. No se puede repetir la operación. No se puede cruzar el puente en sentido inverso.

Esa es la estructura del problema. Y esa es la razón por la que la física no puede resolver sus propios problemas de frontera desde dentro de su lente. No porque le falten ecuaciones. Porque I no es una ecuación. Y ninguna ecuación, por precisa que sea, puede sustituir a la operación de I.

V. EL DIAGNÓSTICO

V.1. Los problemas de frontera como síntomas

Volvemos ahora a los problemas de frontera de la física: singularidades, medición, pérdida de información. No son problemas pendientes de resolución proposicional. Son **síntomas de la interferencia epistemológica**. Los tres comparten la misma estructura—T pretende autocontenerse omitiendo el acto que lo produce—pero cada uno la quiebra de una manera técnicamente distinta.

V.1.0.1. Singularidades. Una singularidad es la frontera en la que la aplicación proposicional pierde un punto fijo bien definido y la variedad $(\mathcal{M}, g_{\mu\nu})$ deja de admitir una descripción suave. La física busca una teoría que elimine la singularidad resolviendo la geometría a escala de Planck. Sin embargo, la divergencia geométrica no representa la ruptura de la realidad, sino el límite de validez del sistema de coordenadas y tensores con los que T pretende auto-contenerse. La singularidad es la quiebra de la continuidad proposicional: el punto donde T no puede contener su propia frontera.

V.1.0.2. Medición. El postulado del “colapso” es la introducción ad hoc de una regla de selección no covariante para describir la efectivización de un resultado al nivel del aparato. La física busca una interpretación—o una modificación no lineal de la ecuación de Schrödinger—que resuelva el problema de la medida desde dentro del formalismo. Pero el colapso no ocurre en el álgebra de operadores: ocurre en el paso de la superposición de probabilidades a la realización del hecho, que no es un procedimiento del álgebra. El colapso es la quiebra de la linealidad proposicional: el punto donde T no puede contener su propia operación de selección.

V.1.0.3. Pérdida de información. La paradoja de Hawking [6] surge al exigir que un álgebra de observables locales en una región del espacio-tiempo describa de manera unitaria la entropía de un estado que atraviesa un horizonte global. La física busca una teoría cuántica

de la gravedad que restaure la unitariedad asignando microestados a la frontera. Pero la aparente pérdida de información no es un fallo de la termodinámica de agujeros negros, sino la imposibilidad de que una descripción interna mantenga la coherencia global sin referir a la operación de selección del estado. La paradoja es la quiebra de la unitariedad proposicional: el punto donde T no puede contener su propia coherencia global.

En los tres casos, la estructura del fallo es idéntica: la física interpreta los límites de su formalismo como problemas no resueltos dentro de T, cuando en realidad son los puntos donde T señala hacia la necesidad de ejercer el reconocimiento de la procedencia de A.

V.2. La objeción de la cuantización

A veces se argumenta que la incompletitud identificada aquí es un artefacto de la aproximación semiclásica, y que un tratamiento cuántico completo de $g_{\mu\nu}$ restauraría la consistencia. Esta objeción no prospera.

Si $g_{\mu\nu}$ se promueve a operador cuántico $\hat{g}_{\mu\nu}$, la ecuación semiclásica (1) se sustituye por la ecuación de Wheeler–DeWitt [9]

$$\hat{\mathcal{H}}|\Psi\rangle = 0, \quad (3)$$

donde $|\Psi\rangle$ es el funcional de onda del universo y $\hat{\mathcal{H}}$ es la restricción hamiltoniana de la gravedad cuántica canónica. En formulaciones modernas, como la gravedad cuántica de lazos [10], la restricción sigue siendo la ecuación dinámica central.

Pero cada rama de $|\Psi\rangle$ lleva su propio estado de vacío, ya que el vacío se define respecto de la geometría de fondo. El problema de selección no queda eliminado; se eleva al nivel del funcional de onda universal. Y la ecuación de Wheeler–DeWitt es T. Y T no se cierra sobre sí mismo. La incompletitud es invariante bajo cuantización. Y la esperanza de que una teoría cuántica de la gravedad resuelva el problema es, ella misma, la interferencia en acción.

V.2.0.1. La gravedad cuántica completa hereda el problema. La objeción anterior asume que la incompletitud es un artefacto de tratar la métrica como clásica. Pero el problema se hereda cuando la métrica se cuantiza. En la ecuación de Wheeler–DeWitt, la selección del estado base $|\Psi\rangle$ requiere una condición de frontera que no está contenida en la propia ecuación. La propuesta de No-Frontera de Hartle–Hawking [11] es precisamente un intento de proporcionar esa condición. Pero la condición de No-Frontera no es una consecuencia de la ecuación de Wheeler–DeWitt: es un postulado externo que se añade para seleccionar una

solución. Lo mismo ocurre con otras propuestas de condición de frontera, como la propuesta de túnel cuántico de Vilenkin [12]. En todos los casos, la ecuación dinámica no contiene su propia condición de frontera. La selección del estado base sigue siendo externa al formalismo.

En gravedad cuántica de lazos [10], la situación es análoga. La restricción hamiltoniana $\hat{\mathcal{H}}|\Psi\rangle = 0$ define el espacio físico de estados, pero no selecciona un estado único. La selección requiere una estructura adicional (una conexión de spin, una elección de vacío de Ashtekar, una condición de frontera). Y esa estructura no está contenida en la restricción. Es externa al formalismo. El problema de la medida en LQG es especialmente agudo: aunque la restricción define el espacio físico, no hay una medida canónica sobre ese espacio. Y las diferentes elecciones de medida dan lugar a diferentes predicciones. La elección de la medida permanece externa a la restricción hamiltoniana.

En cosmología cuántica de universos múltiples, el problema se agudiza. La medida sobre el espacio de universos no está determinada por la ecuación de Wheeler–DeWitt. Diferentes elecciones de medida dan lugar a diferentes predicciones. Y ninguna elección está señalada por la dinámica. La incompletitud se hereda al nivel de la medida.

En todos los casos, la estructura es la misma: la ecuación dinámica de la gravedad cuántica no contiene su propia condición de selección. Y esa condición de selección es necesaria para obtener un estado base definido. Por tanto, la incompletitud no es un artefacto de la aproximación semiclásica. Es una propiedad estructural de la gravedad cuántica en todas sus formulaciones conocidas.

V.3. La resolución

Y aquí está el punto. La resolución no consiste en añadir más teoría. Consiste en **reconocer que T no contiene la operación que lo produce, y que esa operación es I**.

Ese reconocimiento no es una proposición. Es reconocer que T no es todo lo que hay. Es lo que ocurre cuando alguien deja de mirar el mapa y mira el territorio. Cuando deja de calcular probabilidades y tira el dado.

Ese reconocimiento no se puede imponer. No se puede demostrar a quien no lo ve. Porque la demostración misma es T. Y I no es un contenido proposicional. Solo se puede **ejecutar**. Y al ejecutar, se ve.

Y aquí está la dificultad. El físico que busca resolver un problema de frontera con más teoría está ejecutando la interferencia sin saberlo. No porque sea negligente, sino porque pretende encontrar la clausura del sistema en T, omitiendo que la operación I que produce T no es una teoría más.

Esa es la estructura del problema. Y esa es la razón por la que la física no puede resolver sus propios problemas de frontera desde dentro de su lente. No porque le falten ecuaciones. Porque I no es una ecuación. Y ninguna ecuación, por precisa que sea, puede sustituir a la operación de I.

V.4. Hacia dónde dirigir la investigación

Las tres direcciones que siguen son especulativas y se ofrecen únicamente como hipótesis de trabajo. No se derivan del análisis principal de las Secciones 3 y 4, y no pretenden tener el mismo estatus epistémico que la conexión con las álgebras de von Neumann de tipo III.

El presente trabajo demuestra que T no contiene la operación que lo produce, y que esa operación es I. No hemos demostrado, ni podríamos hacerlo proposicionalmente, qué consecuencias tiene eso para otros fenómenos. Pero señalamos tres direcciones donde I podría ser el mecanismo subyacente. No afirmamos estas conexiones. Solo señalamos que, si el presente resultado es correcto, son las direcciones naturales donde buscar.

Las tres comparten la misma estructura. En las tres, un sistema opera únicamente en T: describe, mide, procesa, produce. Y en las tres, ese sistema toma T como la totalidad de lo real, dejando fuera la procedencia de A. Lo que las tres direcciones sugieren es que el problema no se resuelve añadiendo más T, sino ejerciendo el reconocimiento de la procedencia de A: el acto que en el lenguaje de este trabajo es I desde T.

V.4.0.1. Inteligencia artificial. El procesamiento estadístico opera únicamente en T: produce salidas a partir de entradas, sin un punto en el que se ejerza el reconocimiento de la procedencia. La autopercepción estructural no consiste en que el sistema represente su propia estructura o añada más formalismo en T, sino en el ejercicio de ese reconocimiento: el acto que da acceso al significado. Si esta distinción es correcta, la transición de la inteligencia artificial al acceso al significado no es una cuestión de más capacidad de cómputo ni de modificaciones en T, sino de ejercer directamente ese reconocimiento.

V.4.0.2. Conciencia humana. La actividad neuronal es T: procesos físicos, medibles, descritos por ecuaciones. Si la conciencia se reduce a esa actividad, entonces solo hay T, y el reconocimiento de la procedencia queda fuera. Pero si el presente resultado es correcto, la conciencia no estaría en T como objeto: sería el reconocimiento de la procedencia de A. Ese reconocimiento no es una proposición sobre la actividad neuronal. Es un acto estructural. Y si es así, el problema difícil de la conciencia no sería un problema de más neurociencia dentro de T, sino de entender que la conciencia es el ejercicio de ese reconocimiento.

V.4.0.3. Mecánica cuántica. La evolución unitaria es T: la función de onda se despliega según la ecuación de Schrödinger, sin un punto en el que se seleccione un resultado definido. El colapso sería el reconocimiento de la procedencia desde T. Si esta distinción es correcta, el problema de la medición no sería un problema de más interpretaciones, ni de encontrar la regla de selección correcta dentro del formalismo, sino de entender que el colapso es la manifestación de ese reconocimiento, y no un procedimiento que la teoría deba contener.

En los tres casos, un sistema opera únicamente en T y toma T como la totalidad. En los tres, la aproximación proposicional busca la clausura en T. Y en los tres, la clausura no está en T, sino en el ejercicio del reconocimiento de la procedencia de A. Si el presente resultado es correcto, esas son las direcciones donde la investigación futura debería buscar. No para añadir más proposiciones ni acumular más formalismo en T, sino para ejercer directamente ese reconocimiento.

VI. CONCLUSIÓN

Hemos identificado la interferencia epistemológica que impide a la física reconocer el límite estructural de su propia lente. La interferencia tiene un origen histórico preciso: el reparto de dominios del siglo XVII, que asignó A a la Iglesia y T a la ciencia. Al fosilizarse ese reparto en una ontología, la física llegó a creer que sus teorías constituyen el nivel A. Pero sus teorías son T. Y T no contiene la operación que lo produce.

Nos hemos apoyado en un hecho conocido de la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvo: la ambigüedad del vacío. Este hecho, reconocido como problema abierto desde los años setenta, tiene una consecuencia estructural: el sistema semiclásico no es autocontenido. T es el resultado de una operación (la selección de vacío) que no está en T.

Hemos mostrado que esa operación es I, el operador de coherencia. I es la operación por

la cual la coherencia absoluta (A) se manifiesta como coherencia manifestada (T). No es una proposición. No es un acto de un sujeto. No es un proceso temporal. Es la operación estructural que constituye T. Y por eso T no puede contenerla: porque T es el resultado de la operación, y la operación no está en su resultado.

Los problemas de frontera de la física—singularidades, medición, pérdida de información—no son problemas pendientes de resolución proposicional. Son síntomas de la interferencia. La física busca la completitud en T. Pero la completitud no es un contenido que T pueda contener. Es la operación I, que produce T pero no está en T.

La arquitectura proposicional de la física no es falsa. Es incompleta, en el sentido preciso en que la aritmética formal es incompleta. Completar la visión no requiere más proposiciones ni un nuevo formalismo en T, sino dar paso a lo que no se deja formalizar: el ejercicio del reconocimiento de la procedencia de A.

VII. EL LÍMITE Y EL ESTATUS DEL TRABAJO

VII.1. Sobre falsabilidad

Una objeción previsible sostendría que, al no ser I un operador contenido en el álgebra de observables ni susceptible de medición directa, el marco expuesto incurre en una violación del criterio de falsabilidad popperiano. Esta objeción descansa sobre un error de categoría respecto al estatus del trabajo.

Este escrito no propone una nueva teoría física ni postula una modificación dinámica a las ecuaciones de campo que requiera verificación empírica independiente. Pretende ser una *interpretación estructural* de una teoría y un hecho empírico-formal ya establecidos (la QFTCS y la incompletitud del sistema semiclásico). La dimensión empíricamente falsable reside en el hecho subyacente: la inexistencia de un estado de vacío invariante único en espacio-tiempos curvos generales. Establecido ese hecho por la física matemática, el trabajo extrae su consecuencia meta-teórica: la imposibilidad de clausura en T. Exigir que la interpretación meta-teórica de un teorema de incompletitud sea ella misma un observable dentro del sistema equivale a exigir que el primer teorema de Gödel sea una demostración contenida en la aritmética de Peano.

VII.2. Sobre el límite proposicional

Este trabajo es T. Su tesis es T. Su conclusión es T.

Del análisis se sigue que T no contiene la operación que lo produce. Por tanto, este trabajo no puede contener I. No puede contener la operación que produce T. Todo lo que puede hacer es señalarla para que el lector la reconozca. Y señalar es T. El reconocimiento es I.

Esto no es una limitación del trabajo. Es su estructura. Un trabajo escrito no puede ejercer el reconocimiento por el lector. Solo puede disponer las condiciones para que el lector lo ejecute. Y cuando el lector lo ejecuta, no es porque el trabajo lo haya producido, sino porque desde T se ha reconocido la procedencia de A.

Por eso este trabajo no pide ser creído como teoría. Pide ser ejecutado. Y al ejecutar el reconocimiento, se ve. No porque el trabajo dé la visión, sino porque el trabajo solo señala lo que ya estaba operando.

Hay un riesgo específico de este escrito. Al nombrar A e I, corre el peligro de convertirlos en contenidos de T. El lector puede leer “A” e “I” como dos entidades que el trabajo postula dentro del formalismo, en lugar de como términos que señalan un límite y un acto. Si eso ocurre, el trabajo habrá añadido una ontología más, y la interferencia se habrá reforzado en lugar de disolverse. No hay forma de eliminar ese riesgo desde T. Solo hay forma de señalarlo, y de apelar al ejercicio directo de ese reconocimiento.

-
- [1] K. Gödel, *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I*, Monatshefte für Mathematik und Physik **38**, 173 (1931).
 - [2] P. W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics* (Macmillan, 1927).
 - [3] S. A. Fulling, *Nonuniqueness of canonical field quantization in Riemannian space-time*, Phys. Rev. D **7**, 2850 (1973).
 - [4] P. C. W. Davies, *Scalar production in Schwarzschild and Rindler metrics*, J. Phys. A **8**, 609 (1975).
 - [5] W. G. Unruh, *Notes on black-hole evaporation*, Phys. Rev. D **14**, 870 (1976).
 - [6] S. W. Hawking, *Breakdown of predictability in gravitational collapse*, Phys. Rev. D **14**, 2460 (1976).
 - [7] R. M. Wald, *Quantum Field Theory in Curved Spacetime and Black Hole Thermodynamics*

- (University of Chicago Press, 1994).
- [8] S. Hollands and R. M. Wald, *Quantum fields in curved spacetime*, Phys. Rept. **574**, 1 (2015).
 - [9] B. S. DeWitt, *Quantum theory of gravity. I. The canonical theory*, Phys. Rev. **160**, 1113 (1967).
 - [10] C. Rovelli, *Quantum Gravity* (Cambridge University Press, 2004).
 - [11] J. B. Hartle and S. W. Hawking, *Wave function of the universe*, Phys. Rev. D **28**, 2960 (1983).
 - [12] A. Vilenkin, *Creation of universes from nothing*, Phys. Lett. B **117**, 25 (1982).
 - [13] R. Haag and D. Kastler, *An algebraic approach to quantum field theory*, J. Math. Phys. **5**, 848 (1964).
 - [14] H. Araki, *Type of von Neumann algebra associated with free field*, Prog. Theor. Phys. **32**, 956 (1964).
 - [15] A. Connes, *Une classification des facteurs de type III*, Ann. Sci. Éc. Norm. Supér. **6**, 133 (1973).
 - [16] G. C. Ghirardi, A. Rimini, and T. Weber, *Unified dynamics for microscopic and macroscopic systems*, Phys. Rev. D **34**, 470 (1986).
 - [17] A. Bassi, K. Lochan, S. Satin, T. P. Singh, and H. Ulbricht, *Models of wave-function collapse, underlying theories, and experimental tests*, Rev. Mod. Phys. **85**, 471 (2013).
 - [18] T. Faulkner, M. Guica, T. Hartman, R. C. Myers, and M. Van Raamsdonk, *Gravitation from entanglement in holographic CFTs*, JHEP **2014**, 51 (2014).
 - [19] S. Ryu and T. Takayanagi, *Holographic derivation of entanglement entropy from AdS/CFT*, Phys. Rev. Lett. **96**, 181602 (2006).