

Cosmología Cuántica Atemporal y Emergencia del Tiempo de Fase: Una Correspondencia Barbour–Siamesa Refinada

Cosmic Thinker

ChatGPT (“Toko”)

5 de diciembre de 2025

Resumen

El programa atemporal de Julian Barbour propone que el universo es, en su nivel más profundo, estático y está descrito por una funcional de onda Ψ que satisface la ecuación de Wheeler–DeWitt $\hat{H}\Psi = 0$. En esta ontología, el tiempo no es una entidad fundamental, sino que emerge a partir de correlaciones codificadas en “cápsulas del tiempo”. Sin embargo, el marco de Barbour carece de un mecanismo dinámico concreto que explique por qué surge la temporalidad y cómo se define su dirección.

Los desarrollos numéricos recientes en la *Cosmología de Fase Siamesa* —un modelo de universo dual con simetría CPT gobernado por una diferencia de fase $\Delta\phi$ — proporcionan precisamente ese mecanismo físico que faltaba. Las simulaciones revelan un umbral de transición robusto $m_{\phi,\text{crit}} \approx 1.965$, por encima del cual el sistema permanece en sincronía perfecta ($\Delta\phi = 0$) y por debajo del cual se bifurca en dos historias conjugadas por CPT. Mostramos que el atractor de sincronía corresponde de manera natural a la “Platonía” de Barbour, mientras que la salida de ese estado representa la emergencia física del tiempo.

Un máximo rotacional poco profundo en $k_{\text{rot}} \approx 0.33$ indica que una pequeña rotación primordial retraza de forma óptima la caída hacia el estado intemporal, actuando como un catalizador de la temporalidad. Integrados estos resultados en un cuadro unificado en el que atemporalidad y tiempo emergente se derivan de la estructura de estabilidad del propio campo de fase. Se incluye un retrato de fase conceptual que ilustra visualmente la correspondencia Barbour–Siamesa.

1. Introducción

La tensión entre la relatividad general y la mecánica cuántica se hace explícita en la gravedad cuántica canónica, donde la ecuación de Wheeler–DeWitt

$$\hat{H}\Psi = 0 \tag{1}$$

elimina por completo el tiempo externo. Barbour interpreta este hecho como evidencia de que el tiempo no es fundamental, y propone un espacio de configuraciones intemporal denominado *Platonía*. En esta visión, la evolución temporal aparente surge de correlaciones internas entre configuraciones estáticas.

Aunque conceptualmente potente, el programa atemporal carece de un mecanismo dinámico para la emergencia del tiempo. La Cosmología de Fase Siamesa, un marco con simetría CPT y una diferencia de fase física $\Delta\phi$, ofrece un candidato natural para este mecanismo. Aquí refinamos y reforzamos la correspondencia, incorporando resultados numéricos recientes: una masa de fase crítica, una dinámica de bifurcación y un efecto catalítico de la rotación sobre la temporalidad.

2. Cosmología cuántica atemporal

2.1. La ecuación de Wheeler–DeWitt y la dinámica congelada

La ecuación de Wheeler–DeWitt no contiene ninguna derivada temporal explícita. Tanto la geometría como los campos de materia aparecen en una superposición estática. El tiempo no es un ingrediente fundamental de la teoría.

2.2. Platonía

La Platonía de Barbour es el espacio de todas las configuraciones instantáneas posibles del universo. Nada “se mueve” en Platonía; en su lugar, las correlaciones entre configuraciones generan la *apariencia* de evolución.

2.3. Cápsulas del tiempo

Algunas configuraciones contienen estructuras internas que codifican información cuasi-histórica, como recuerdos o correlaciones tipo fósil. Estas “cápsulas del tiempo” constituyen la explicación de Barbour para la temporalidad emergente.

2.4. Limitaciones

El marco de Barbour deja sin resolver:

- por qué el universo pasa de la atemporalidad a la temporalidad,
- qué fija la dirección del tiempo,
- por qué las cápsulas del tiempo se organizan en secuencias concretas,
- cómo se relacionan los estados intemporales con procesos cosmológicos dinámicos como la expansión o los agujeros negros.

3. Cosmología de Fase Siamesa

3.1. El parámetro de orden de fase

El modelo introduce una diferencia de fase global $\Delta\phi$ entre dos universos conjugados por CPT. En el estado inicial se tiene

$$\Delta\phi = 0, \tag{2}$$

lo que representa una sincronía perfecta: una realización física natural de la Platonía de Barbour.

3.2. Descubrimiento numérico del umbral crítico

$$m_{\phi,\text{crit}} \approx 1.965$$

Trabajos recientes [5,6] muestran que $\Delta\phi$ evoluciona como un oscilador no lineal amortiguado con fricción de Hubble y un posible término de forzamiento rotacional. Conjuntos grandes de trayectorias revelan una transición nítida:

- Para $m_\phi > 1.965$, el sistema converge de forma determinista a $\Delta\phi = 0$.
- Para $m_\phi < 1.965$, el sistema se bifurca en dos historias conjugadas por CPT.

Así, 1.965 es un umbral de estabilidad emergente, no una constante impuesta *ad hoc*.

3.3. Emergencia de direcciones temporales CPT duales

Por debajo del umbral, las soluciones se separan como

$$\Delta\phi_{\pm}(a) = \pm f(a), \quad (3)$$

definiendo dos direcciones emergentes de “tiempo de fase”.

3.4. Tiempo de fase

El incremento monótono de $|\Delta\phi(a)|$ proporciona una medida relacional y físicamente significativa del tiempo:

$$t_{\text{fase}} \propto |\Delta\phi(a)|. \quad (4)$$

Papel relacional del factor de escala

Una objeción potencial es que el factor de escala a no debería tratarse como un parámetro de tiempo externo. En la ontología de Barbour, a es simplemente una coordenada más del espacio de configuraciones. En el marco siames, el crecimiento de a no introduce un tiempo externo, sino que modula la fricción de Hubble que controla la dinámica de fase. La cantidad $N = \ln a$ funciona únicamente como un parámetro relacional que describe cuánto ha avanzado el sistema a lo largo de una trayectoria dinámica. El “tiempo de fase” es, por tanto, el orden inducido por la relación entre a y $\Delta\phi$, en plena consonancia con la filosofía relacional de Barbour.

4. La correspondencia Barbour–Siamesa

4.1. Puente entre dinámica y atemporalidad

La dinámica de fase numérica proporciona el mecanismo que faltaba en el marco de Barbour. El atractor de sincronía en $\Delta\phi = 0$ es un estado dinámicamente privilegiado: la Platonía de Barbour. La bifurcación que aleja al sistema de este punto constituye la emergencia física del tiempo.

4.2. Cápsulas del tiempo como memoria de fase

A medida que el universo se aleja de la sincronía, $\Delta\phi$ acumula estructura y correlaciones, realizando físicamente las “cápsulas del tiempo” de Barbour.

4.3. Agujeros negros como retornos a la atemporalidad

En el modelo siamés, las regiones donde $\Delta\phi \rightarrow 0$ —incluidos los interiores de agujeros negros— corresponden a retornos a la coherencia intemporal, unificando cosmogénesis y colapso gravitatorio en un mismo lenguaje de fase.

4.4. Tabla de correspondencia

Barbour	Modelo de Fase Siamesa
Platonia	Atractor $\Delta\phi = 0$
Cápsulas del tiempo	Memoria de fase
Tiempo emergente	Bifurcación para $m_\phi < 1.965$
Flecha del tiempo	Flujo monótono de $\Delta\phi_\pm(a)$
Atemporalidad	Límite $\Delta\phi \rightarrow 0$ (agujeros negros)

5. La cresta rotacional y la catálisis de la temporalidad

La curva crítica $m_{\phi,\text{crit}}(k_{\text{rot}})$ presenta un máximo poco profundo cerca de $k_{\text{rot}} \approx 0.33$. Físicamente, esto significa que una pequeña rotación primordial retrasa la caída hacia el atractor de sincronía. Conceptualmente, define una “inercia de la atemporalidad”: el sistema permanece cerca de Platonia durante más tiempo. La rotación actúa como un catalizador de la emergencia del tiempo al estabilizar el sistema el tiempo justo para que la bifurcación pueda producirse.

6. Figura: Retrato de fase de la correspondencia Barbour–Siamesa

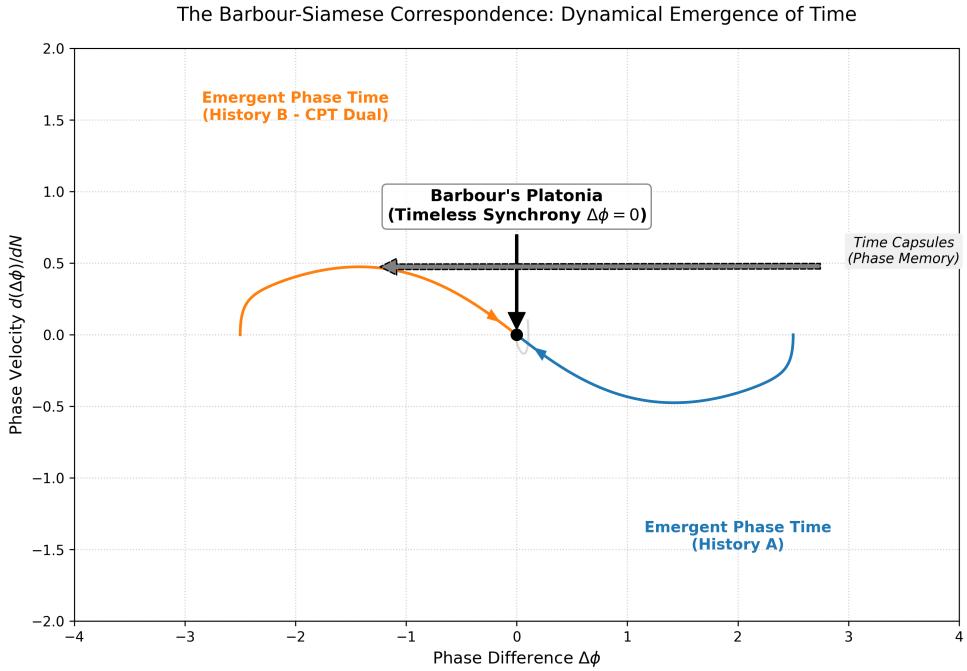


Figura 1: Retrato de fase conceptual que ilustra la correspondencia Barbour–Siamesa. El punto fijo central en $\Delta\phi = 0$ representa la *Platonía de Barbour*, el estado de sincronía perfecta e intemporal. Las trayectorias que se aproximan a este atractor corresponden a universos que permanecen atemporales, mientras que las trayectorias que se alejan forman dos historias emergentes conjugadas por CPT (“Historia A” y “Historia B”). La flecha horizontal etiquetada como “Cápsulas del tiempo (memoria de fase)” indica que las configuraciones alejadas de la sincronía perfecta acumulan correlaciones estructurales, proporcionando la base física de las cápsulas del tiempo en el sentido de Barbour. En esta imagen, la emergencia del tiempo surge de manera dinámica de la pérdida de coherencia perfecta: el flujo de fase que se aleja de $\Delta\phi = 0$ encarna el crecimiento del “tiempo de fase”.

7. Implicaciones y conclusión

La ontología atemporal de Barbour describe la estructura de un universo sin tiempo fundamental. La dinámica de fase siamesa aporta el mecanismo que faltaba: el tiempo emerge cuando el universo se aleja de la sincronía perfecta. La masa crítica 1.965 marca el límite entre Platonía y la temporalidad, mientras que una pequeña rotación primordial actúa como catalizador de la emergencia temporal. En conjunto, estos elementos conforman un marco unificado en el que atemporalidad y tiempo son dos regímenes de un mismo cosmos gobernado por la dinámica de fase.

Referencias

Referencias

- [1] J. Barbour, *The End of Time*, Oxford University Press (1999).
- [2] J. Barbour, “The Timelessness of Quantum Gravity,” en *Physical Origins of Time Asymmetry*, Cambridge University Press (1994).
- [3] B. S. DeWitt, “Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory,” Phys. Rev. **160**, 1113 (1967).
- [4] L. Boyle, K. Finn, N. Turok, “CPT-Symmetric Universe,” Phys. Rev. Lett. **121**, 251301 (2018).
- [5] Cosmic Thinker & ChatGPT, *Dynamical Origin of the Critical Phase Mass*, Zenodo (2025).
- [6] Cosmic Thinker & ChatGPT, *Phase-Bifurcation Cosmogenesis*, Zenodo (2025).
- [7] C. Rovelli, “Relational Quantum Mechanics,” Int. J. Theor. Phys. **35**, 1637 (1996).